



Niezbędnik elektronika na DVD

Inspirujące, użyteczne projekty

Detektor wyładowań atmosferycznych • Kamera termiczna oparta na Raspberry Pi • Dozymetr wzorowany na projekcie Open Geiger • MidiCtrl – prosty sterownik MIDI • Priorytetowy przełącznik źródeł zasilania dla komputerów jednopłytkowych • Tor radiowy na bazie modułów RFM119 i RFM219 • Clock • Ładowarka akumulatorów 18650 z USB • Sople LED – efekt spadającego światła • SpeedRelay – wyłącznik sterowany prędkością • Przedwzmacniacz gramofonowy dla wkładki MC • Sterownik wentylatorów 12 V dużej mocy • Programowany układ czasowy 230 V • Softstart do żarówek samochodowych i nie tylko • Konwerter enkoder-switche • TZPZ – tester zabezpieczeń przeciążeniowo-zwarciovych • 8-kanalowy moduł przekaźnikowy z USB • Przełącznik/konwerter TOSLINK/SPDIF • Moduł dodatkowych portów IO • Izolowany interfejs RS422/485 dla Arduino MKR • Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED • Wyłącznik czasowy ustawiany enkoderem • Przedłużacz magistrali I²C • Generator przebiegu prostokątnego 10 kHz...33 MHz

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Sterowniki LCD wbudowane w mikrokontrolery • Arduino Nano – nowe Arduino dla każdego

tutoriale

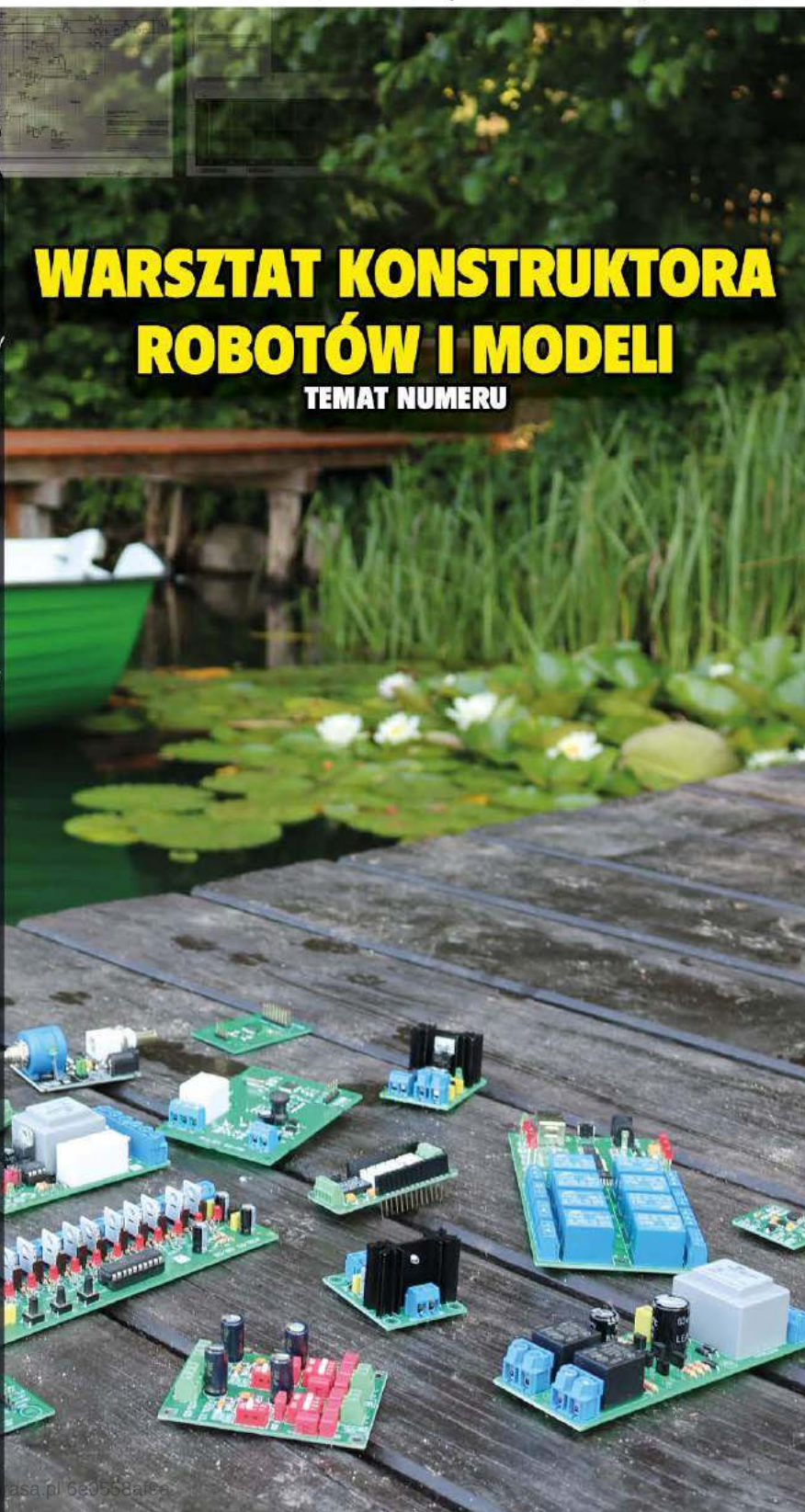
Krótki serwowymotor BLDC o średnicy 16 mm. Kompaktowa siła napędowa dla wymagających zastosowań • Zmiany na rynku złączy • Poradnik implementacji. Jak projektować PCB dla przetwornicy impulsowej • Jak to się robi w FPGA. Ekspresowy start z „miękkim” mikroprocesorem 32-bitowym • Estymacja błędów modułów do nawigacji inercyjnej • Symulacja i pomiar, czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora. Wzmacniacz OE

kursy

Środowisko programistyczne STM32CubeIDE – prosta aplikacja krok po kroku • ISIX-RTOS v3 mini system operacyjny dla mikrokontrolerów rodziny Cortex-M0/M3/M4/M7. Sterowniki blokowe – I²C

WARSZTAT KONSTRUKTORA ROBOTÓW I MODELI

TEMAT NUMERU



16 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR • Nakład 27000 egz.

ISSN 1230-3526 Indeks 357677



9 771230 352191

AVT 5599 Zdalnie sterowany włącznik 4-kanalowy

Urządzenie umożliwia zdalne włączanie/wyłączanie czterech urządzeń przy pomocy typowych pilotów na podczerwień do sprzętu powszechnego użytku. Jego niewątpliwym atutem jest możliwość współpracy praktycznie z dowolnym pilotem na podczerwień, a procedura nauki kodów pilota sprowadza się do kilku łatwych czynności.



sklep.avt.pl

AVT-Korporacja Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Dział Handlowy tel.: 222 578 450 e-mail: handlowy@avt.pl

Miesięcznik „Elektronika Praktyczna” (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawca:

AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11
tel.: 22 257 84 99, faks: 22 257 84 00

Adres redakcji:

03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11
tel.: 22 257 84 60
faks: 22 257 84 00
e-mail: redakcja@ep.com.pl
www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:

Wiesław Marciniak

Redaktor Programowy,

Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Zastępca Redaktora Naczelnego,

Redaktor Prowadzący:

Damian Sosnowski

Zastępca Redaktora Naczelnego,

Menedżer Magazynu

Marcin Karbowiczek

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:

Grzegorz Becker, tel.: 22 257 84 58

Redaktor strony internetowej www.ep.com.pl

MAD Sp. z o.o.

Zespół marketingu i reklamy:

Katarzyna Gugala, tel.: 22 257 84 64
Adam Kęska, tel.: 22 257 84 63
Bożena Krzykawska, tel.: 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel.: 22 257 84 60
Maksymilian Hoser, tel.: 22 257 84 65

Sekretarz Redakcji:

Grzegorz Krzykawski, tel.: 22 257 84 60

DTP i okładka:

MAD Sp. z o.o.

Stali Współpracownicy:

Jacek Bogusz, Lucjan Bryndza, Jarosław Doliński,
Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński,
Michał Kurzela, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński,
Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Robert Wołgajew

Uwaga!

Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

Prenumerata w Wydawnictwie AVT

www.avt.pl/prenumerata lub tel.: 22 257 84 22
e-mail: prenumerata@avt.pl
www.sklep.avt.pl, tel.: 22 257 84 66

Prenumerata w RUCH S.A.

www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel.: 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl



Wydawnictwo
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
należy do Izby Wydawców Prasy

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.

03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11

Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

EP w toku

Sierpień to pora żniw, czyli zbierania plonów. W naszej redakcji, jak co roku, w sierpniu prezentujemy obfity plon wielomiesięcznej pracy nad projektami. Jest ich ponad 20. Zdaniem wielu czytelników sierpniowy numer EP jest zawsze najciekawszy w roku.

Tym razem atrakcyjność wydania sierpniowego wzmacnia nowa rubryka „Dodaj do obserwowanych”, zawierająca redakcyjny wybór najciekawszych projektów soft (realizowanych programowo) spośród ostatnio anonsowanych w internecie. Uruchomienie tej rubryki od wydania czerwcowego, a także kilka innych pozytywnych zmian, jakie się ostatnio dokonały w EP, nie wyczerpuje zapału naszej redakcji do wprowadzania kolejnych „dobrych zmian”. Teraz przyszła pora na odświeżenie naszej strony internetowej www.ep.com.pl. Pracujemy nad tym od kilku miesięcy. Odsłona nowej strony planowana jest na październik br. To, jak będzie ona wyglądała, pokazujemy obok.

Zmienia się nie tylko grafika, ale przede wszystkim wprowadzona jest przyjazna nawigacja tematyczna i niezwykła funkcja, którą nazwaliśmy „EP w toku”. Jest to zaproszenie do śledzenia codziennej pracy naszej redakcji. Dzień po dniu będziemy informować o kolejnych gotowych artykułach, przygotowywanych do bieżącego wydania EP. Prenumeratorzy wydań papierowych EP lub e-wydań będą mieli w tej samej chwili dostęp do pełnych treści powstających artykułów. Stawia to prenumeratorów w naprawdę uprzywilejowanej pozycji – będą mogli czytać artykuły na wiele tygodni wcześniej przed datą wydrukowania numeru. Dodajmy, że prenumerator ma nieograniczony dostęp do wszystkich treści serwisu www.ep.com.pl.

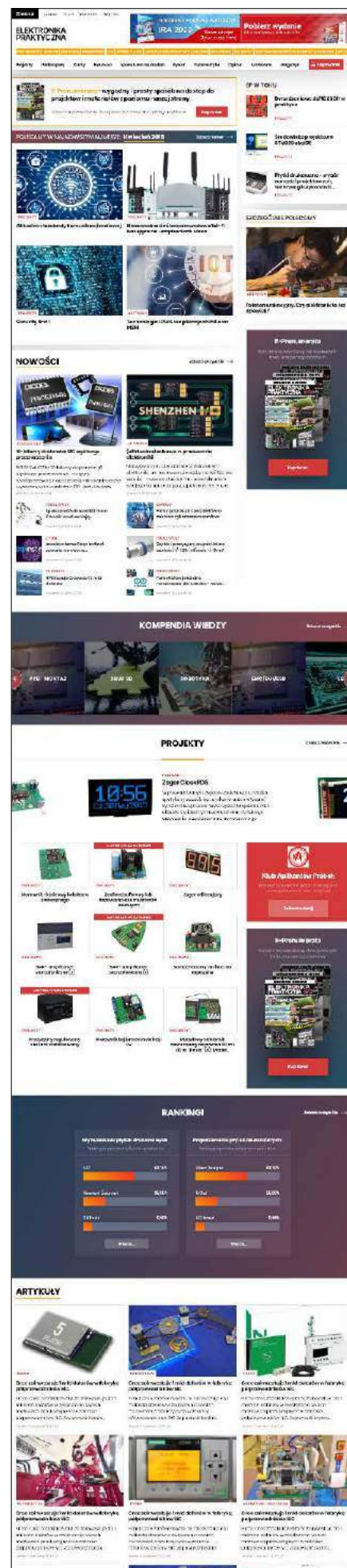
Wniosek jest oczywisty. Najwyższy czas dołączyć do wielotysięcznej rzeszy prenumeratorów EP.

Wiesław Marciniak



PRENUMERATA
NAPRAWDĘ WARTO

eprasa.pl/6e0558af9a



Nie przeocz

Nowe podzespoły.....	6
Niezbędnik elektronika.....	13
Arduino Nano – nowe Arduino dla każdego	14
Koktajl newsów.....	16
Dodaj do obserwowanych	20

Projekty soft

Detektor wyładowań atmosferycznych	23
Kamera termiczna oparta na Raspberry Pi.....	28

Projekty

Dozymetr wzorowany na projekcie Open Geiger	33
MidiCtrl – prosty sterownik MIDI.....	38
Priorytetowy przełącznik źródeł zasilania dla komputerów jedno płytkowych	42

Moduły w aplikacjach

Tor radiowy na bazie modułów RFM119 i RFM219	44
--	----

Miniprojekty

Ładowarka akumulatorów 18650 z USB.....	48
Sopel LED – efekt spadającego światła	49
SpeedRelay – wyłącznik sterowany prędkością	51
Przedwzmacniacz gramofonowy dla wkładki MC.....	53
Sterownik wentylatorów 12 V dużej mocy	55
Clock.....	56
Przełącznik/konwerter TOSLINK/SPDIF	59
Softstart do żarówek samochodowych i nie tylko	60
Konwerter enkoder-switche	61
Moduł dodatkowych portów IO	63
Programowany układ czasowy 230 V.....	64
Izolowany interfejs RS422/485 dla Arduino MKR.....	66
Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED	68
Wyłącznik czasowy ustawiany enkoderem	69
Przedłużacz magistrali I ² C.....	71
Generator przebiegu prostokątnego 10 kHz..33 MHz.....	73
8-kanalowy moduł przekaźnikowy z USB	75

Projekty czytelników

TZPZ – tester zabezpieczeń przeciążeniowo-zwarciovych.....	77
--	----

Prezentacje

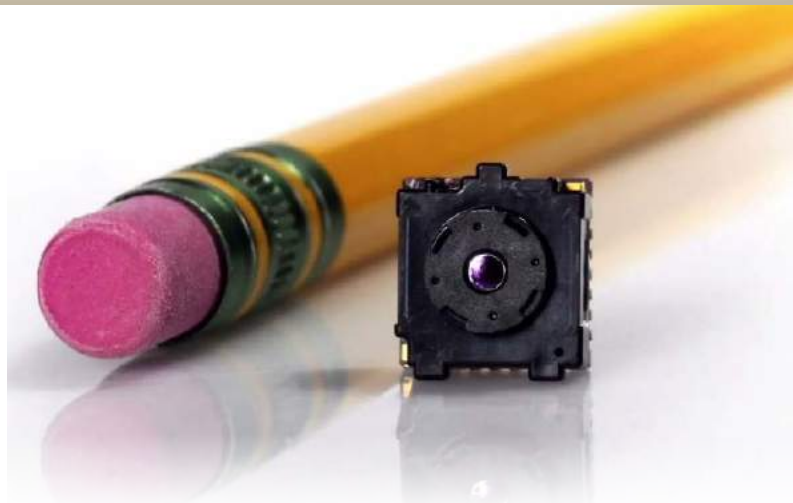
Krótki serwowymotor BLDC o średnicy 16 mm. Kompaktowa siła napędowa dla wymagających zastosowań	84
Zmiany na rynku złączy	86

Temat numeru: Warsztat konstruktora

Warsztat konstruktora	88
-----------------------------	----

Podzespoły

Sterowniki LCD wbudowane w mikrokontrolery.....	94
---	----



Obserwacja świata w podczerwieni to fascynująca sprawa. Niestety nasze oczy nie rejestrują tego fragmentu pasma promieniowania elektromagnetycznego, więc skazani jesteśmy na wykorzystywanie specjalnych kamer. Urządzenia te są zazwyczaj dosyć drogie, dlatego też studenci z Politechniki w Michigan postanowili skonstruować własne, otwarte urządzenie tego typu. Grupa kierowana przez dr. Joshua Pearcea opracowała otwarty projekt kamery termalnej, wykorzystującej komputer jedno płytkowy Raspberry Pi i moduł kamery podczerwonej FLIR Lepton.

Poradnik implementacji

Jak projektować PCB dla przetwornicy impulsowej	99
---	----

Notatnik konstruktora

Jak to się robi w FPGA. Ekspresowy start z „miękkim” mikroprocesorem 32-bitowym	103
Estymacja błędów modułów do nawigacji inercyjnej.....	110
Symulacja i pomiar, czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora (1). Wzmacniacz OE.....	114

Wybór konstruktora:

Obudowy i klawiatury.....	120
Horizon Technologies.....	128
Kradex.....	129
Maszczyk.....	130
Towarzystwo Elektrotechnologiczne QWERTY	131
LC Elektronik	132

Kursy

Środowisko programistyczne STM32CubeIDE (2) – prosta aplikacja krok po kroku.....	133
ISIX-RTOS v3 mini system operacyjny dla mikrokontrolerów rodziny Cortex-M0/M3/M4/M7 (5). Sterowniki blokowe – I ² C.....	137

Prenumerata	19
Konkurs	37
Kramik i rynek	141
Hity następnego numeru	142



STM32MP1 microprocessor

Your next STM32 success

► discover how Linux meets STM32



Nowa rodzina heterogenicznych mikroprocesorów aplikacyjnych

Rodzina STM32MP1 w skrócie

- ✱ **2 x Cortex-A7 @650MHz**
- ✱ **1 x Cortex-M4 @209MHz**
- ✱ **32-b interfejs pamięci DDR3/3L**
- ✱ **GPU 3D/OpenGL ES2.0**
- ✱ **MAC Ethernet 1Gb/s**
- ✱ **interfejs MIPI-DSI**
- ✱ **koprocesor kryptograficzny**
- ✱ **ekosystem bazujący na STM32CUBE**
- ✱ **peryferia znane z mikrokontrolerów STM32**

Szeroki wybór i łatwość użycia

- ✱ **8 modeli MPU różniących się wyposażeniem**
- ✱ **obudowy BGA od 257 do 448 pinów**
- ✱ **możliwość implementacji systemu na PCB 4L**
- ✱ **wsparcie dla Linuxa i Androida**



✱ dystrybucja ✱ szkolenia ✱ wsparcie techniczne ✱
eprasa.pl 6e0558af9a



life.augmented

nowe podzespoły

Z kilkuset nowości wybraliśmy te, których nie wolno przeoczyć. Bieżące nowości można śledzić na www.elektronikaB2B.pl

Polimerowe wyłączniki termiczne do ochrony kabli USB-C przed przegrzaniem

Kable USB Type-C umożliwiają przesyłanie zasilania o mocy do 100 W i zawierają 24-stykowe złącze o mniejszych gabarytach od wcześniejszych wersji. Oprócz tych niewątpliwych zalet, złącze USB Type-C wykazuje też wadę zwiększonego ryzyka pożaru w przypadku przedostania się do wnętrza złącza brudu lub cieczy, mogących spowodować zwarcie.

Firma Bourns wprowadza na rynek serię polimerowych wyłączników termicznych P-TCO (Polymeric Thermal Cutoff) do ochrony kabli USB-C przed przegrzaniem. Mogą one znaleźć zastosowanie w kablach o konfiguracji USB C-C, C-B i C-A, pracujących z protokołami USB 3.2, 3.1, 3.0 i 2.0, jak również z innymi rodzajami kabli do ładowania i transmisji danych. Charakteryzują się małymi wymiarami i bardzo małą rezystancją wewnętrzną. Występują w dwóch seriach: P-TCO-U i P-TCO-N, zamykanych w obudowach SMD rozmiaru odpowiednio 1210 i 1206. Ich maksymalne napięcie pracy wynosi 12 V, maksymalny prąd przewodzenia 50 A. Każda z obu serii obejmuje po trzy typy elementów różniących się konfiguracją temperatur/prąd. Mogą one pracować z prądem ciągłym do 4,5 A, zapewniając rezystancję w stanie ustalonym wynoszącą od 14 mΩ.

www.bourns.com

Małogabarytowe złącza płytka-płytki double-contact o dużej odporności na wibracje

System małogabarytowych złącz płytka-płytki double-side nowej rodziny FinePitch daje projektantom możliwość wyboru zarówno odległości między płytkami (8,0...13,8 mm), jak i liczby kontaktów (12...80). Płytki mogą być łączone w poziomie lub ortogonalnie.

REKLAMA

BORNICO

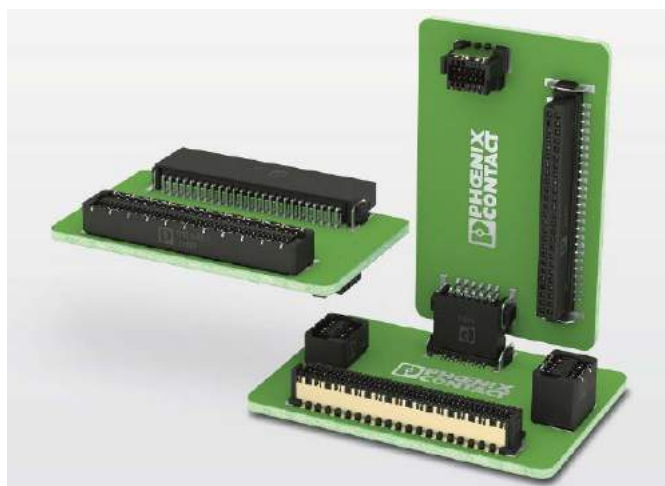
Teraz większe MOŻLIWOŚCI

bornico.com.pl

- montaż kontraktowy elektroniki
- projektowanie urządzeń i systemów

Zakład Elektroniczny BORNICO

ul. Małczyńska 25
26-600 Radom
tel. +48 48 365 58 22
bornico@bornico.com.pl



Dostępne są wersje o rozstawie wyprowadzeń 0,8 mm z ekranowaniem EMC, odporne na interferencje elektromagnetyczne i zapewniające przepustowość do 16 Gbps oraz wersje 1,27 mm bez ekranowania. W obu przypadkach dopuszczalne parametry kontaktu wynoszą 1,4 A i 500 VAC. Unikalny system połączeń double-contact zapewnia dużą odporność na wibracje.

www.phoenixcontact.com

Zielona dioda laserowa o mocy 140 mW do zastosowań projekcyjnych w smartfonach

Dotychczas w laserowych układach projekcyjnych do smartfonów, bazujących na laserach R, G i B, typowe były problemy z jasnością, a ich przyczyną była często niewystarczająca jasność zielonego lasera. Zielone światło ma szczególne znaczenie w zastosowaniach RGB, ponieważ ludzkie oko jest najbardziej wrażliwe w tym zakresie widmowym. Im silniejsze jest światło zielonego lasera, tym jaśniejszy jest wyświetlany obraz. Choć projektor wymaga również diod czerwonych i niebieskich, zielony jest kluczowym kolorem w rozwiązaniach RGB – a także kolorem, który stawia największe wyzwania w produkcji.

Dzięki nowej diodzie PLT3 520D, oferującej moc wyjściową 140 mW @ 300 mA w trybie pulsacyjnym (okres 10 μs, współczynnik wypełnienia 50%), firma Osram osiągnęła niespotykaną dotąd wydajność dla zielonego lasera jednomodowego. Dotychczas limit dla tych komponentów wynosił około 80 mW. Dodatkową zaletą są małe gabaryty diody; jest ona zamykana w metalowej obudowie TO38 o średnicy jedynie 3,8 mm.

Pozostałe parametry:

- długość fali: 520 nm,
- zakres temperatur pracy: -20...+60°C,





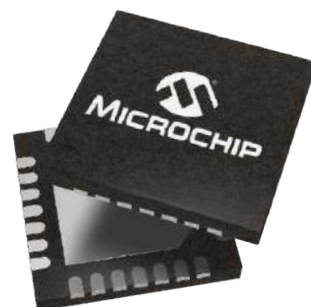
Inteligentne rozwiązania przyspieszają projektowanie

Komponenty do optymalizacji inteligencji twojego projektu

Wraz z rozwojem technologii coraz więcej urządzeń wymaga inteligentnych systemów. Microchip stoi na czele tej ewolucji, oferując szeroką gamę rozwiązań, które pomagają:

- łatwo znaleźć odpowiedni poziom inteligencji dla swojego projektu dzięki szerokiej ofercie 8-, 16- i 32-bitowych MCU, DSC i MPU,
- efektywnie tworzyć wielowariantowe funkcjonalne projekty z elastycznymi obwodami peryferyjnymi,
- skrócić czas projektowania dzięki intuicyjnym środowiskom programistycznym, kompletnym projektom referencyjnym, darmowym bibliotekom oprogramowania i automatycznym narzędziom do generowania kodu.

Dowiedz się jak Microchip może zapewnić ci szybsze uruchomienie produkcji, dostarczając rozwiązania, które są nie tylko inteligentne, ale także połączone i bezpieczne.



Bądź inteligentny na www.microchip.com/Smart



- prąd przewodzenia: maks. 330 mA,
- napięcie wsteczne: maks. 2 V,
- napięcie pracy: typ. 6 V,
- prąd progowy: typ 50 mA.

www.osram-os.com



Magnetyczny czujnik kąta zgodny z samochodowymi wymogami bezpieczeństwa ASIL D

Do oferty firmy Mouser Electronics wchodzi nowy czujnik magnetyczny o symbolu TLE5501 XENSIV, zaprojektowany przez firmę Infineon Technologies. Jest to pierwszy czujnik z oferty Infineona, bazujący na technologii TMR (tunnel magneto resistance), nadający się idealnie do komutacji samochodowych silników BLDC napędzających wycieraczki, pompy i siłowniki, pomiaru kąta obrotu kierownicy itp. Może też znaleźć zastosowanie w aplikacjach przemysłowych i konsumenckich (roboty, gimble). Uzyskał kwalifikację AEC-Q100. Pracuje w zakresie temperatur otoczenia od -40 do +150°C.

TLE5501 XENSIV występuje w dwóch wersjach: E0001 i E0002. E0001 jest kompatybilny pod względem rozkładu wyprowadzeń

z czujnikiem kąta TLE5009 z oferty Infineona, natomiast E0002 jest kompatybilny ze standardem ISO 26262 w zakresie zwiększonego bezpieczeństwa funkcjonalnego. E0002 jest też pierwszym tego typu czujnikiem spełniającym najostrzejsze kryteria bezpieczeństwa funkcjonalnego ASIL D dla czujników kąta, zrealizowanym na pojedynczym chipie. Dzięki zastosowanej technologii TMR zapewnia:

- dużą czułość i duży sygnał wyjściowy (0,37 V/V), umożliwiające bezpośrednie połączenie z mikrokontrolerem, bez potrzeby korzystania z wewnętrznego wzmacniacza,
- bardzo mały dryft temperaturowy, upraszczający kalibrację i kompensację,
- bardzo mały pobór prądu.

TLE5501 XENSIV oferuje zakres pomiaru od 20 do 100 mT. Zawiera mostek z różnicowym wyjściem sin/cos, którego błąd pomiaru jest na poziomie 1,0° w całym zakresie dopuszczalnych temperatur pracy. W przypadku wersji E0002 dostępne są dwa wewnętrzne mostki pomiarowe, zapewniające redundantny pomiar kąta.

www.mouser.com



Złącza mikrofalowe na pasma 40, 50, 67 i 110 GHz do wielokrotnego użytku

Fairview Microwave powiększa ofertę złączy mikrofalowych na pasma 40, 50, 67 i 110 GHz, mogących znaleźć zastosowanie w systemach pomiarowych i szybkich systemach transmisji danych o przepustowości 28 Gbps. Seria FMCN obejmuje złącza do wielokrotnego użytku, niewymagające lutowania do płytki drukowanej. Całość oferty obejmuje 16 modeli charakteryzujących się bardzo małym współczynnikiem VSWR, już od 1,10:1. Występują one w wariantach męskich i żeńskich w czterech wersjach wymiarowych: 1,0 mm (110 GHz), 1,85 mm (67 GHz), 2,92 mm (40 GHz) i 2,4 mm (50 GHz). Zawierają korpus wykonany ze stali nierdzewnej i centralny kontakt sygnałowy z miedzi berylowej pokrytej złotem. Nadają się do pracy w szerokim zakresie temperatur otoczenia od -55 do +165°C.

www.fairviewmicrowave.com

Najmniejszy na rynku samochodowy konwerter DC-DC z wbudowaną cewką

XDL601/02 to najmniejszy na rynku konwerter DC-DC do elektroniki samochodowej, zawierający wbudowaną cewkę indukcyjną. Poza małymi wymiarami wyróżnia się on ekstremalnie szybką odpowiedzią impulsową, wynikającą z opracowanej przez Torex metody sterowania Hi-SAT COT, zamiast standardowej COT, zapewniającej też

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

RENEX www.renex.com.pl	RENEX www.ipctraining.pl	RENEX www.reneline.pl
--	--	---

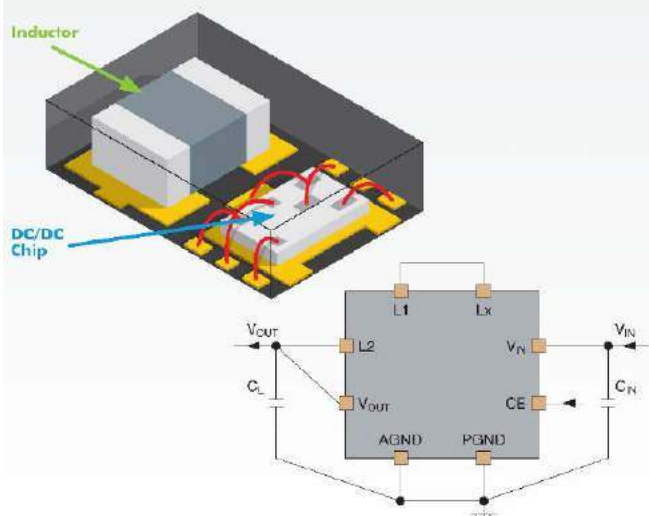
www.piekarz.pl
części elektroniczne
sprzedaz@piekarz.pl tel. 22 599 49 70

Moduły oraz czytniki RFID
MIFARE®, UNIQUE, ICODE®, HITAG®, Q5, HID®
netronix.pl

www.gamma.pl
PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE

INTEGRATED COIL STRUCTURE

- ✓ Smaller PCB Area
- ✓ Lower EMI



mnijšie fluktuacje częstotliwości oscylatora w funkcji zmian obciążenia i napięcia wejściowego.

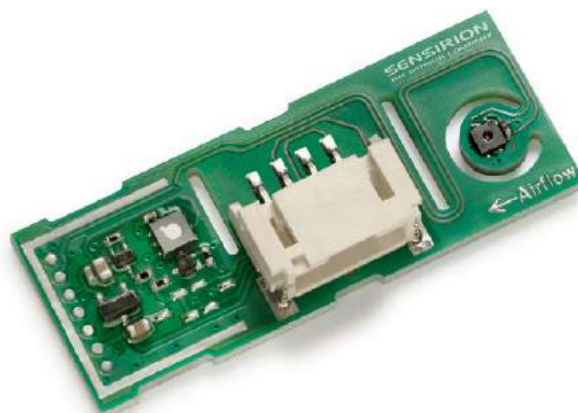
Układ pracuje z napięciem wejściowym 2,5...5,5 V i ustalonym fabrycznie wyjściowym z zakresu 0,8...3,3 V. Zapewnia wydajność prądową 1,5 A. Jest zamykany w obudowie DFN3625-11A (3,6×2,5×1,6 mm) z wyprowadzeniami wettable flank, ułatwiającymi optyczną inspekcję połączeń. Wraz z niezbędnymi elementami

współpracującymi zajmuje powierzchnię jedynie 30 mm². W zależności od wersji udostępnia tryby PWM (XDL601) i PWM/PFM (XDL602). Zawiera układ miękkiego startu oraz zabezpieczenie termiczne, zwarcio- i podnapięciowe.

Pozostałe parametry:

- częstotliwość taktowania: 3 MHz,
- sprawność: 93% (VIN=5,0 V, VOUT=3,3 V, IOUT=500 mA)
- pobór prądu w stanie spoczynkowym: 25 μA (XDL602); 400 μA (XDL601),
- pobór prądu w trybie standby: maks. 1,0 μA,
- zakres temperatur pracy: -40...+105°C.

www.torex-europe.com



Zintegrowany czujnik temperatury, wilgotności, VOC i CO₂

Firma Sensirion opracowała zintegrowany czujnik parametrów środowiskowych SVM30, przeznaczony do zastosowań w oczyszczaczach

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

Autoryzowany dystrybutor Altium w Polsce



ALTium
DESIGNER19

W najnowszej Altium Designer 19:

- Zaawansowane zarządzanie stosem warstw
- Nowy kalkulator impedancji falowej
- Obsługa microvia i stacked microvia
- Wsparcie technologii printed electronics
- Nowy tryb prowadzenia ścieżek follow mode

Computer Controls Sp. z o.o.
Bielsko-Biała, ul. Budowlanych 1

tel.: +48 (33) 485 94 90

e-mail: info@ccontrols.pl
www.ccontrols.pl

powietrza i aplikacjach HVAC30. Został on zrealizowany w technologii CMOSens, pozwalającej na zintegrowanie sensora, podzespołów analogowych, układu cyfrowego przetwarzania sygnału, przetwornika A/C, pamięci i interfejsu na pojedynczym chipie. Jest dostarczany w postaci modułu o wymiarach 39×15×6,5 mm z wbudowanym złączem 4-pinowym zawierającym linie zasilania i interfejsu I²C. Realizuje pomiar temperatury, wilgotności oraz stężenia CO₂ i VOC. Jest odporny na siloksy, zapewniając dużą niezawodność i stabilne parametry w długim okresie użytkowania.

Pozostałe parametry:

- zakres pomiaru wilgotności: 0...100% RH,
- zakres pomiaru temperatury: -20...+85°C,
- dokładność pomiaru wilgotności: ±5% RH,
- dokładność pomiaru temperatury: ±1°C,
- zakres pomiaru TVOC: 0...60000 ppb,
- zakres pomiaru CO₂: 400...60000 ppm.

www.sensirion.com



Szybki stabilizator LDO 600 mA o małym prądzie spoczynkowym

Firma Diodes dodaje do oferty stabilizatorów LDO kolejny wariant o małym prądzie spoczynkowym i szybkiej odpowiedzi impulsowej. AP7366 jest stabilizatorem o wydajności prądowej 600 mA. Charakteryzuje się niskim napięciem dropout i małym prądem spoczynkowym (60 µA), co sprawia, że nadaje się idealnie do zastosowań w urządzeniach bateryjnych. Jego architektura obejmuje tranzystor przepustowy ze sterownikiem bramki, wzmacniacz błędów, źródło napięcia referencyjnego 0,8 V, ogranicznik prądowy, wyłącznik termiczny i zabezpieczenie zwarciove.

REKLAMA

OBWODY DRUKOWANE

- płytki jednostronne i dwustronne
- płytki na podłożu aluminiowym
- testy elektryczne płytek
- pokrycia płytek: cyna lub cyna/olów

Faldruk s.c., 05-462 Emów, ul. Wiązowska 2E
tel. +48 22 872 43 01, 612 67 76, +48 698 468 850
biuro@faldruk.pl, www.faldruk.pl

AP7366 może być włączany za pomocą wejścia EN. Pracuje z napięciem wejściowym z zakresu od 2,6 do 6 V. Napięcie wyjściowe może być regulowane płynnie w zakresie od 0,8 do 5,0 V za pomocą dzielnika rezystorowego lub może być programowane fabrycznie na stałych wartościach 1,2, 1,5, 1,8, 2,0, 2,5, 2,8, 3,0, 3,3 i 3,9 V. Jego dokładność wynosi 1,0% w temperaturze pokojowej. AP7366 występuje w dwóch wariantach obudów: SOT25 (3,0×2,8×1,15 mm) i U-DFN2020-6 (2×2×0,6 mm).

Pozostałe parametry:

- PSRR: 75 dB @ 1 kHz,
- czas startu: 150 µs,
- zakres temperatur pracy: -40...+85°C,
- zabezpieczenie ESD: do 2000 V HBM.

www.diodes.com



Podwójne przetworniki A/C SAR o szybkości konwersji 4 MSps

Mouser Electronics informuje o wprowadzeniu na rynek serii podwójnych przetworników A/C SAR AD738x, pochodzących z oferty Analog Devices. Obecnie występują one w dwóch wersjach: AD7380 i AD7381, o rozdzielczości odpowiednio 16 i 14 bitów. Są produkowane w obudowach LFCSP (3×3 mm) o identycznym rozkładzie wyprowadzeń.

AD7380 i AD7381 zapewniają szybkość konwersji 4 MSps. Mogą znaleźć zastosowanie w układach napędowych, sonarach, miernikach jakości zasilania i w systemach akwizycji danych. Zawierają po dwa przetworniki A/C SAR oraz interfejs szeregowy z dwiema oddzielnymi liniami danych. Wejścia pracują w trybie różnicowym przy dopuszczalnym zakresie napięć sumacyjnych od 0,2 V do VREF - 0,2 V.

Przetworniki AD7380 i AD7381 pracują z napięciem zasilania od 3,0 do 3,6 V. Zawierają buforowane źródło napięcia referencyjnego 2,5 V (10 ppm/°C), przy czym opcjonalnie mogą współpracować ze źródłem zewnętrznym 3,3 V. Zapewniają bardzo mały dryft temperaturowy wzmocnienia, wynoszący typowo ±1 ppm/°C. Mogą współpracować z mikroprocesorami i układami DSP zasilanymi napięciem 1,8, 2,5 i 3,3 V. Producent oferuje do obu przetworników zestawy ewaluacyjne (EVAL-AD7380FMCZ, EVAL-AD7381FMCZ).

Pozostałe parametry:

- pasmo: 25 MHz (-3 dB),
- SNR: 92,5 dB, VREF = 3,3 V dla AD7380, 85,4 dB, VREF = 3,3 V dla AD7381, 102,8 dB (typ.) z nadpróbkowaniem ×32,
- INL: 2,0 LSB (16 bitów), 1,0 LSB (14 bitów),
- DNL: 1,0 LSB,
- CMRR: -75 dB (fIN = 500 kHz),
- zakres temperatur pracy: od -40 do +125°C.

www.mouser.com

Energooszczędny czujnik nawigacyjny do nawigacji pieszych

BHI160BP jest energooszczędnym czujnikiem nawigacyjnym do miniaturowych urządzeń przenośnych, m.in. smartwatchy, trackerów i smartfonów, stanowiącym uzupełnienie rodziny BHI160. Został rozszerzony o algorytm Pedestrian Dead Reckoning (PDR), zapewniający śledzenie trasy pieszej przy znacznie mniejszym poborze mocy niż w przypadku rozwiązań opartych wyłącznie na odbiorniku GPS/GNSS. Zawiera zespół czujników inercyjnych, zapewniających śledzenie trasy również po zaniku sygnału z satelitów (np. w wysokiej zabudowie miejskiej i wewnątrz budynków) oraz umożliwiającą określanie orientacji 3D i rozpoznawanie gestów.

W porównaniu z czujnikami nawigacyjnymi opartymi wyłącznie na odbiornikach GPS/GNSS, BHI160BP pozwala obniżyć nawet o 80% pobór mocy. Śledzi on bieżące położenie użytkownika, opierając się na wbudowanym 6-osiowym czujniku bezwładnościowym. Oblicza względną lokalizację na podstawie danych zebranych z czujników bezwładnościowych, a następnie kalibruje się co kilka minut, aby uzyskać bezwzględną pozycję zapewnianą przez moduł GNSS/GPS. Oznacza to, że moduł GNSS/GPS może pozostawać w trybie uśpienia przez większość czasu, co znacznie wydłuża czas pracy urządzenia.

BHI160BP charakteryzuje się poborem prądu wynoszącym od około 1,3 mA prądu przy wszystkich funkcjach aktywnych, poprzez 130 mA w trybie detektora kroków po zaledwie 11 mA w trybie suspend. Jest zamykany w obudowie LGA o wymiarach 3×3×0,95 mm, kompatybilnej pod względem rozkładu wyprowadzeń z BHI160.

www.bosch-sensortec.com



Transile z kwalifikacją AEC-Q101 do pracy w zakresie temperatur złącza -55...+175°C

Do oferty firmy Bourns wchodzi dwie nowe serie transili zapewniających ochronę zasilaczy i linii danych przed wyladowaniami ESD i przepięciami. Uzyskały one kwalifikację AEC-Q101 pozwalającą na zastosowania w systemach wymagających dużej niezawodności w ciężkich warunkach środowiskowych. Występują w wersjach jedno- i dwukierunkowych.

Transile SM8S-Q są zamykane w obudowach DO-218 (15,5×10,0×4,85 mm). Ich dopuszczalna moc rozpraszana wynosi 8 W (25°C, idealne chłodzenie), a maksymalna moc chwilowa to 6600 W (10/1000 µs). Dostępne są wersje o szczytowym napięciu wstępnym od 16 do 43 V. Transile SM8SF-Q są zamykane w obudowach DFN (10,5×8,1×1,3 mm). Ich moc rozpraszana wynosi 5 W, a maksymalna moc chwilowa 7000 W. Dostępne są wersje o szczytowym napięciu wstępnym od 24 do 36 V.

Transile obu serii charakteryzują się bardzo krótkim czasem odpowiedzi, poniżej 1,0 ps. Mogą pracować w zakresie temperatur złącza od -55 do +175°C. Spełniają wymogi norm samochodowych ISO7637-2 (kompatybilność EMC) i ISO16750-2 (odporność na narażenia środowiskowe).

www.bourns.com



Mikrokontrolery ARM z komunikacją bezprzewodową w standardach 802.11a/b/g/n, Bluetooth i 802.15.4

Do oferty firmy Rutronik wchodzi pierwsza seria mikrokontrolerów z wbudowanym układem komunikacji bezprzewodowej – RS14100 WiSeMCU produkcji Redpine Signals. Układy te mogą się komunikować równocześnie w oparciu na protokoły 802.11a/b/g/n (2,4 GHz i 5 GHz), Bluetooth (EDR+2.1, 4.0, 4.1, 4.2 i 5.0) i 802.15.4 (Thread, ZigBee). Dodatkowo

oferują funkcję aktywacji głosem oraz do 8 wejść przeznaczonych do współpracy z czujnikami pojemnościowymi. Ze względu na mały pobór mocy są polecane do zastosowań we wszelkiego typu bateryjnych urządzeniach IoT.

Mikrokontrolery RS14100 WiSeMCU bazują na jednostce obliczeniowej Arm-Cortex-M4 taktowanej zegarem do 180 MHz. Zawierają do 4 MB pamięci Flash i do 400 KB pamięci SRAM. Udostępniają kilka trybów oszczędnościowych, pozwalających ograniczyć pobór mocy do niezbędnego minimum. Bazują na architekturze secure-zone z wielopoziomowym systemem zabezpieczeń, obejmującym m.in. funkcję PUF zapobiegającą klonowaniu, akceleratory kryptograficzne (AES128/256, SHA256/384/512, RSA, ECC, ECDH) i secure bootloader. Mogą dzięki temu znaleźć zastosowanie w przenośnych terminalach POS, inteligentnych zamkach, urządzeniach medycznych i systemach zamówień głosowych.

Pozostałe elementy wyposażenia:

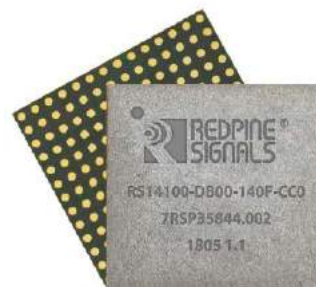
Peryferia analogowe:

- 12-bitowy 16-kanalowy przetwornik A/C 5 MSps,
- 10-bitowy przetwornik C/A,
- 3 wzmacniacze operacyjne, 2 komparatory,
- czujnik temperatury.

Peryferia cyfrowe:

- interfejs USB HS OTG,
- interfejs Ethernet 10/100 Mbps,
- interfejs SDIO 3.0 host/slave, SD/eMMC,
- interfejsy 3×USART, 4×SPI, 3×I²C, 2×I²S, SIO, CAN 2.0B,
- timery: 5×32-bitowy, 16/32-bitowy, 24-bitowy, WWDT, RTC, RIT, QEI,
- do 85 linii GPIO z multiplexerem.

www.rutronik24.com



Cewki SMD o prądzie znamionowym do 69,2 A na zakres temperatur pracy do +155°C

Firma Vishay Dale powiększa ofertę cewek indukcyjnych do zastosowań samochodowych o nową serię IHLP-5050EZ-5A, obejmującą cewki z kwalifikacją AEC-Q200, przystosowane do pracy w zakresie

temperatur otoczenia od -55 do $+155^{\circ}\text{C}$. Pomimo małych wymiarów, charakteryzują się one prądem znamionowym do $68,2\text{ A}$ i są w stanie przewodzić duże impulsy prądowe bez wchodzenia w nasycenie. Występują w wersjach o indukcyjności od $0,22\text{ }\mu\text{H}$ do $82\text{ }\mu\text{H}$ i rezystancji uzwojenia od $0,69\text{ m}\Omega$ do $199\text{ m}\Omega$. Są zamykane w ekranowanych obudowach SMD rozmiaru 5050 o grubości 5 mm. Producent poleca je do zastosowań w przetwornicach DC-DC pracujących z częstotliwością przełączania do 2 MHz oraz w filtrach wysokoprądowych pracujących aż do częstotliwości SRF.

Cewki IHLP-5050EZ-5A są odporne na szybkie zmiany temperatury, udary mechaniczne i wilgoć. Ich kompozytowa konstrukcja sprowadza generowane efekty akustyczne do minimalnego poziomu.

www.vishay.com



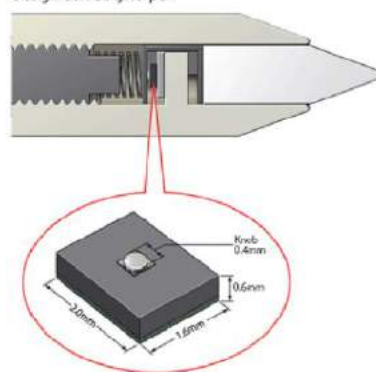
Oświetlenie LED SAFE 40 – Green Safe

Reflektor LED przeznaczony do oświetlenia bezpiecznej strefy. Dioda LED może być czerwona, niebieska lub zielona, a dzięki specjalnej soczewce umożliwia wyświetlanie na ziemi jednego „punktu”, który może być użyty do tworzenia przejść, sygnałów wyjściowych, sygnałów niebezpieczeństwa i wielu innych. Przemysłowy projektor LED przeznaczony do oświetlenia bezpieczeństwa w przemyśle ciężkim, w takich zakładach jak huty, walcownie i odlewnie. Szczególnie seria SAFE 40 nadaje się do środowisk o wysokiej temperaturze, dużej ilości pyłu i wszędzie tam, gdzie bezpieczeństwo miejsca pracy musi być zagwarantowane. Lampa składa się z radiatora i obudowy aluminiowej, silikonowej uszczelki gwarantującej stopień ochrony IP65 i hartowanego zamknięcia szklanego. Element LED, w połączeniu ze szczególnym obiektywem, wyświetla zielony punkt, nawet z wysokości powyżej 20 metrów. W porównaniu do innych rodzajów systemów sygnalizacji, takich jak naklejane piktogramy, ten system jest wyraźnie widoczny, nawet w jasno oświetlonych pomieszczeniach lub w miejscach zamkniętych zawsze pokrytych kurzem i brudem.

www.dacpol.eu



Design Guide Stylus-pen



Miniaturowy czujnik siły o odporności na uderzenia do 55 N

Firma Alps Alpine opracowała nowy, miniaturowy czujnik siły, mogący znaleźć zastosowanie w rysikach do tabletów. Charakteryzuje się on dużą odpornością na uderzenia (do 55 N), osiągniętą dzięki zwiększeniu średnicy elementu ruchomego z $0,2\text{ mm}$ do $0,4\text{ mm}$ i zastosowaniu zaokrąglonej końcówki, powodującej skuteczniejsze rozpraszanie uderzeń. Dzięki temu nowy model jest w mniejszym stopniu podatny na uszkodzenia wskutek przypadkowego upuszczenia rysika na twarde podłoże, a równocześnie zachowuje dużą czułość.

Czujnik HSFPAR004A pracuje z napięciem zasilania z zakresu od $1,5$ do $3,6\text{ V}$. Oferuje zakres pomiarowy od 0 do 8 N i czułość wynoszącą $3,7\text{ mV/N}$. Charakteryzuje się dużą liniowością ($<2\%$ FS) i rozdzielczością – jest w stanie wykryć siły mniejsze od $0,01\text{ N}$. HSFPAR004A jest zamykany w obudowie SMD o wymiarach $2,00 \times 1,60 \times 0,66\text{ mm}$. Zapewnia odporność na zewnętrzne pola magnetyczne i elektryczne, a jego żywotność producent określa na 1 milion cykli. Zakres dopuszczalnych temperatur pracy rozciąga się od -40 do $+85^{\circ}\text{C}$.

www.alps.com



Zamienniki pamięci 8 Gb DDR3L SDRAM firmy Micron

Wraz z zaprzestaniem produkcji popularnych, 8-gigabitowych pamięci single-die DDR3L SDRAM firmy Micron, firma Alliance Memory wprowadza na rynek ich odpowiedniki w wersji dual-die, produkowane w identycznych obudowach FBGA o 78 i 96 polach kontaktowych.

AS4C1G8D3LA i AS4C512M16D3LA to pamięci o czasie dostępu 10 ns i przepustowości 1866 Mbps , taktowane zegarem 933 MHz . Pracują z napięciem zasilania $1,35\text{ V}$, aczkolwiek są oddolnie kompatybilne z układami $1,5\text{ V}$. Występują w wersjach na trzy zakresy temperatur pracy: komercyjny ($0...+95^{\circ}\text{C}$), przemysłowy ($-40...+95^{\circ}\text{C}$) i samochodowy ($-40...+105^{\circ}\text{C}$). Ich zakres zastosowań obejmuje głównie laptopy i komputery stacjonarne oraz systemy przemysłowe/embedded.

www.alliancememory.com

Arduino Nano – nowe Arduino dla każdego

Pomimo upływu czasu i rozpowszechniania się alternatywnych rozwiązań Arduino jest chyba w dalszym ciągu najpopularniejszą platformą DIY. Co pewien czas pojawiają się nowe płytki, m.in. z procesorami SAM z rdzeniem ARM, pozwalające dostosować wydajność systemu do współczesnych wymagań, przy zachowaniu prostoty tworzenia i uruchamiania aplikacji. Po dłuższym czasie także najprostsze wersje Nano doczekały się odświeżenia, a do rodziny produktów dołączyły cztery miniaturowe płytki Arduino Nano z różnymi procesorami i wyposażeniem dodatkowym.

Arduino Nano Every jest najprostszą i najtańszą płytką z serii. Wygląd płytki pokazany jest na **fotografii 1**. Jak sugeruje nazwa, jest dla „każdego” użytkownika lub zastosowania. Płytką może zastąpić Arduino Nano 3.x z procesorem ATmega328, zachowując rozmiar, ale oferując lepsze wyposażenie.

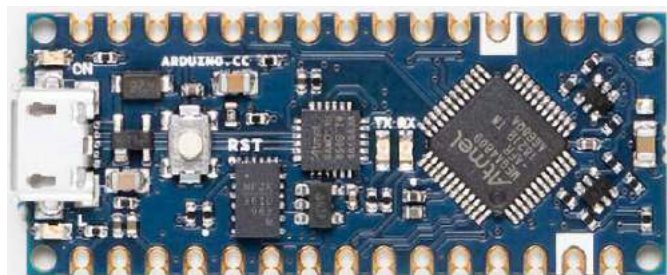
Arduino Nano Every bazuje na mikrokontrolerze ATmega4809 pracującym z częstotliwością 20 MHz, mającym 48 kB pamięci Flash, 6 kB RAM i 256 B EEPROM. Dla użytkownika dostępne są porty I²C, SPI, wejścia ADC (10 bit), wyjścia DAC, PWM oraz port szeregowy. Wyrowadzenia GPIO są zgodne z Nano 3.x i tolerują 5 V. Płytkę uzupełnia procesor ATSAMD11D14A, zapewniający komunikację i programowanie ATmega4809. Programowanie odbywa się poprzez środowisko Arduino, po zainstalowaniu pakietu płytek Arduino megaAVR.

Arduino Nano Every dostępne jest w wersji bez złączy GPIO za ok. 8 € i ze złączami 2×15 pinów za ok. 10 €. Wbudowana w części zasilającej przetwornica obniżająca umożliwia zasilanie nowego Nano

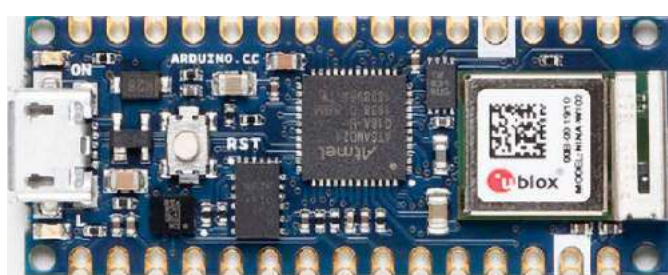
napięciami z zakresu 5...21 V, dostarczając podłączonym układom do 950 mA. Drobnym mankamentem może być umieszczenie opisów GPIO tylko na dolnej warstwie płytki, co przy montażu złączy i użyciu płytki stykowej lub prototypowej powoduje ich zasłonięcie. Zgodnie z obietnicą producenta płytka miała być dostępna w połowie czerwca, ale termin nieco się opóźnił.

Dla bardziej zaawansowanych użytkowników, realizujących głównie aplikacje komunikacyjne, przeznaczone są płytki Arduino Nano 33 IoT, Arduino Nano 33 BLE, Arduino Nano 33 BLE Sense.

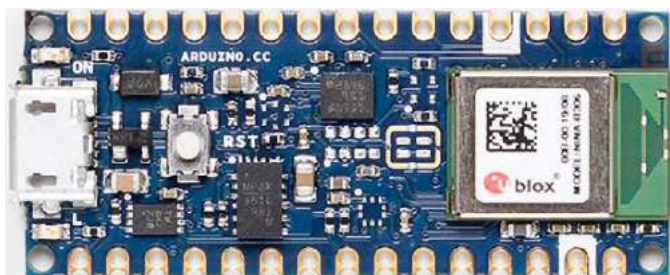
Arduino Nano 33 IoT pokazana jest na **fotografii 2**. Pomimo nazwy Nano sugerującej mikrokontroler AVR, płytka oparta jest na wydajniejszym układzie z rdzeniem Cortex M0+ typu SAMD21G18A, taktowanym zegarem 48 MHz, mającym 256 kB pamięci FLASH i 32 kB RAM. Na płytce znalazło się miejsce na moduł komunikacyjny u-blox NINA W102 zawierający procesor ESP32 oraz wspomagający akcelerator kryptograficzny ATECC608A, które razem



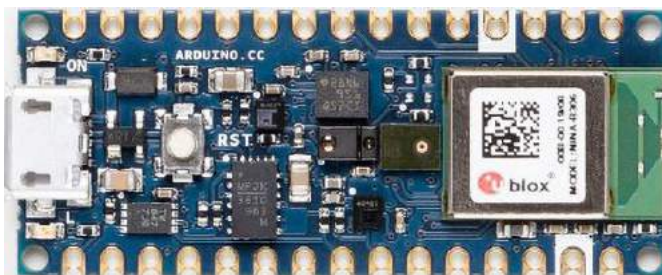
Fotografia 1. Arduino Nano Every



Fotografia 2. Arduino Nano 33 IoT



Fotografia 3. Arduino Nano 33 BLE



Fotografia 4. Arduino Nano 33 BLE SENSE

umożliwiają realizację bezpiecznej komunikacji bezprzewodowej. Arduino Nano 33 IoT uzupełnia 6-osiowy akcelerometr (IMU) typu LSM6DSL. Wbudowany zasilacz umożliwia zasilanie płytki napięciem 5...21 V. Wyprowadzenia GPIO zgodne są tylko ze standardem 3,3 V. Cena płytki w sklepie to ok. 16 € w wersji bez złączy GPIO i 18 € ze złączami. Można powiedzieć, że Arduino Nano 33 IoT jest miniaturowym odpowiednikiem MKR Wi-Fi 1000, w którym kosztem uzyskania mniejszych rozmiarów zrezygnowano z ładowarki akumulatorów.

Arduino Nano 33 BLE, jest do realizacji układów komunikacyjnych wykorzystujących interfejs Bluetooth 5.0 LE. Płytkę także wykorzystuje architekturę ARM, zastosowany procesor to nRF52480 z rdzeniem Cortex-M4F wbudowany w moduł u-Blox NINA B306. Dostępna jest pamięć programu 1 MB FLASH i 256 kB RAM. Na wyposażeniu płytki znalazło się miejsce na 9-osiowy akcelerometr typu LSM9DS1 podłączony przez magistralę I²C. Wyprowadzenia GPIO zgodne są tylko ze standardem 3,3 V. Cena płytki w sklepie to ok. 17,5 € w wersji bez złączy GPIO i 19,5 € ze złączami.

Arduino Nano 33 BLE SENSE jest najdroższą i najlepiej wyposażoną płytką z serii. Wygląd płytki przedstawiony jest

na **fotografii 4**. Specyfikacja podstawowa jest identyczna z Arduino Nano 33 BLE. Na płytce dodatkowo zamontowano czujnik ciśnienia i temperatury LPS22HB, czujnik wilgotności względnej HTS221, zespolony czujnik natężenia, koloru oświetlenia, gestów bazujący na module optycznym APDS-9960 oraz mikrofon cyfrowy PDM typu MP34DT05. Wyprowadzenia GPIO zgodne są tylko ze standardem 3,3 V. Cena płytki w sklepie to ok. 27 € w wersji bez złączy GPIO i 29 € ze złączami. Bogate wyposażenie płytki predestynuje ją do realizacji pomiarów środowiskowych na potrzeby aplikacji IoT.

Zgodnie z obietnicą producenta płytki BLE/IoT miały być dostępne pod koniec czerwca, ale termin raczej nie będzie dotrzymany, bardziej realny to koniec lipca.

Czy płytki będą się cieszyć powodzeniem, mając silną konkurencję ze strony STM32, także obsługiwanych przez Arduino, pokaże czas. Na razie trzeba uzbroić się w cierpliwość w oczekiwaniu na ich pełną dostępność w sprzedaży oraz i udostępnienie dokumentacji i rozszerzenie środowiska o ich obsługę.

Adam Tatus

adam.tatus@ep.com.pl

REKLAMA

Wszystko, co lubisz,
w jednym miejscu



UlubionyKiosk.pl

Oferuje papierowe
i elektroniczne
wydania czasopism
z najważniejszych
segmentów rynku:

budownictwo i wnętrza, muzyka
i dźwięk, elektronika i automatyka,
edukacja i hi-tech, rodzina.

Przesyłka
GRATIS



wszelkich usług na tym protokole. Oczywiście, mówi się o alternatywnych rozwiązaniach, takich jak np.: InfiniBand, ale są one (na razie niszową) konkurencją dla standardu Ethernet i ATM (i związanych z nimi modeli sieciowych), a nie dla samego IP, jak to jest odczytywane (choć faktycznie rozwiązania te nie uwzględniają omawianego protokołu). Tym samym protokół IP to na chwilę obecną faktyczny „władca” sieci, choć niewykluczone, że wraz z rozwojem Internetu Rzeczy sytuacja ta się zmieni (w nim bowiem jako jedynym podejmowane są jeszcze nieśmiało próby jego wyparcia, w celu lepszej optymalizacji ruchu sieciowego, który, jak łatwo zgadnąć, ma wzrosnąć wraz z upowszechnieniem się tego internetu).



Ziemniaki w służbie Wi-Fi

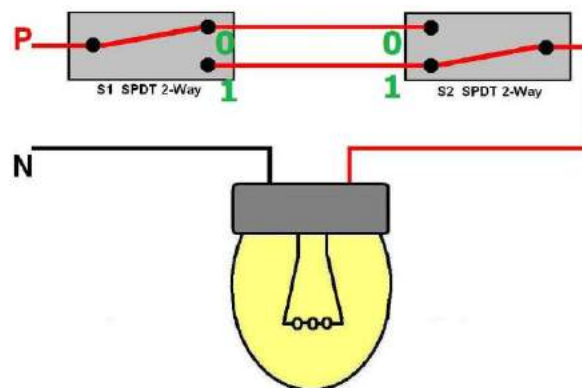
Ustalenie tego, jak faktycznie propagują fale radiowe w określonym środowisku, jest bardzo trudnym zadaniem, szczególnie od strony teoretycznej związanej z rozwiązywaniem trudnych równań różniczkowych cząstkowych (w których pod uwagę brany jest moment czasowy t oraz położenie x w tym środowisku). Co prawda obecnie nie stanowi to problemu, dzięki coraz szybszym komputerom, ale uzyskiwane wyniki często nie są dokładne. W głównej mierze wynika to z ograniczoności modeli propagacyjnych, które bazują na skończonych parametrach. W związku z tym wykonuje się badania praktyczne, w których propagację wyznacza się doświadczalnie, co najwyżej stwierdzając jej zgodność ze wspomnianymi modelami. Nie inaczej jest w przypadku samolotów i montowanych w nich urządzeń Wi-Fi, choć w ich przypadku nasuwa się dodatkowy problem w postaci pasażerów, którzy też w końcu mają wpływ na propagację fal (ciekawostka w Koktajlu Niusów czerwcowego wydania „Elektroniki Praktycznej”). Jako że obecnie angaż ludzi do tej roli kosztuje, a także nie każdy jest przekonany o nieszkodliwości wpływu fal radiowych na ludzki organizm, stosuje się zamiast nich worki ziemniaków, które układa się na siedzeniach tak, aby przypominały sylwetki pasażerów. Dlaczego ziemniaki? Ponieważ ich skład chemiczny oraz zawartość wody jest zbliżona do ludzkiego ciała i są przy tym relatywnie tanie. W szczególności takie podejście stosuje firma Boeing (<http://bit.ly/2jqwRLa>). W tej sytuacji nie pozostaje nic innego, jak postąpić tak samo w naszym kraju, który w końcu ziemniakami stoi!

(Wirtualna) zabawa w producenta elektroniki

Marzycie o tym, aby stać się producentem elektroniki, ale nie macie na to pieniędzy? Nic nie szkodzi – możecie stać się nim przed ekranem swojego komputera, po zaopatrzeniu się w grę Shenzhen I/O amerykańskiej firmy Zachtronics, wydanej 17 listopada 2016 roku. W grze tej wcielamy się w chińską fabrykę elektryczną zlokalizowaną w Shenzhen, która należy do firmy Shenzhen Longterm Electronics, produkującej m.in. układy scalone i popularne urządzenia (np. kamery cyfrowe). Ich tworzenie odbywa się poprzez łączenie puzzli zawierających bramki logiczne, pamięci, mikroprocesory itp.



komponenty, a niektóre (jeżeli jest to wymagane) należy opisać sekwencyjnym kodem assemblera, posiłkując się dostarczonymi z zewnątrz dokumentacjami (do 30 stron każda). Tak stworzone produkty należy poddać symulacji, aby sprawdzić poprawność ich działania. To, co zostanie zbudowane, zależy wyłącznie od pomysłu i wyobraźni projektanta. Osiągnięcie efektu końcowego co prawda nie jest łatwe (z racji, że gra wymusza całościowe czytanie dokumentacji, co pomimo ograniczonej pojemności i tak zajmuje trochę czasu), ale przynosi za to dużo satysfakcji. Na uwagę zasługuje to, że nie jest stawiany nacisk na ekonomię, a na sposób i jakość wykonania produktów. Gra jest do kupienia na platformie Steam za jedyne 7,49 dolara (po uwzględnieniu zniżki 50%) i stanowi bardzo dobrą propozycję dla dzieci (nauka przez praktykę). Recenzje gry są bardzo pochlebne (10/10 na platformie Steam, 4,6/5 na stronie [GOG.com](http://www.gog.com)).

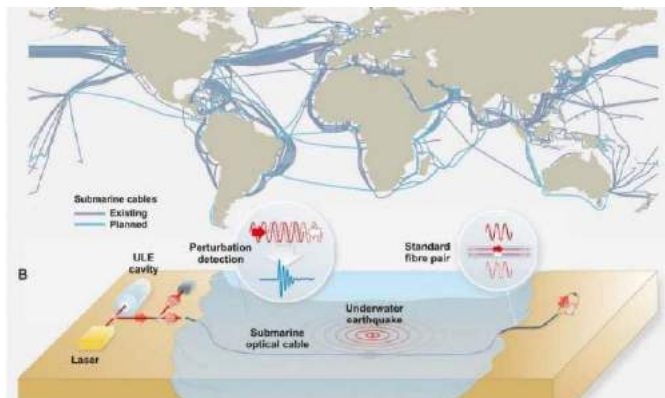


Technika cyfrowa „na schodach”

Wydawałoby się, że technika cyfrowa związana jest tylko z układami scalonymi. Jest to jednak nieprawda. Jej odzwierciedleniem bowiem jest również klasyczny układ dwóch spiętych ze sobą wyłączników schodowych, które razem pełnią funkcję bramki XNOR. W jaki sposób? W taki, że jeżeli jedno położenie wyłączników to 0, a drugie to 1, to przy tych samych ich położeniach jest albo 0, albo 1 i źródło światła jest włączone (jest 1). Natomiast przy pozostałych jest 0 i 1 lub 1 i 0 i źródło to nie świeci się (jest 0). Prawda, że oczywiste?

„Światłowodowe” trzęsienie ziemi

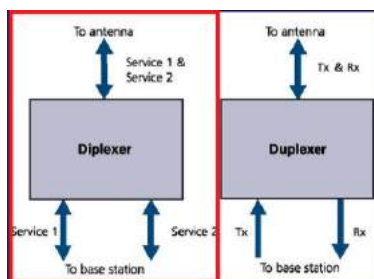
Światłowód to nie tylko efektywne medium do transmisji danych – to również doskonały czujnik sejsmograficzny, pozwalający wykryć nawet najdrobniejsze trzęsienia ziemi. Jak to jest możliwe? Otóż wystarczy obserwować przesunięcia faz impulsów lasera, które przenosi światłowód. W przypadku trzęsienia ziemi odbierany na wyjściu światłowodu sygnał jest „rozciągnięty” w czasie (rozmyty), co jest skutkiem tego, że wraz z ziemią porusza się też światłowód, a przez to także propagacja fal świetlnych. Natomiast w przypadku braku trzęsienia ziemi sygnał ten nie ulega zmianom (poza tymi wynikającymi z jakości wykonania światłowodu i urządzeń nadawczych). Badania nad tego rodzaju sposobem wykrywania trzęsień ziemi trwają



i są bardzo obiecujące. Zresztą jak ma być inaczej, skoro motywacją jest rozległa sieć światłowódów położonych na dnach mórz i oceanów, która pozwoliłaby ograniczyć koszty związane z tworzeniem i montażem dedykowanych czujników seismograficznych (które na dodatek nie zawsze są tak dokładne, jakby się tego oczekiwało).

Nie tylko duplexem telekomunikacja żyje

Wydaje się, że to drobnotka, ale w telekomunikacji, poza trybem duplex, istnieje również tryb diplex, w ramach którego nie tylko ma miejsce jednocześnie odbiór i nadawanie w obrębie dwóch sygnałów (jeden dla odbioru, drugi dla nadawania), ale również jednoczesny odbiór oraz jednoczesne nadawanie tych danych w obrębie tych sygnałów. Co więcej, w trybie tym obydwa sygnały są z zasady oddzielane filtrami, podczas gdy w trybie duplex takiego wymogu nie ma. Warto o tym pamiętać, szczególnie że obecnie telekomunikacja opiera się na coraz większej liczbie sygnałów, która nie jest jednak nieskończona (a skoro tak, to sygnałami tymi należy rozsądnie gospodarować, wliczając w to sposób ich używania w kontekście kierunków transmisji).



„Jakże dokładny” faks

W powyższym stwierdzeniu nie ma ani słowa fałszu – faks bowiem to skrót od faksymile (faximile), czyli „dokładna kopia, reprodukcja dokumentu”. Jednak w praktyce jest to telefaks, nie faks, ponieważ pierwotne pojęcie odnosi się do jakiegokolwiek sposobu odtwarzania dokumentu, podczas gdy na co dzień ma się na myśli konkretną usługę telekomunikacyjną, w ramach której dokument jest reprodukowany elektronicznie (zgodnie z pojęciem faks) i jest przesyłany w tej postaci na odległość do określonego odbiorcy (tele). Obecnie jednak nie ma to już większego znaczenia – usługa ta bowiem wypierana jest sukcesywnie przez wysokiej jakości skany dokumentów, które przesyłane są szerokopasmowym internetem, choć z drugiej strony tam, gdzie nie jest ona aż tak rygorystycznie wymagana, dalej jest stosowana (dlatego przez jeszcze pewien czas nie podzieli ona losu innej usługi, którą był teleks, świadczony w Polsce do 2007 roku).



QoE, nie QoS (głupcze!)

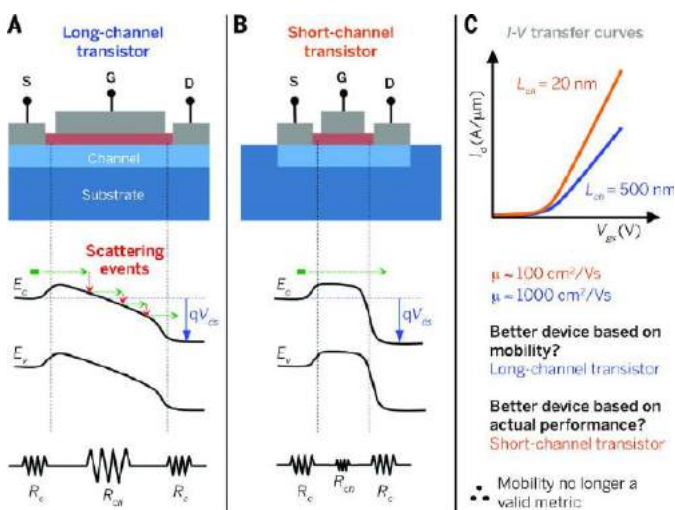
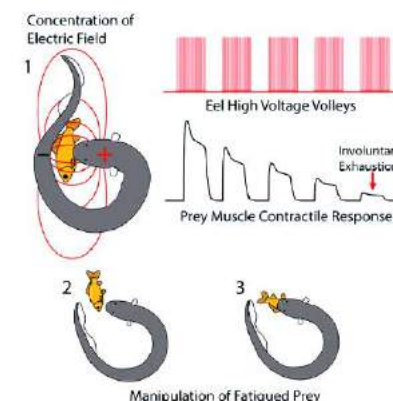
Stosowana dotąd w sieciach miara jakości QoS (Quality of Service – jakość usług) to już przeszłość. Dzisiaj bowiem większy nacisk kładzie się nie na to, co jest gwarantowane (teoretycznie i praktycznie) przez dostawcę usług, a na to, co odbiorca tych usług rzeczywiście

od niego otrzymuje. Tym samym QoS ustępuje powoli miejsca QoE (Quality of Experience – jakość odczuwana), której definicję zawiera rysunek. Miara ta, choć słuszna, nie została jednak liczbowo dotąd dokładnie sprecyzowana (stąd jest ona, na razie, różnie interpretowana – irytację czy zadowolenie z czegokolwiek każdy rozumie inaczej).



Węgorz zabójca

Węgorz elektryczny – ryba dobrze znana ze względu na fakt, że zabija ona „prądem”. Ale czy wiecie, w jaki dokładnie sposób to czyni? Otóż robi to samo co podręczny paralizator, tylko kilkakrotnie, tzn. wytwarza nie jeden impuls elektryczny, a ich ciąg i to też kilkakrotnie. Impulsy te osiągają napięcie do 600 woltów (są więc niższe od tych spotykanych w podręcznych paralizatorach) oraz prąd do 1 ampera (więcej niż w przypadku wspomnianych paralizatorów). To, że generowane są ciągi impulsów, a nie tylko jeden, jest sprawą oczywistą – chodzi bowiem o „zmęczenie” mięśni ofiary, aby te wielokrotnie się skurczyły, a przez to ostatecznie odmówiły posłuszeństwa. A wszystko to, aby ofiara stała się bezwładna i dała się bezrefleksyjnie zjeść węgorzowi (na szczęście w przypadku człowieka nie zawsze się tak kończy – a to za sprawą dużej wartości rezystancji mięśni, która nie chroni jednak przed paraliżem!).



O tranzystorze MOSFET dwa słowa

Który tranzystor MOSFET jest lepszy – ten o krótszej długości kanału, czy ten o dłuższej? Oczywiście ten pierwszy, ze względu na mniejszą jego rezystancję, która przekłada się na zwiększenie nachylenia jego charakterystyki przejściowej, tzn. charakterystyki przedstawiającej prąd jego drenu w funkcji napięcia przyłożonego między jego źródło a bramkę. Tym samym należy nabywać tranzystory MOSFET o jak najkrótszej długości ich kanałów (mniejsza rezystancja odpowiada mniejszym stratom).

Oferta prenumeraty Elektroniki Praktycznej

**Prenumerata
wersji
drukowanej**

roczna
176,00 zł
(rabat 8%)

dwuletnia
256,00 zł
(rabat 33%)

**DO 50%
ZNIŻKI NA
PRENUMERATĘ!**

Prenumerata ze zniżką lojalnościową
za nieprzerwany staż prenumeraty
(opcja dostępna po zalogowaniu na www.avt.pl):
roczna (staż 1 rok) – 160,00 zł (rabat 16%)
roczna (staż 2 lata) – 144,00 zł (rabat 25%)
roczna (staż 3 lata) – 128,00 zł (rabat 33%)
dwuletnia (staż 3 lata) – 224,00 zł (rabat 41%)
dwuletnia (staż 5 lat) – 192,00 zł (rabat 50%)

Prenumerata e-wydań

- roczna – 91,80 zł (rabat 15%)
- dwuletnia – 151,20 zł (rabat 30%)

Prenumeratory wersji drukowanej za równoległe e-wydania płać 20% ceny: opłata za e-prenumeratę równoległą wynosi 21,60 zł/rok i 43,20 zł/2 lata.

Każdorazowo opłacenie prenumeraty jest premiowane prezentem.

W tym numerze są to:

- koszulka z logo EP (roz. L, XL)
- płyta Indry Rios-Moore „Heartland”

Zamów swój prezent mailowo – prenumerata@avt.pl.



Przywileje Prenumeratorów

- masz prawo do rabatu od 30 do 50% na www.UlubionyKiosk.pl (wystarczy podczas zamówienia podać numer swojej prenumeraty)
- masz prawo do rabatu na www.sklep.avt.pl
- z każdym numerem swojej prenumeraty otrzymasz DVD Niezbędnik Elektronika

Zamów prenumeratę EP w dogodny dla siebie sposób:

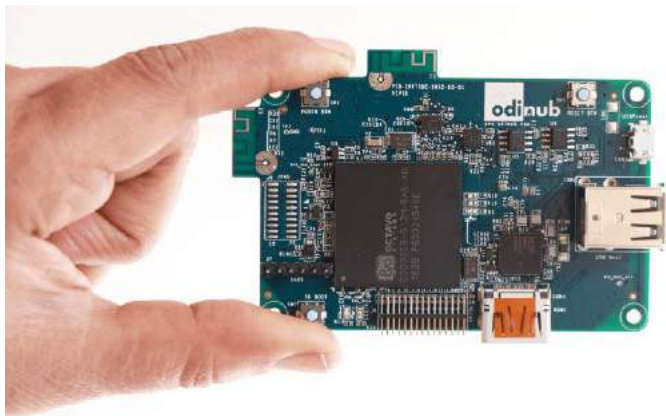
- mailowo – prenumerata@avt.pl • przelewem na konto: AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, ING Bank Śląski 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013
- a najlepiej na **WWW.AVT.PL** – jeśli zamawiasz po raz pierwszy na www.avt.pl lub przedłużysz ją po zalogowaniu do swojego Panelu Prenumeratora, otrzymasz dodatkowo kody rabatowe na bezpłatne pobranie dowolnych czasopism w wersji elektronicznej ze strony www.UlubionyKiosk.pl

Szanowny Kliencie, od 25 maja 2018 roku w krajach Unii Europejskiej obowiązuje Ogólne rozporządzenie o ochronie danych osobowych (RODO). Zachęcamy do zapoznania się z poniższą klauzulą informacyjną.

Administratorem Twoich danych jest AVT-Korporacja sp. z o.o. z siedzibą ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, e-mail: prenumerata@avt.pl. Chodzi o dane osobowe, które zbieramy, aby móc wysłać Ci nasze czasopisma w formie drukowanej lub elektronicznej oraz inne towary (np. prezenty), a także w innych prawnie usprawiedliwionych celach, w tym marketingu bezpośredniego naszych produktów i usług (tzw. uzasadniony interes administratora). Podanie danych jest dobrowolne, ale niezbędne do zrealizowania zamówienia na prenumeratę. Twoje dane osobowe mogą być przekazane Poczcie Polskiej, która będzie dostarczać do Ciebie przesyłki. Bez Twojej zgody nie przekazemy i nie będziemy dokonywać obrotu (nie użyczymy, nie sprzedamy) Twoich danych osobowych innym osobom lub instytucjom. Twoje dane osobowe możemy przekazać jedynie podmiotom uprawnionym do ich uzyskania na podstawie obowiązującego prawa (np. sądy lub organy ścigania) – ale tylko na ich żądanie w oparciu o stosowną podstawę prawną. Będziemy przetwarzać Twoje dane osobowe przez 5 lat od zakończenia roku obrachunkowego, w którym wystąpiła ostatnia płatność. Dane osobowe do celów marketingowych będziemy przetwarzać do czasu wycofania przez Ciebie zgody na przetwarzanie lub do czasu usunięcia danych. Informujemy, że masz prawo do żądania od administratora dostępu do Twoich danych, ich sprostowania, usunięcia, ograniczenia ich przetwarzania, wniesienia sprzeciwu wobec przetwarzania Twoich danych lub ich przenoszenia. W każdej chwili możesz odwołać zgodę na przetwarzanie Twoich danych osobowych oraz możesz zażądać, by Twoje wszystkie dane zostały przez nas usunięte.

dodaj do obserwowanych

Przedstawiamy redakcyjny wybór najciekawszych projektów soft spośród ostatnio anonsowanych w internecie. Są to projekty na różnych etapach realizacji. Warto się zapoznać z projektami zakończonymi i śledzić realizację projektów niegotowych, by czerpać z nich inspirację do własnych prac.



Odinub – komputer jednopłytkowy, będący platformą rozwojową dla systemów IoT

Odinub to komputer jednopłytkowy o dużej mocy obliczeniowej, który, jak twierdzą jego twórcy, ma na nowo zdefiniować branżę systemów wbudowanych, jaką znamy obecnie. Dzięki miniaturyzacji samego układu przy jednoczesnym dążeniu do zwiększenia jego wydajności, nowy moduł ma na celu zapewnienie nowego rozwiązania do rozwijania systemów Internetu Rzeczy.

Specyfikacja systemu wygląda bardzo obiecująco. Układ oparty jest na procesorze Octavo System OSD3358; jest taktowany zegarem 1 GHz system bazujący na rdzeniu ARM Cortex-A8. Układ uzupełnia 512 MB pamięci DDR3L oraz 4 GB pamięci eMMC. System wyposażono, jak przystało na urządzenie IoT, w interfejs Wi-Fi (802.11 bgnac) oraz Bluetooth (4.2 oraz BLE), a także szerokie portfolio innych złączy komunikacyjnych, takich jak USB, UART, SPI, I²C, CAN, a także wyjście HDMI wspierane przez akcelerator SGX 3D. System zasilany jest napięciem 5 V. Producenci zapowiadali wejście modułu do sprzedaży w połowie czerwca tego roku, jednakże w momencie pisania tego materiału nie zakończono oficjalnie przedsprzedaży. Nie jest znana przyszła cena układu, a to od niej zależy m.in. czy system ten będzie w stanie np. konkurować z nowym Raspberry Pi.

<http://bit.ly/2OhFwFB>

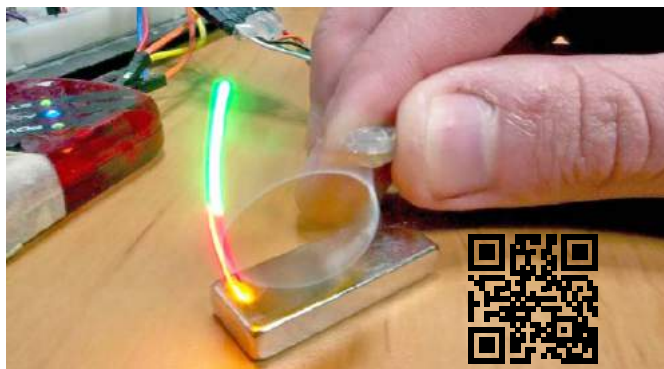
Elektroniczny kompas do roweru

Rosnąca liczba ścieżek rowerowych i parkingów dla tych jednośladów w naszych miastach pokazuje, że rowery są idealnym rozwiązaniem do codziennego transportu. Prezentowane tutaj urządzenie wykorzystuje technologię Bluetooth do połączenia się



ze smartfonem z uruchomionym oprogramowaniem do nawigacji. Aplikacja ta wysyła polecenia do pokazanego tutaj urządzenia. Następnie polecenia te są tłumaczone na kierunki wyświetlane przez diody LED, wskazując ścieżkę, którą rowerzysta powinien podążać, aby dotrzeć do wybranego miejsca docelowego, bezpiecznie jadąc na rowerze, trzymając telefon w kieszeni lub plecaku podczas całej podróży.

<http://bit.ly/2xSRROp>

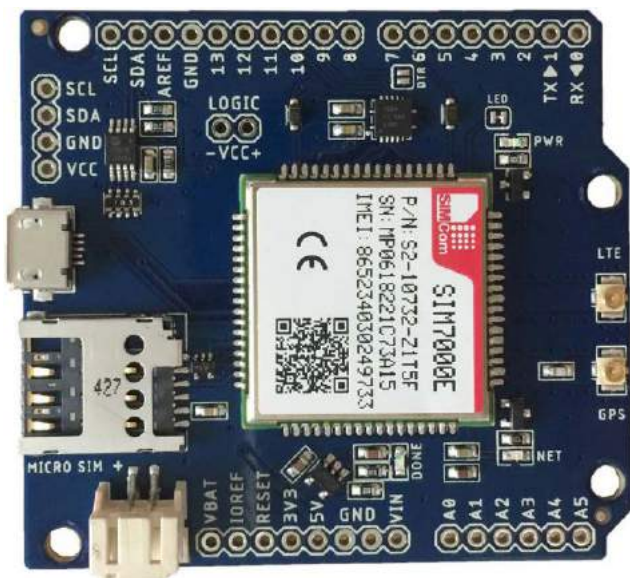


Wyświetlacz widmowy wykorzystujący elastyczną PCB

Wyświetlacze widmowe są od dawna znane i często realizowane jako ciekawy i widowiskowy projekt. Zazwyczaj składają się one z ruchomego zestawu diod LED i silnika, obracającego całym modulem. Prezentowane przez Carla Bugeja rozwiązanie jest jednak całkiem inne. Postawił on na zupełnie minimalizm – podstawowa część wyświetlacza składa się z dwukolorowej diody LED i elastycznej płytki drukowanej. Układ wykorzystuje cewkę wykonaną na elastycznej płytce drukowanej do generowania pola magnetycznego (przez uzwojenie to przepuszczany jest sygnał zmienny). Jeśli takie PCB umieści się w polu magnetycznym magnesu stałego, siła oddziałująca na elastyczne PCB zacznie delikatnie nim poruszać. Z ruchem tym

zsynchronizowane są impulsy wysyłane do diody LED. Ten niezwykle prosty system jest dopiero prototypem pełnego wyświetlacza. Pełna wersja, która jest obecnie rozwijana, ma zawierać kilka takich cewek oraz o wiele więcej diod LED.

<http://bit.ly/2YaJQdI>



Moduł LTE CAT-M i NB-IoT dla ekosystemu Arduino do rozwijania systemów Internetu Rzeczy

Shield Arduino Botletics SIM7000 używa nowych technologii LTE: CAT-M oraz NB-IoT, dedykowanych do komunikacji dla systemów Internetu Rzeczy (IoT). Wraz z pojawieniem się urządzeń IoT o niskiej mocy wyposażonych w funkcje łączności komórkowej i wycofywaniem systemów 2G, LTE będzie coraz popularniejsze. Spowodowało to, że wiele osób zaczęło szukać lepszych rozwiązań niż bardzo popularne obecnie moduły.

Jednym z szeroko stosowanych modułów 2G jest SIM800 firmy SIMCOM. Niedawno firma wprowadziła do oferty nowy moduł – SIM7000A, polecany do współpracy z LTE CAT-M. Dzięki temu, że firma chce przenieść całą serię SIM800 do SIM7000, wiele elementów systemu jest ze sobą kompatybilnych – oba moduły wykorzystują podobny zestaw komend AT, dzięki czemu migracja do nowych modułów nie wymaga diametralnych zmian w oprogramowaniu.

Firma Botletics zaprezentowała ciekawy moduł deweloperski w postaci shielta dla standardu Arduino. Jest on wyposażony w moduł SIMCOMa, zapewniający łączność z wykorzystaniem LTE CAT-M lub NB-IoT. Płytkę ta ma dodatkowo zintegrowany system nawigacji satelitarnej, obsługujący konstelacje GPS, GLONASS, BeiDou/Compass oraz Galileo. Aby użyć shielta, wystarczy po prostu podłączyć go do Arduino, włożyć kompatybilną kartę SIM, założyć antenę LTE/GPS i tyle. W sieci dostępnych jest wiele przykładów oprogramowania, dedykowanego do pracy z tymi modułami.

<http://bit.ly/2xUWa2I>

<http://bit.ly/2Y887AN>

Modułowy system warsztatowy DIY dla hobbystów

EEZ BB3 (skrót od Bench Box 3) to kolejny krok w rozwoju modułowych systemów warsztatowych, projektowanych przez zespół EEZ z Chorwacji. Nowe urządzenie ma być jeszcze bardziej elastyczne i modułowe. System ten został zaprojektowany w celu uproszczenia dodawania nowych funkcji do układu w przyszłości. „W trakcie poprzedniego projektu wiele się nauczyliśmy i zidentyfikowaliśmy różne przeszkody i problemy spowodowane różnymi przyczynami,



od braku doświadczenia, braku informacji, po niewłaściwe założenia projektowe itp.”, mówią twórcy systemu. Nauka jest cały czas kontynuowana w ramach nowego systemu – to w pełni otwarty system tworzony przez hobbystów dla hobbystów.

Nowy EEZ BB3 to pierwszy układ oparty na koncepcji EEZ DIB. Jego celem jest dostarczenie kompletnego oprogramowania i sprzętu do tworzenia nowej kategorii modułowych urządzeń testujących i pomiarowych, plasujących się między amatorskimi systemami a profesjonalnymi rozwiązaniami, łączących ich najlepsze cechy. EEZ DIB został zainspirowany projektem programowalnego zasilacza EEZ H24005, który już przyciągnął wielu entuzjastów do osiągnięć zespołu. Wszystko dzięki zestawowi funkcji, bogatemu interfejsowi użytkownika, przyjazności dla majsterkowiczów oraz w pełni otwartemu oprogramowaniu i projektowi sprzętu. Pierwsza wersja EEZ BB3 jest wyposażona w moduły, które zapewniają funkcjonalność programowalnego zasilacza EEZ H24005, oferując zwiększoną modułowość i moc przetwarzania.

System zaprojektowano tak, aby był łatwy do budowy przez hobbystów o średnim poziomie umiejętności w zakresie lutowania, montażu, testowania i znajomości instalacji oprogramowania wbudowanego oraz jego ładowania do mikrokontrolerów. Chociaż system wykorzystuje obudowę wykonaną na zamówienie, każdy konstruktor ma ogromną swobodę w zakresie wykorzystania własnej obudowy lub obudowy uniwersalnej o podobnych wymiarach.

Dzięki modułowej konstrukcji EEZ BB3 może być rozbudowywany stopniowo zgodnie z potrzebami i budżetem autora. Moduły peryferyjne mogą mieć własne zasoby przetwarzania lub mogą być sterowane z głównego mikrokontrolera (STM32F7). EEZ BB3 może być sterowany lokalnie (poprzez ekran dotykowy TFT i enkoder obrotowy) lub zdalnie (poprzez interfejsy takie jak USB czy Ethernet).

<http://bit.ly/2LqKKfS>

<http://bit.ly/32tptYd>



Powerwall DIY – zbuduj samodzielnie domowy magazyn energii elektrycznej z używanych ogniw litowo-jonowych

W maju 2015 roku Elon Musk zaprezentował Tesla Powerwall. Magazyn ten umożliwia właścicielom domów przechowywanie energii



elektrycznej z sieci lub paneli słonecznych we własnych domach. Technika ta jest pociągająca dla osób zainteresowanych alternatywną energią, ale dla wielu osób początkowa cena – 3000 dolarów – jest zbyt duża. System ten może przechowywać tylko do 10 kWh energii elektrycznej, czyli około jednej trzeciej ilości zużywanej przez przeciętne amerykańskie gospodarstwo domowe dziennie (nowsza wersja może pomieścić do 14 kWh). Dla niektórych entuzjastów energii alternatywnej propozycja Muska nie była wystarczająco dobra. Zamiast kupować Powerwall, budują oni własne wersje DIY z wykorzystaniem baterii z recyklingu. Wszystko to za ułamek kosztów systemu Tesli. Następnie dzielą się informacjami na temat swoich dzieł w Internecie i wymieniają wiedzę z innymi hobbystami. Entuzjaści Powerwall DIY gromadzą się na dedykowanym forum, w grupach na Facebooku i na YouTube. Tego rodzaju systemy budowane są na całym świecie. „To przyszłość. To czysta, prosta i wydajna energia”, mówił Jehu Garcia, jeden z najpopularniejszych budowniczych magazynów energii elektrycznej. On i ludzie tacy jak on decydują sami o tym, jak będzie wyglądać przyszłość alternatywnej energii. Zamiast czekać, aż firmy technologiczne ją ukształtują, biorą sprawy we własne ręce. „Efektem końcowym jest możliwość polegania na czymś, co nie tylko zbudowałem sam, ale rozumiem tajniki zasilania części lub całości mojego domu. To bardzo inspirujące”, komentuje z kolei Joe Williams, inny konstruktor opisywanych systemów.

<http://bit.ly/2Y7sRsd>

Tekstylne przyciski do systemów elektroniki noszonej

Wraz z postępującą integracją urządzeń elektronicznych z naszym światem nosimy ich ze sobą coraz więcej. Smartfon, inteligentny zegarek, opaska fitness, często także dodatkowe systemy monitorujące np. parametry życiowe, takie jak ciśnienie krwi, puls etc. Sektor elektroniki noszonej od dawna boryka się z problemami związanymi ze sterowaniem – coraz mniejsze urządzenia nie zawsze mogą opierać się na wyświetlaczach dotykowych czy klasycznych przyciskach. Tutaj w sukurs przychodzą przyciski i inne elementy wejścia, jakie



implementować można w ubraniach. Dotychczas tego typu rozwiązania nie są popularne, ale w najbliższej przyszłości, wraz z rozwojem techniki, mogą one znaleźć na rynku swoją niszę.

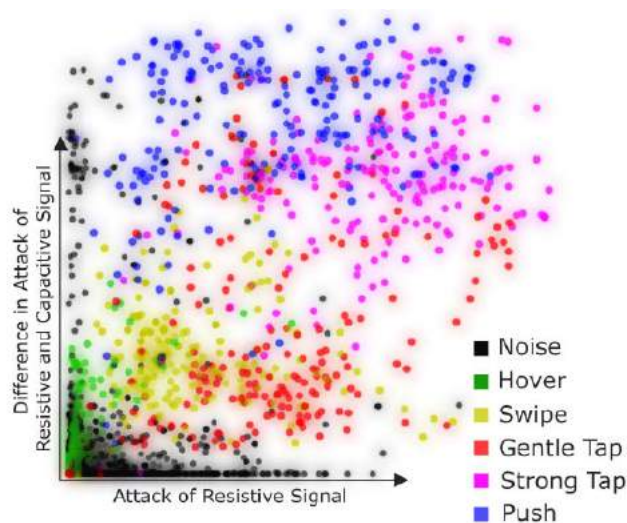
ZPatch to system tekstylnych przycisków, suwaków i innych elementów oraz stowarzyszony z nimi algorytm rozpoznawania zdarzeń. Przyciski wykorzystują hybrydowy system działania – zawierają w sobie pola tak rezystancyjne, odpowiedzialne za monitorowanie nacisku na przycisk, jak i pojemnościowe, które działają jak normalne przyciski pojemnościowe, stosowane w sprzęcie elektronicznym. Przyciski zPatch mogą być z łatwością integrowane z ubraniami – całość łączona jest za pomocą kleju na ciepło i w ten sam sposób dołączona może być do ubrań. Przyciski umieszczać można pod ubraniami, dzięki czemu nie będą one narażone na uszkodzenie czy zalanie.



Dzięki hybrydowej konstrukcji przycisk może wykrywać szereg różnych gestów. Do obsługi pojedynczego przycisku wystarczą dwa wejścia analogowe np. w module Arduino. Zebrane sygnały są następnie analizowane za pomocą specjalnie zoptymalizowanego algorytmu. Testy pokazały, że system może wykrywać pięć gestów i odróżniać je od szumu z dokładnością równą niemalże 95%. Wykrywane gesty to przesunięcie ręką nad przyciskiem, przesunięcie dłonią po przycisku, delikatne klepnięcie, mocne klepnięcie i naciśnięcie przycisku.

<http://bit.ly/32vnHWq>

<http://bit.ly/32xqcYh>



REKLAMA

o elektronice diskutuj na <https://forum.ep.com.pl>

Detektor wyładowań atmosferycznych

Wyładowania atmosferyczne – błyskawice – towarzyszą ludziom od zawsze. To dosyć częste zjawisko kiedyś kojarzone było z siłami nadnaturalnymi czy boskimi, teraz jest już doskonale zrozumiałe, jednakże nadal fascynuje. Nowoczesna technologia pozwala na wykrywanie wyładowań atmosferycznych nawet z dużej odległości. Meteorolodzy wykorzystują dane na temat wyładowań do przewidywania i monitorowania pogody. Teraz, dzięki elektronice, każdy może samodzielnie zbudować urządzenie do detekcji wyładowań atmosferycznych.

Systemy wykrywania aktywności wyładowań atmosferycznych wykorzystują relatywnie nieskomplikowane systemy radiowe. Podczas uderzenia błyskawica emituje promieniowanie elektromagnetyczne w pasmie radiowym. Dzięki zastosowaniu czułego odbiornika RF i przetwarzaniu odebranego sygnału za pomocą złożonego algorytmu system może nie tylko wykryć fakt, że gdzieś uderzyła błyskawica, ale także określić, jak daleko miało to miejsce.

Układ scalony, taki jak AS3935, może precyzyjnie określić, czy wykryta aktywność elektryczna jest spowodowana piorunem. Układ ten precyzyjnie szacuje prawdopodobną odległość na podstawie intensywności sygnału. Za odległość przyjmowana jest odległość od początku burzy, gdzie zaczyna się tworzyć błyskawica, a nie od punktu, gdzie uderzyła. Chip może określić odległość z wystarczającym przybliżeniem między maksymalnie 40 km a minimum 1 km. Algorytm używany w systemie pozwala na odróżnienie, z pewnym przybliżeniem, błyskawic (wyładowań atmosferycznych) od wyładowań elektrycznych wytwarzanych na przykład przez cewki zapłonowe i świece zapłonowe, silniki elektryczne szczotkowe czy kuchenki mikrofalowe.

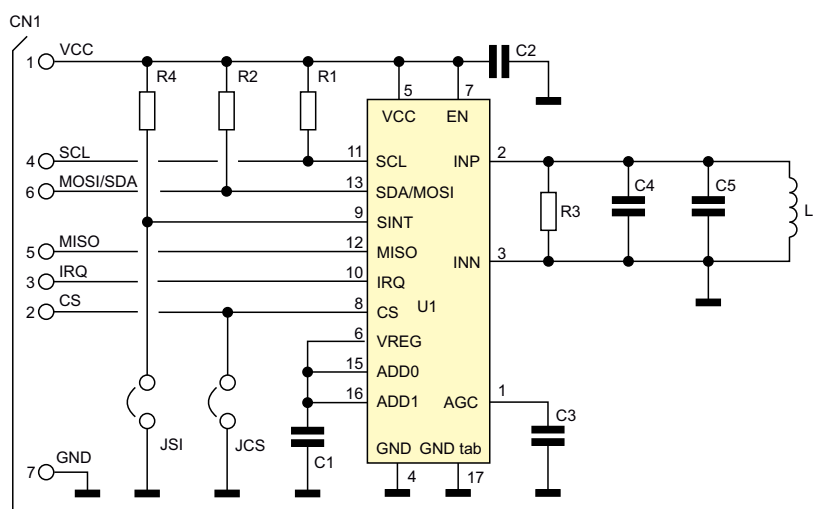
Scalony detektor wyładowań atmosferycznych

W poniższym projekcie wykorzystamy scalony detektor wyładowań atmosferycznych



– AS3935 – oraz moduł Arduino z wgranym odpowiednim oprogramowaniem. W pierwszej kolejności podłączyć musimy scalony detektor do płytki Arduino. Najprościej jest zrobić to z wykorzystaniem prostego modułu,

na którym znajdzie się układ oraz goldpiny. Posłużą one do połączenia go z wyprowadzeniami Arduino. Na module znajdują się też potrzebne do działania elementy dyskretnie czy kondensator filtrujący zasilanie. Schemat



Rysunek 1. Schemat ideowy modułu do detekcji wyładowań atmosferycznych

takiego modułu pokazany jest na **rysunku 1**. Jeśli nie chcemy konstruować go samodzielnie, tego rodzaju moduły dostępne są również w handlu.

Możemy wyróżnić dwa podstawowe zespoły elementów, towarzyszące AS3935 – tor analogowy, złożony z układu RLC (L1, R3, C4 i C5) oraz cyfrowy interfejs, zawierający rezystory podciągające, konieczne do podłączenia układu do mikrokontrolera.

Układ zawiera wbudowany stabilizator napięcia. Dzięki temu AS3935 może być zasilany przez wewnętrzny stabilizator napięcia lub bezpośrednio przez zewnętrzne zasilanie. Użycie wewnętrznego regulatora napięcia zwiększy pobór prądu o około 5 μ A. Aby włączyć wewnętrzny regulator napięcia, piny VDD i EN_VREG muszą zostać podłączone do napięcia zasilania. Pojemność większa niż 1 μ F musi być podłączona od pinu VREG do masy, aby zapewnić stabilne działanie stabilizatora napięcia. Nominalnie napięcie wyjściowe z wbudowanego stabilizatora wynosi 3 V. Aby zasilić AS3935 bezpośrednio zewnętrznym źródłem zasilania (np. z zewnętrznego stabilizatora w układzie), pin EN_VREG musi zostać podłączony do masy. Zarówno VDD, jak i VREG muszą być wtedy podłączone do napięcia zasilania.

Interfejs cyfrowy

Omawiany układ – detektor wyładowań atmosferycznych – wyposażony jest w interfejs szeregowy do komunikacji z mikrokontrolerem. Układ może być skonfigurowany do pracy z wykorzystaniem interfejsu I²C lub SPI. W opisywanym projekcie zastosowano ten drugi z interfejsów. Wykorzystuje on cztery linie cyfrowe:

- MISO (*Master In, Slave Out*) – linia wykorzystywana przez układ do wysyłania danych do kontrolera, w naszym przypadku do modułu Arduino
- MOSI (*Master out, Slave In*) – linia, którą moduł Arduino będzie wykorzystywał do przesyłania danych do układu
- CS (*Chip Select*) – linia, z pomocą której master (moduł Arduino) kontroluje pracę interfejsu szeregowego
- SCL (*Serial Clock*) – zegar transmisji szeregowej, wykorzystywany do synchronizacji transmisji w liniach MISO oraz MOSI.

Do wyboru pomiędzy oboma interfejsami szeregowymi służy nóżka numer 9 układu, oznaczona SINT. Podanie stanu wysokiego na ten pin powoduje, że układ działać będzie w trybie I²C, a po podaniu stanu niskiego wykorzystywać będzie interfejs SPI. W module, którego schemat pokazano na rysunku 1, stan tego pinu kontrolowany jest przez zwórkę JS1. Aby wybrać interfejs SPI, zwórka ta musi być zwarta.

Sekcja analogowa

Antena zewnętrzna jest bezpośrednio podłączona do frontendu analogowego (AFE),

który wzmacnia i demoduluje odbierany sygnał. Watchdog stale monitoruje wyjście AFE i ostrzega zintegrowany blok detekcji wyładowania atmosferycznego w przypadku sygnału przychodzącego.

Moduł AFE wzmacnia i demoduluje sygnał AC odbierany przez antenę systemu. Układ AS3935 wykorzystuje technikę odbioru wąskopasmowego sygnału o częstotliwości środkowej 500 kHz i szerokości około 33 kHz do detekcji wyładowań atmosferycznych. Wzmocnienie AFE jest w zasadzie stałe w całym paśmie pracy anteny. Osiągnięto to poprzez zapewnienie szerszego pasma AFE niż pasmo anteny. Wzmocnienie AFE zostało zoptymalizowane dla dwóch środowisk pracy – w pomieszczeniu i na dworze. Domyślnie system ustawiony jest na pracę w pomieszczeniu, ale można zmienić to z pomocą pojedynczego rejestru konfiguracyjnego.

Strojenie anteny dla układu AS3935 jest dosyć proste – składa się ona z podłączonego do systemu równoległego rezonatora LC z dodanym opornikiem. Wymagania co do tego układu są bardzo proste – ma on charakteryzować się częstotliwością rezonansową $f_R \approx 500$ kHz i dobrocią $Q \geq 15$. Częstotliwość rezonansowa takiego układu LC opisana jest równaniem 1, a dobroć równaniem 2.

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

$$Q = R \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} \quad (2)$$

W układzie zastosowano cewkę MA-5532-AE firmy Coilcraft, która została opracowana we współpracy z producentem układu AS3935. Cewka ta charakteryzuje się indukcyjnością równą 100 μ H i rezystancją stałoprądową uzwojenia równą 6 Ω . Jeśli teraz uzupełnimy ten układ kondensatorem o pojemności 1 nF, to częstotliwość rezonansowa $f_R \approx 503,3$ kHz. Jeśli teraz do układu tego dołożymy równoległe rezystor o oporności 10 k Ω uzyskamy dobroć $Q \approx 31,6$. Parametry te w pełni satysfakcjonują wymagania układu.

Ustawiając rejestry cyfrowe w układzie, można dodawać i odejmować wewnętrzne pojemności do układu LC, aby odstroić częstotliwość rezonansową o $\pm 3,5\%$. Układ może też mierzyć częstotliwość rezonansową, więc proces strojenia anteny przeprowadzać można w pełni automatycznie.

Sygnał wyjściowy z AFE jest monitorowany przez watchdog. W przypadku, gdy sygnał przekroczy pewien próg szerokości – czasu trwania – układ przechodzi w tryb weryfikacji sygnału. Poziom tego progu można ustawić w jednym z rejestrów układu. Po zwiększeniu progu, AS3935 może być bardziej odporny na zakłócenia. Jednak spowoduje to również, że czujnik będzie mniej czuły na słabsze sygnały z odległych wyładowań.

Sygnał wyjściowy AFE jest również wykorzystywany do estymacji poziomu szumów – poziomu odniesienia. Poziom szumu jest stale porównywany z napięciem odniesienia (próg szumu). Ileokrotnie poziom szumu przekracza ustalony próg, układ AS3935 generuje przerwanie (INT_NH), aby poinformować jednostkę zewnętrzną (np. mikrokontroler), że nie może działać poprawnie z powodu wysokiego szumu wejściowego odbieranego przez antenę. Możliwa jest konfiguracja poziomu szumu granicznego dla urządzenia.

Algorytm działania układu AS3935

Blok detekcji systemu sprawdza sygnał względem predefiniowanego wzorca. Układ jest w stanie rozróżniać sygnały spowodowane uderzeniami pioruna i sygnały generowane przez sztuczne źródła – zakłócenia. W przypadku, gdy sygnał jest zaklasyfikowany jako zakłócenie, zdarzenie jest odrzucane, a czujnik automatycznie powraca do trybu nasłuchu. Gdy zdarzenie sklasyfikowane jest jako uderzenie pioruna, blok oceny statystycznej dokonuje oszacowania odległości do czoła burzy.

Algorytm detekcji wyładowań wykorzystuje trzy kroki:

1. Walidacja sygnału – decyzja, czy wykryty sygnał jest w istocie wyładowaniem atmosferycznym.
2. Obliczenie energii uderzenia – wyznaczenie całkowitej energii pojedynczego zdarzenia
3. Statystyczna estymacja odległości od wyładowania – ocena odległości uderzenia na podstawie danych statystycznych i obliczonej energii uderzenia.

W przypadku, gdy odebrany sygnał nie ma charakterystyki kształtu związanego z wyładowaniem atmosferycznym, walidacja sygnału kończy się automatycznie niepowodzeniem i zdarzenie jest klasyfikowane jako inne zakłócenie. W takim przypadku obliczenia energii i statystyczne szacowanie odległości nie są wykonywane, a czujnik automatycznie powraca do trybu nasłuchu.

Najkrótszy czas między dwoma uderzeniami pioruna, które AS3935 może wykryć i zanalizować, wynosi około jednej sekundy. Gdy sygnał zostanie zaklasyfikowany jako zakłócenie, czujnik jest dezaktywowany na dalsze 1,5 sekundy. Ponieważ czas trwania sygnałów zakłócających może się zmieniać, czas przestoju czujnika uniemożliwia wielokrotne wyzwalenie czujnika z powodu dłuższych zakłóceń.

Podczas fazy walidacji sygnału analizowany jest jego kształt i przebieg. Czujnik rozróżnia sygnały naturalne i sztuczne zakłócenia. Algorytm dyskryminacji impulsów może być konfigurowany za pomocą rejestrów konfiguracyjnych w systemie. Zmiany w tym zakresie pozwalają uczynić system

Listing 1.

```
#include <SPI.h>
#include <AS3935.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define LCD_pin 5 // pin do którego podłączony jest wyświetlacz
#define CS_pin 3 // pin do którego podłączona jest linia CS detektora
#define IRQ_pin 2 // pin do którego podłączone jest przerwanie z detektora

const int NoDetect=30;
int counter;
int NumDisturber=0;

SoftwareSerial LCD = SoftwareSerial(0, LCD_pin);

void printAS3935Registers();

// Prototyp funkcji zapewniającej komunikację poprzez SPI z układem
// AS3935. Zdefiniowana jest poniżej. Funkcja wymagana jest przez bibliotekę
// układu do komunikacji. To użytkownik musi ją zaimplementować, dzięki czemu
// biblioteka dla AS3935 jest w dużej mierze agnostyczna dla sprzętu.
// Biblioteka wymaga funkcji o dokładnie takiej sygnaturze, nie może to być
// metoda żadnej klasy w C++, jak jest z większością funkcji w bibliotekach Arduino.
// Upewnij się, że funkcja ta nie używa pinu CS - biblioteka zajmuje się nim sama.

byte SPITransfer(byte sendByte);

int tuneCap; // zmienna dla wartości rejestru kalibracyjnego

// Obsługa przerwania dla AS3935. Zmienne definiowane w przerwaniu muszą
// posiadać słowo kluczowe volatile, inaczej program może nie skompilować
// się poprawnie z uwagi na optymalizację kodu.
void AS3935Irq();

// Pierwszy parametr - funkcja do transferu przez SPI transfer function,
// Drugi parametr - pin Arduino, wykorzystany jako linia CS
// Trzeci parametr - pin Arduino wykorzystany jako linia IRQ.
// Dobrze jest wykorzystać do przerwania pin, który zdefiniowano do takiego zastosowania,
// dzięki temu możliwe jest wykorzystanie wbudowanej funkcji attachInterrupt
// w szkicu, do wykrywania przerwania. Biblioteka wewnętrznie sprawdza wartość tego pinu
// podczas kalibracji.
AS3935 AS3935(SPITransfer, CS_pin, IRQ_pin);

void setup(){
    serLCDInit();
    backlightOn();
    clearLCD();
    lcdPosition(0,3);
    LCD.print("Lightning");
    lcdPosition(1,5);
    LCD.print("Sensor");
    delay(1500);
    clearLCD();

    Serial.begin(9600);
    // Najpierw uruchamiamy SPI, potem ustawiamy parametry
    SPI.begin();
    // układ korzysta z trybu SPI MODE1
    SPI.setDataMode(SPI_MODE1);
    // Maksymalny zegar SPI dla tego układu 2 MHz,
    // ale nigdy nie ustawiamy zegara na 500 kHz
    // gdyż na tej częstotliwości działa detektor
    // wyładowań i prowadzić może to do interferencji.
    SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV16);
    // Układ wysyła najpierw bit MSB.
    SPI.setBitOrder(MSBFIRST);
    // Zresetujemy wszystkie wewnętrzne rejestry do stanu domyślnego.
    AS3935.reset();
    delay(10);
    AS3935.setOutdoors();
    // Zapisujemy wartość 2 w rejestrze odpowiedzialnym za poziom szumów
    AS3935.registerWrite(AS3935_NF_LEV,2);
    // i uruchamiamy kalibrację.
    // Jeśli układ nie będzie mógł zestroić obwodu odbiorczego z wymaganą tolerancją, to
    // funkcja kalibracyjna zwróci wartość fałszywą. Inaczej zwróci true.
    if(!AS3935.calibrate()){
        Serial.println("Strojenie się nie powiodło. Sprawdź okablowanie i sensor.");
        // Teraz możemy pobrać i wyświetlić wartość rejestru kalibracyjnego TUN_CAP
        // który będzie w zakresie od 0 do 15.
        tuneCap=AS3935.registerRead(AS3935_TUN_CAP); // Wewnętrzna kalibracja.
        Serial.print("Rejestr kondensatora strojącego wynosi ");
        Serial.println(tuneCap);
        // Możemy także poinformować AS3935, że znajdujemy się na dworze. Odkomentujmy kolejną linię
        // AS3935.setOutdoors();
        // Dalej musimy uruchomić wykrywanie wyładowań atmosferycznych.
        AS3935.enableDisturbers();
        // raz wypisać wartość rejestrów konfiguracyjnych.
        printAS3935Registers();
        attachInterrupt(0,AS3935Irq,RISING);
    }

    void loop(){
        // W głównej petli sprawdzamy, czy przerwało zostało wyzwolone. Jest to trochę
        // kontrproduktywne - nie tak powinny działać przerwania, ale tak jest zrealizowane to w Arduino.
        // Normalnie można by oprzeć się na sprzętowym przerwaniu, a cały układ uspić na czas
        // oczekiwania na przerwanie, aby zredukować pobór mocy.

        // Większość kodu obsługi znajduje się w funkcji obsługującej przerwanie,
        // w głównej petli programu piszemy jedynie o oczekiwaniu na wyzwolenie,
        // aby upewnić się, że program działa cały czas poprawnie.
        delay(1000);
        Serial.println("Oczekiwanie...");
        if (counter==0){
            NumDisturber=0;
            counter=NoDetect;
            clearLCD();
            lcdPosition(0,1);
            LCD.print("Brak wyładowania");
            lcdPosition(1,4);
            LCD.print("wykryto");
        } else {
```

mniej podatnym na zakłócenia kosztem czułości – system ustawiony jako bardziej odporny na zakłócenia będzie miał większe problemy z wykrywaniem wyładowań znajdujących się daleko.

Jeśli odebrany sygnał zostanie sklasyfikowany jako błyskawica, obliczana jest jego energia. Wynik obliczenia energii jest następnie zapisywany w rejestrach układu.

Wartość ta jest tylko bezwymiarową liczbą i nie ma fizycznego znaczenia – to tylko estymator wyznaczony na podstawie odebranego sygnału. Jest on potrzebny do oszacowania odległości od wykrytego wyładowania.

Finalnie AS3935 generuje szacunkową odległość do czoła wykrytej burzy. Ocena ta odbywa się na podstawie analizy statystycznej. Blok szacowania odległości to miejsce,

w którym analiza ta jest prowadzona. Blok ten estymuje odległość od czoła burzy na podstawie danych statystycznych, zebranych z pewnej liczby poprzednich wykrytych zdarzeń. Algorytm automatycznie usuwa stare dane z pamięci. Szacowana odległość jest zapisywana w rejestrze układu i odpowiada odległości od czoła burzy w kilometrach. Sam algorytm szacowania odległości od burzy

Listing 1. cd.

```

        counter=counter - 1;
    }
}

void printAS3935Registers(){
    int noiseFloor = AS3935.getNoiseFloor();
    int spikeRejection = AS3935.getSpikeRejection();
    int watchdogThreshold = AS3935.getWatchdogThreshold();
    Serial.print("Poziom szumu wynosi: ");
    Serial.println(noiseFloor,DEC);
    Serial.print("Poziom odrzucania szpilek wynosi: ");
    Serial.println(spikeRejection,DEC);
    Serial.print("Próg watchdoga wynosi: ");
    Serial.println(watchdogThreshold,DEC);
}

// To pełna implementacja funkcji do transferu poprzez SPI, która podawana jest do
// biblioteki AS3935. Można to zmienić na własną implementację komunikacji.
byte SPITransfer(byte sendByte){
    return SPI.transfer(sendByte);
}

// To jest funkcja obsługująca przerwanie z AS3935. Nic nie zwraca i nie przyjmuje
// żadnych argumentów. Kod tutaj powinien być krótki i wykonywać się szybko.
void AS3935Irq(){
    // Cały kod, odpowiedzialny za wyświetlanie informacji na LCD przesunięty został do przerwania.
    // Pierwszym krokiem jest sprawdzenie co jest źródłem przerwania, jak tylko informacja o nim
    // dojdzie. Po odczytaniu rejestru przerwania pin IRQ przejdzie w stan niski.
    int irqSource = AS3935.interruptSource();
    // Wartość ta definiuje co jest źródłem przerwania:
    // 0 - zbyt wysoki poziom szumu
    // 2 - wykryto zakłócenie
    // 3 - wykryto wyładowanie atmosferyczne.
    if (irqSource & 0b0001) Serial.println("Poziom szumu zbyt wysoki, spróbuj zmienić ustawienie poziomu szumu.");

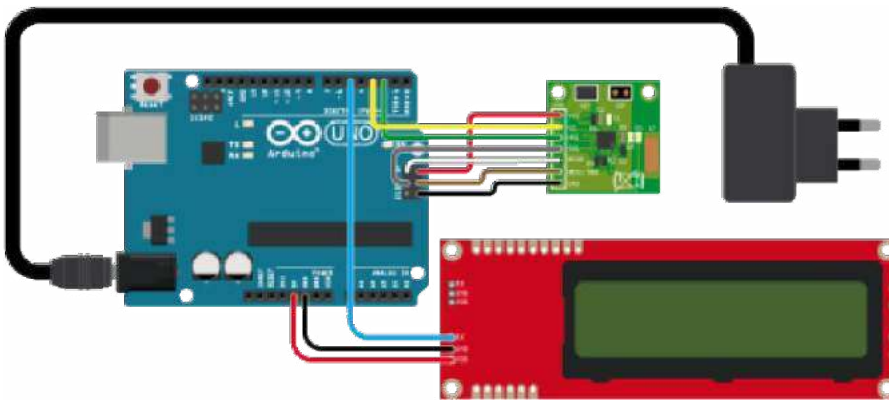
    if (irqSource & 0b0100){
        NumDisturber+=1;
        Serial.println("Wykryto zakłócenie");
        clearLCD();
        lcdPosition(0,0);
        LCD.print("Liczba wyładowań: ");
        LCD.print(NumDisturber,DEC);
        counter=NoDetect;
    }

    if (irqSource & 0b1000){
        // W tym przypadku uzyskać musimy nie tylko informacje o tym, że wykryto wyładowanie, a także
        // ile ich wykryto, ale także o odległości od wyładowania w kilometrach, gdzie 1 to burza
        // poniżej minimalnej odległości detekcji, a 63 to wyładowanie powyżej granicy. Wszystkie
        // pozostałe wartości, to odległość w kilometrach.
        int strokeDistance = AS3935.lightningDistanceKm();
        if (strokeDistance == 1){
            Serial.println("Burza znajduje się nad Tobą, uważaj!");
            lcdPosition(1,1);
            Serial.println("Burza nad Tobą");
            lcdPosition(1,3);
            Serial.println("UWAŻAJ!");
            counter=NoDetect;
        }

        if (strokeDistance == 63){
            Serial.println("Wykryto wyładowanie poza zasięgiem detekcji.");
            lcdPosition(0,2);
            Serial.println("Poza zasięgiem");
            lcdPosition(1,0);
            Serial.println("wykryto wyładowanie");
            counter=NoDetect;
        }

        if (strokeDistance < 63 && strokeDistance > 1){
            Serial.print("Wykryto wyładowanie w odległości ");
            Serial.print(strokeDistance,DEC);
            Serial.println(" kilometrów.");
            lcdPosition(1,0);
            LCD.print("Odległość: ");
            LCD.print(strokeDistance,DEC);
            LCD.print(" km");
            counter=NoDetect;
        }
    }
}
}

```



Rysunek 2. Schematyczne przedstawienie podłączenia modułu z detektorem wyładowań atmosferycznych, wyświetlacza LCD i modułu Arduino

Tabela 1. Spis połączeń pomiędzy modułem Arduino a płytką detektora wyładowań atmosferycznych

Numer pinu w Arduino	Nazwa sygnału	Numer pinu w module detektora
Pin 2 gniazda ICSP 2	VCC – zasilanie	1
D3	CS	2
D2	IRQ	3
Pin 3 gniazda ICSP 2	SCL	4
Pin 1 gniazda ICSP 2	MISO	5
Pin 4 gniazda ICSP 2	MOSI	6
Pin 6 gniazda ICSP 2	GND – masa	7

Tabela 2. Spis połączeń pomiędzy modułem Arduino a płytką wyświetlacza LCD

Numer pinu w Arduino	Nazwa sygnału
5 V	VCC – zasilanie
D5	RX
GND	GND – masa

jest wbudowany w układ i nie jest dostępny z zewnątrz.

Podłączenie do Arduino

Układ AS3935 wymaga jedynie podłączenia kilku linii, aby działać. Do układu podłączyć trzeba oczywiście masę i zasilanie, interfejs SPI, a także dodatkową linię – przerwanie (oznaczone IRQ na rysunku 1). Na tym pinie detektor burzy wystawia stan wysoki w momencie, gdy wykryte zostaje wyładowanie atmosferyczne.

Listę połączeń pomiędzy detektorem (którego schemat pokazano na rysunku 1) i modułem Arduino zawarto w tabeli 2. Dodatkowo, do modułu Arduino, podłączony został wyświetlacz LCD połączony poprzez interfejs szeregowy.

Na rysunku 2 schematycznie zaprezentowano połączenia opisane w tabeli 1

oraz tabeli 2. Pamiętać oczywiście należy, że duża część z opisanych powyżej połączeń nie jest niezmienna – piny takie jak CS czy programowo generowany interfejs szeregowy mogą być podpięte do innego wyprowadzenia mikrokontrolera, jeżeli tylko odpowiednio skonfiguruje się to w kodzie programu.

Oprogramowanie

Zadaniem modułu Arduino Uno jest analiza sygnału dostarczanego przez czujnik, przetworzenie go i wyświetlenie na wyświetlaczu LCD poprzez port szeregowy. System prezentuje szereg informacji na temat wyładowania: liczbę wykrytych wyładowań elektrycznych, które można uznać za jego odgałęzienia oraz szacowaną odległość od wyładowania.

Aby sterować wyświetlaczem szeregowym, użyto biblioteki do emulowania portu szeregowego SoftwareSerial.h, która

umożliwia zwolnienie sprzętowego portu UART dla innych aplikacji, które go potrzebują. Płytkę czujnika jest podłączona przez magistralę SPI. Interfejs ten pozwala na odbieranie wszystkich danych z sensora i wysyłanie informacji konfiguracyjnych. Dzięki algorytmom przetwarzania sygnału radiowego, zaimplementowanym w układzie, Arduino nie musi prowadzić już żadnej analizy sygnału.

/CS (sygnał aktywny na niskim poziomie logicznym) jest obsługiwany przez wyjście cyfrowe 3 modułu Arduino. Skonfigurowane jest w szkicu jako wyjście. Wejście przerwania – IRQ – jest natomiast podłączone do cyfrowego wejścia numer 2 Arduino. Linia IRQ powiadamia Arduino o możliwej detekcji wyładowania przez układ. Gdy IRQ wraca do zera logicznego, następuje przerwa co najmniej 2 ms przed ponownym odczytaniem rejestru.

Wyświetlacz LCD jest zasilany z Arduino przez linie 5 V i GND dla zasilania i sterowany z cyfrowego pinu 5, ustawionego jako wyjście. Z pomocą tego pinu system wysyła szeregowo dane sterujące do wyświetlacza RX poprzez interfejs UART.

Na listingu 1 zaprezentowano kod programu. Wykorzystuje on dwie zewnętrzne biblioteki, z których jedną trzeba pobrać i zainstalować w Arduino – AS3935.h, która pobrana może być tutaj: <http://bit.ly/2NVmKnH>.

Zazwyczaj powiadomienie o burzy jest wyświetlane wraz z liczbą wykrytych zdarzeń w czasie krótszym niż 60 sekund. Jeśli w ciągu 60 sekund nie zostaną wykryte żadne wyładowania atmosferyczne, zostanie wyświetlone powiadomienie o tym fakcie. Jeśli w rejestrze układu scalonego dostępna jest odległość od wyładowania, to ta informacja jest również wyświetlana w drugim wierszu, z komunikatem o treści: Liczba wyładowań: X, gdzie X wskazuje liczbę wykrytych wyładowań. Poniżej można zobaczyć: Odległość: N km, gdzie N to szacowana odległość od wyładowania w kilometrach. Jeśli odległość jest niższa niż minimalna odległość wykrywania (1 km), wyświetlacz pokazuje napis „Burza nad Tobą” a w drugiej linii „UWAŻAJ!”. Analogicznie system informować będzie o wykryciu wyładowania poza maksymalnym zasięgiem detekcji (ok. 60 km).

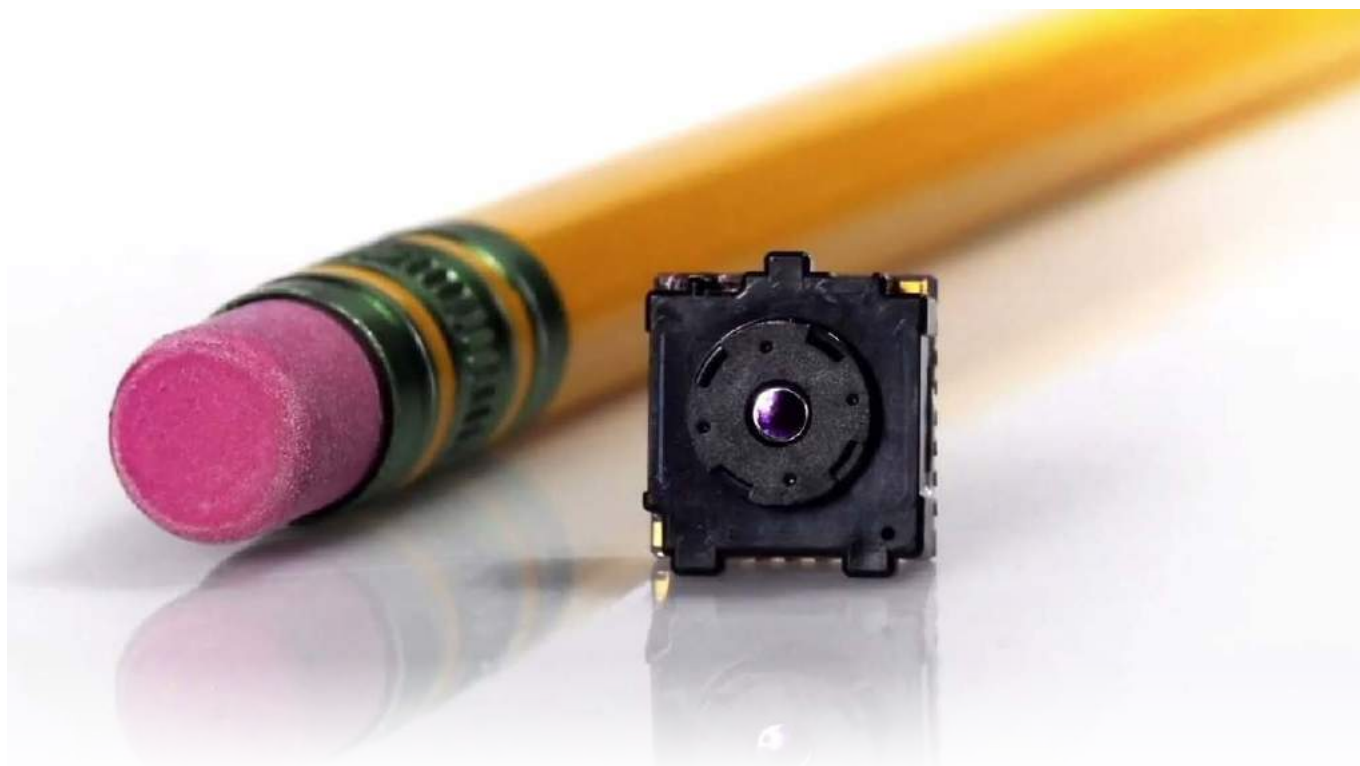
Nikodem Czechowski

1. <http://bit.ly/2L8NOge>

2. <http://bit.ly/2Ljsmhx>

REKLAMA

<https://sklep.avt.pl>



Kamera termiczna oparta na Raspberry Pi

Obserwacja świata w podczerwieni to fascynująca sprawa. Niestety nasze oczy nie rejestrują tego fragmentu pasma promieniowania elektromagnetycznego, więc skazani jesteśmy na wykorzystywanie specjalnych kamer. Urządzenia te są zazwyczaj dosyć drogie, dlatego też studenci z politechniki w Michigan postanowili skonstruować własne, otwarte urządzenie tego typu. Grupa kierowana przez dr. Joshue Pearce'a opracowała otwarty projekt kamery termalnej, wykorzystującej komputer jednopłytkowy Raspberry Pi i moduł kamery podczerwonej FLIR Lepton.

Obrazowanie rozkładu temperatury – termografia – ma wiele zastosowań w różnych dziedzinach: przemyśle, nauce czy medycynie. Termografia polega na obrazowaniu w zakresie średniej podczerwieni, to jest od 9 do 14 μm . Każde ciało emituje promieniowanie elektromagnetyczne, najczęściej w zakresie podczerwieni, o długości fali odwrotnie proporcjonalnej do jego temperatury. Emisja z maksimum przypadającym na zakres średniej podczerwieni odpowiada temperaturom najczęściej spotykanym w naszym otoczeniu.

Urządzenia do obrazowania w podczerwieni są zazwyczaj bardzo drogie. Aby jednak skorzystać z tej technologii na uczelni, zespół dr. Pearce'a skonstruował własną kamerę termiczną na bazie modułu kamery podczerwonej Lepton firmy FLIR.

Jest to ekonomiczny moduł do zastosowań w sprzęcie przenośnym i konsumenckim.

Elementy składowe układu

Autorzy użyli pierwszej generacji komputera Raspberry Pi – wersji B+, do budowy opisanego urządzenia. Jednak każda inna wersja Raspberry będzie odpowiednia do tej kamery i napisanego oprogramowania, wymagając jedynie minimalnych poprawek. Wszystkie elementy składowe zebrano w tabeli 1.

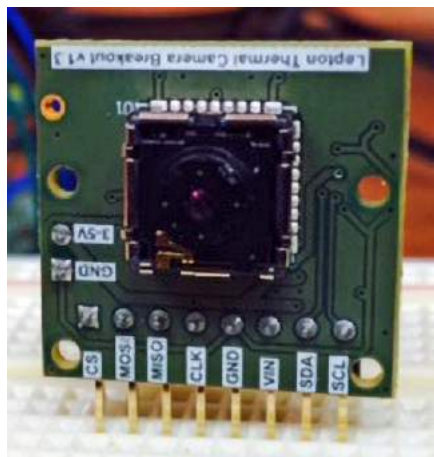
Przygotowywanie karty SD

Na początek musimy przygotować odpowiednio kartę SD dla komputera Raspberry Pi, aby mógł poprawnie działać. Do tego potrzebny będzie nam zwykły komputer PC,

wyposażony w czytnik kart SD. W pierwszej kolejności musimy sformatować kartę i umieścić na niej instalator systemu operacyjnego dla Raspberry Pi. Do formatowania karty możemy użyć jednego z dedykowanych do tego celu programów. Autor konstrukcji wskazuje program Formatter for Windows i opis w artykule dotyczy tego programu.

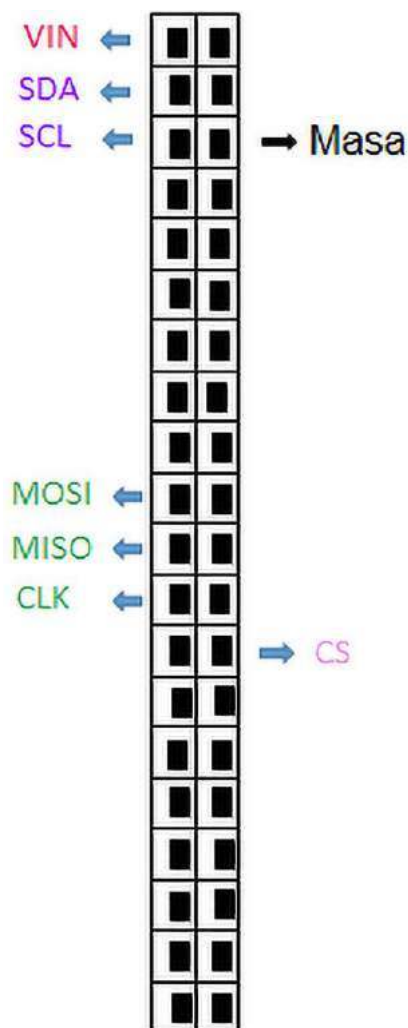
Po pobraniu i zainstalowaniu programu możemy w komputerze umieścić kartę SD i uruchomić zainstalowany program. Następnie wybieramy opcję FORMAT SIZE ADJUSTMENT, czyli formatowanie z dostosowaniem wielkości karty SD. Jeśli opcja jest zaznaczona, to możemy kliknąć OK i przejść dalej. W polu „Drive” wybieramy literę dysku skojarzoną z naszą kartą SD. Jeśli w komputerze zainstalowany mamy tylko jeden czytnik kart, z jedną kartą, to oprogramowanie automatycznie wykryje literę dysku, pod którą znajduje się karta. Po ustawieniu wszystkich parametrów możemy nacisnąć przycisk Format i potwierdzić to, naciskając OK w kolejnych okienkach, które będą się pojawiać. Po chwili oczekiwania karta microSD zostanie sformatowana.

Kolejnym krokiem jest instalacja systemu operacyjnego z wykorzystaniem pakietu NOOBS. Należy pobrać najnowszą wersję



Rysunek 1. Moduł FLIR Lepton na płytce z wyprowadzeniami wszystkich sygnałów

pakietu w postaci pliku ZIP (w chwili pisania artykułu jest to 3.0.1). NOOBS najprościej pobrać z oficjalnej witryny www.raspberrypi.org. Po pobraniu paczki zawartość musimy wypakować na czystą kartę microSD, którą sformatowaliśmy w poprzednim kroku. Możemy teraz włożyć kartę microSD do Raspberry Pi, podłączyć myszkę i klawiaturę oraz ekran (np. telewizor poprzez port



Rysunek 2. Schemat wyprowadzeń 40-pinowego złącza Raspberry Pi. Oznaczono piny, które trzeba podłączyć do modułu kamery

Tabela 1. Elementy potrzebne do budowy kamery termicznej z modułem FLIR Lepton

Moduł kamery termowizyjnej	FLIR Lepton
Raspberry Pi	Model B+ lub wyższy
Zasilacz 5 V	Z wtyczką microUSB i wydajnością prądową nie mniejszą niż 700 mA
Karta microSD	Minimalna pojemność 8 GB, rekomendowane 32 GB, jeśli chcemy nagrywać więcej filmów w podczerwieni. Karta powinna być co najmniej klasy 4
Klawiatura	Z USB
Myszka	Z USB
Kabel HDMI	
Połączenie z siecią	Kablowe połączenie Ethernet lub połączenie bezprzewodowe, po dołożeniu do komputera karty Wi-Fi na USB

HDMI). Po uruchomieniu systemu postępujemy zgodnie z poleceniami na ekranie, instalując system operacyjny Raspbian.

Podłączenie FLIR Lepton do Raspberry Pi

Kolejnym krokiem jest podłączenie do komputera modułu kamery FLIR Lepton. Warto kupić moduł Lepton w postaci modułu deweloperskiego – od razu przylutowanego do płytki drukowanej, z wyprowadzonymi wszystkimi niezbędnymi sygnałami na złączach szpilkowych. W ten sposób możemy połączyć moduł kamery z komputerem przy użyciu płytki stykowej lub zwork. Moduł z kamerą FLIR Lepton pokazano na **rysunku 1**. Moduł z kamerą potrzebuje do komunikacji dwóch interfejsów szeregowych – SPI do przesyłania danych oraz I²C do przesyłania informacji kontrolnych. Komputer Raspberry Pi wyposażony jest w oba te interfejsy oraz duże wsparcie programistyczne do tworzenia oprogramowania w postaci gotowych bibliotek do języków takich jak C i Python.

Raspberry Pi ma 40-pinowe złącze, na którym wyprowadzono m.in. linie interfejsów SPI oraz I²C, a także zasilanie i masę. Na **rysunku 2** pokazano, gdzie znajdziemy poszczególne sygnały SPI (MOSI, MISO, CLK i CS) oraz I²C (SDA i SCL). Łączymy je w wybrany przez siebie sposób z odpowiadającymi

sygnałami po stronie modułu z kamerą termowizyjną. Pamiętajmy, aby dołączać moduł do kamery po odłączeniu zasilacza od Raspberry Pi. Na **rysunku 3** pokazano podłączony moduł z kamerą na płytce stykowej. Po podłączeniu wszystkiego do komputera Raspberry Pi możemy ponownie uruchomić komputer (podłączyć zasilanie do portu microUSB) i przejść do konfiguracji.

W pierwszej kolejności musimy podłączyć Internet – poprzez kabel (Ethernet) lub Wi-Fi. W zależności od tego, w jaki sposób podłączamy nasz moduł Raspberry Pi do Internetu, sposób konfiguracji będzie inny. Po podłączeniu do sieci musimy zaktualizować wszystkie komponenty systemu. W tym celu należy uruchomić terminal i po kolei wpisać komendy:

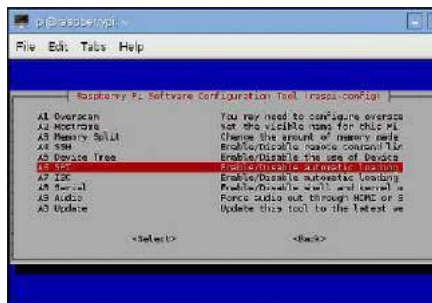
```
sudo apt-get update
sudo apt-get dist-upgrade
```

Pozwoli to zaktualizować informacje na temat najnowszych wersji pakietów w programie APT, który służy do instalacji oprogramowania na systemie Raspbian, a następnie zaktualizować wszystkie pakiety w naszym systemie operacyjnym do najaktualniejszych wersji. Dla zachowania bezpieczeństwa systemu powinniśmy co jakiś czas taką czynność powtarzać.

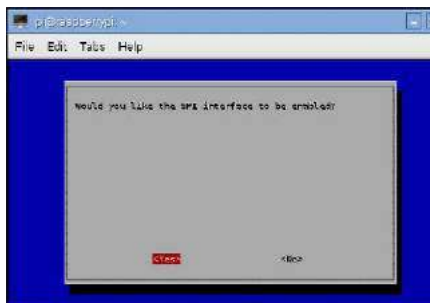
Kolejnym krokiem, po aktualizacji systemu, jest konfiguracja sprzętowych portów Raspberry Pi – SPI oraz I²C. Domyślnie,



Fotografia 3. Moduł FLIR Lepton na płytce stykowej, połączony z Raspberry Pi



Rysunek 4a. Opcja SPI w raspi-config



Rysunek 4b. Okno potwierdzenia uruchomienia interfejsu SPI



Rysunek 4c. Okno z informacją o uruchomieniu SPI

po instalacji świeżej kopii systemu operacyjnego interfejsy te są wyłączone. Aby je uruchomić, w terminalu wpisujemy:

```
sudo raspi-config
```

Uruchomi się narzędzie do konfiguracji naszego komputera. Wybieramy „Advanced Options” a tam wybieramy SPI, potwierdzamy, naciskając YES i klikamy w kolejnym oknie OK (patrz **rysunek 4**). Następnie potwierdzamy chęć automatycznego ładowania modułu jądra ze sterownikiem interfejsu SPI i potwierdzamy nasz wybór (patrz **rysunek 5**). Analogicznie postępujemy z ustawieniami dla I²C. Teraz w menu głównym konfiguratora wybieramy opcję *finish* i resetujemy

komputer (konfigurator zapyta nas, czy chcemy go ponownie uruchomić).

Instalacja potrzebnego oprogramowania

Po skonfigurowaniu komputera możemy przystąpić do instalacji potrzebnego oprogramowania. W pierwszej kolejności musimy zainstalować bibliotekę Qt wraz z zestawem narzędzi deweloperskich do tworzenia graficznego interfejsu użytkownika. Aby zainstalować pakiet narzędzi deweloperskich, w terminalu wpisujemy komendę:

```
sudo apt-get install qt4-dev-tools
```

Podczas instalacji zostaniemy zapytani, czy chcemy ją kontynuować. Potwierdzamy,

naciskając klawisz „y”, co pozwoli APT pobrać i następnie zainstalować ten pakiet wraz z wszystkimi jego zależnościami i wymaganymi bibliotekami. Kolejnym krokiem jest pobranie oprogramowania kamery, któremu przyjrzymy się dokładniej w dalszej części artykułu. Oprogramowanie, w postaci pliku .zip możemy pobrać z repozytorium na GitHubie. Archiwum należy wypakować, by uzyskać dostęp do plików. W tym celu, w folderze, w którym chcemy trzymać pliki tego projektu, wprowadzamy w terminalu następujące komendy:

```
wget https://github.com/groupgets/LeptonModule/archive/master.zip
```

```
unzip master.zip
```

Możemy także skorzystać z wbudowanego w system klienta gita i sklonować repozytorium na Raspberry Pi, wpisując w docelowym folderze w terminalu komendę:

```
git clone https://github.com/groupgets/LeptonModule.git
```

Następnie możemy przejść do folderu *master/raspberrypi_video/leptonSDKEmb32PUB* i skompilować gotowy program, wpisując w terminalu po kolei:

```
make
cd /home/pi/master/raspberrypi_video
qmake && make
sudo ./raspberrypi_video
```

gdzie */home/pi/master/raspberrypi_video* to folder, w którym znajduje się pobrane przez nas wcześniej repozytorium. W ten sposób skompilowaliśmy i uruchomiliśmy oprogramowanie dedykowane do obsługi kamery FLIR Lepton. Jednakże, jako profesjonalści, musimy zajrzeć do środka kodu i przeanalizować najważniejsze jego bloki, aby zrozumieć, jak działa ten software.

Kod programu do obsługi kamery FLIR Lepton

Pierwszym plikiem, jakiemu warto się przyjrzeć, jest *main.cpp*, zaprezentowany na **listingu 1**. Program korzysta z dwóch plików nagłówkowych *LeptonThread.h* oraz *MyLabel.h*, oprócz oczywiście plików nagłówkowych samego Qt. W pierwszym z nich znajduje się kod obsługujący kamerę Lepton – definicja wątku pobierającego dane z kamery, a także funkcje, pozwalające

Listing 1. Plik *main.cpp*

```
#include <QApplication>
#include <QThread>
#include <QMutex>
#include <QMessageBox>

#include <QColor>
#include <QLabel>
#include <QDebug>
#include <QString>
#include <QPushButton>

#include „LeptonThread.h”
#include „MyLabel.h”

int main( int argc, char **argv )
{
    // utworzenie nowej aplikacji
    QApplication a( argc, argv );

    QWidget *myWidget = new QWidget;
    // ustawienie pozycji (400, 300) i wielkości (340, 290) okna
    myWidget->setGeometry(400, 300, 340, 290);

    // utworzenie miejsca na obraz
    QImage myImage;
    myImage = QImage(320, 240, QImage::Format_RGB888);
    QRgb red = qRgb(255,0,0); // definicja koloru czerwonego w RGB
    // górny lewy róg aplikacji wypełniony jest na czerwono
    for(int i=0;i<80;i++) {
        for(int j=0;j<60;j++) {
            myImage.setPixel(i, j, red);
        }
    }

    // utworzenie nowej etykiety i ustawienie jej obrazu w oknie
    MyLabel myLabel(myWidget);
    // ustawienie pozycji (10, 10) i wielkości (320, 240) w oknie
    myLabel.setGeometry(10, 10, 320, 240);
    myLabel.setPixmap(myImage);

    // utworzenie przycisku FFC
    QPushButton *button1 = new QPushButton(„Perform FFC”, myWidget);
    button1->setGeometry(320/2-50, 290-35, 100, 30);

    // utworzenie osobnego wątku do zbierania danych po SPI
    // gdy wątek zada sygnał updateImage, etykieta zaktualizuje się
    LeptonThread *thread = new LeptonThread();
    QObject::connect(thread, SIGNAL(updateImage(QImage)), &myLabel,
        SLOT(setImage(QImage)));

    // połączenie przycisku FFC z wątkiem wykonującym akcję
    QObject::connect(button1, SIGNAL(clicked()), thread, SLOT(performFFC()));
    thread->start();

    myWidget->show();

    return a.exec();
}
```

na wydawanie urządzeniu komend, takich jak wykonanie FFC. W drugim pliku natomiast znajduje się definicja etykiety Qt z obrazem, co umożliwi jego prezentację, jednakże analiza tego pliku nie jest tutaj niezbędna, gdyż to, co nas najbardziej interesuje, to komunikacja z kamerą – framework i sposób prezentacji danych, to kwestia wtórna.

Przesył danych z kamery odbywa się poprzez interfejs SPI. W pliku *LeptonThread.cpp* znajduje się m.in. definicja metody *run()* z obiektu wątku do obsługi kamery Lepton.

Definicję tej funkcji pokazano na **listingu 2**. Metoda *run()* po uruchomieniu inicjalizuje interfejs SPI, a następnie odczytuje pewną liczbę pakietów (`PACKETS_PER_FRAME` zdefiniowane w pliku jako 60). W przypadku wystąpienia tzw. drop packet, informującego o zatrzymaniu lub braku transmisji, licznik pakietów zostaje zresetowany do zera. 750 takich resetów powoduje reset całego systemu, włącznie z ponowną inicjalizacją portu SPI w układzie. Po poprawnym odebraniu wszystkich pakietów ramki wektor

results przekazywany jest do dalszej funkcji, która ustawia każdy piksel obrazka *myImage* metodą *setPixel(kolumna, rzqd, kolor)*. Jednocześnie obrazek jest normalizowany tak, aby optymalnie pokryć całą przestrzeń barwną. Iterując po wszystkich pikselach, algorytm odnajduje najmniejszą i największą wartość z kamery (odpowiednio *minValue* i *maxValue*). Na podstawie tych wartości wyznaczana jest rozpiętość temperatury ($\text{diff} = \text{maxValue} - \text{minValue}$), która po podzieleniu przez nią liczby 255 (liczba kolorów w obrazie) daje

Listing 2. Definicja metody *run()*

```
void LeptonThread::run()
{
    // utwórz początkowy obraz
    myImage = QImage(80, 60, QImage::Format_RGB888);

    // otwórz port SPI
    SpiOpenPort(0);

    while(true) {

        // odczytywanie pakietów danych z kamery poprzez SPI
        int resets = 0;
        for(int j=0; j<PACKETS_PER_FRAME; j++) {
            // jeżeli odebrany pakiet jest typu „drop”, musimy zresetować komunikację oraz
            // ustawić j = -1, aby w kolejnej iteracji po inkrementacji było znowu zerem
            read(spi_cs0_fd, result+sizeof(uint8_t)*PACKET_SIZE*j, sizeof(uint8_t)*PACKET_SIZE);
            int packetNumber = result[j*PACKET_SIZE+1];
            if(packetNumber != j) {
                j = -1;
                resets += 1;
                usleep(10000);
                // 750 resetów to arbitralny limit, jako że nie powinno się nigdy wydarzyć, aby
                // przerwa w transmisji była tak długa dla tej częstotliwości czytania z kamery
                // Czytając z kamery częściej, okazać się może, że limit ten zostanie jednakże
                // łatwo przekroczony, co zostanie od razu oznaczone jako utrata synchronizacji
                if(resets == 750) {
                    SpiClosePort(0);
                    usleep(750000);
                    SpiOpenPort(0);
                }
            }
        }
        if(resets >= 30) {
            qDebug() << „Zakończono odczyt, resetuje: „ << resets;
        }

        framebuffer = (uint16_t *)result;
        int row, column;
        uint16_t value;
        uint16_t minValue = 65535;
        uint16_t maxValue = 0;

        for(int i=0; i<FRAME_SIZE_UINT16; i++) {
            // pomijamy pierwsze 4 bajty każdej ramki (to nagłówek) - są to dwie wartości typu uint16_t
            if(i % PACKET_SIZE_UINT16 < 2) {
                continue;
            }

            // zamiana MSB z LSB
            int temp = result[i*2];
            result[i*2] = result[i*2+1];
            result[i*2+1] = temp;

            value = framebuffer[i];
            if(value > maxValue) {
                maxValue = value;
            }
            if(value < minValue) {
                minValue = value;
            }
            column = i % PACKET_SIZE_UINT16 - 2;
            row = i / PACKET_SIZE_UINT16 ;
        }

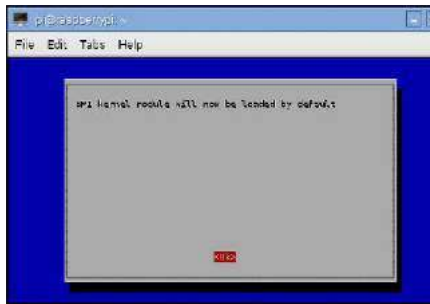
        float diff = maxValue - minValue; // rozpiętość wartości
        float scale = 255/diff; // skala do normalizacji danych na obrazie
        QRgb color;
        for(int i=0; i<FRAME_SIZE_UINT16; i++) {
            if(i % PACKET_SIZE_UINT16 < 2) {
                continue;
            }
            value = (framebuffer[i] - minValue) * scale;
            const int *colormap = colormap_ironblack; // mapa kolorów wykorzystana do obrazka
            color = qRgb(colormap[3*value], colormap[3*value+1], colormap[3*value+2]);
            column = (i % PACKET_SIZE_UINT16) - 2;
            row = i / PACKET_SIZE_UINT16;
            myImage.setPixel(column, row, color);
        }

        // emisja sygnału dla interfejsu w Qt, który mówi, że można aktualizować obrazek
        emit updateImage(myImage);
    }

    // finalnie - zamknięcie portu SPI
    SpiClosePort(0);
}
```



Rysunek 5a. Okno z pytaniem o uruchamianie modułu jądra z obsługą SPI przy starcie systemu



Rysunek 5b. Potwierdzenie domyślnego ładowania modułu

Listing 3. Definicja m.in. funkcji `lepton_perform_ffc()` przy wykorzystaniu funkcji z SDK FLIR Lepton

```
#include "Lepton_I2C.h"
// biblioteki oficjalnego SDK do kamer Lepton
#include "leptonSDKEmb32PUB/LEPTON_SDK.h"
#include "leptonSDKEmb32PUB/LEPTON_SYS.h"
#include "leptonSDKEmb32PUB/LEPTON_Types.h"

bool _connected;
LEP_CAMERA_PORT_DESC_T _port;

// funkcja do połączenia się z kamerą
int lepton_connect() {
    LEP_OpenPort(1, LEP_CCI_TWI, 400, &_port);
    _connected = true;
    return 0;
}

// funkcja uruchamiająca normalizację FFC w kamerze
void lepton_perform_ffc() {
    if(!_connected) {
        lepton_connect();
    }
    LEP_RunSysFFCNormalization(&_port);
}

// tutaj dodać można więcej funkcji z SDK
```

nam skalę ($scale = 255/diff$) użytą do normalizacji (wartość tego piksela:

$value = (frameBuffer[i] - minValue) * scale$,

gdzie `frameBuffer` to bufor całej ramki obrazu). Gdy już cały obraz zostanie

znormalizowany i załadowany do `myImage`, wyemitowany zostaje sygnał dla interfejsu Qt, informujący o tym, że obraz wyświetlany na ekranie może zostać zaktualizowany.

W `LeptonThread.cpp` znajdziemy także odwołanie do funkcji `lepton_perform_ffc()`.



Rysunek 6a. Obraz o wysokiej jednorodności (normalny)



Rysunek 6b. Obraz ziarnisty (szum o dużej częstotliwości przestrzennej)

Służy ona do uruchomienia funkcji FFC – rekalkulacji sensora, mającej na celu poprawienie jednorodności jego pracy. FFC uruchamiać należy w momencie, gdy obraz, jaki widzimy, przypomina środkowy lub prawy obraz, pokazany na **rysunku 6**. Implementacja funkcji `lepton_perform_ffc()` znajduje się w pliku `Lepton_I2C.cpp`, który pokazany jest na **listingu 3**. Funkcja `lepton_perform_ffc()` uruchamia jedynie połączenie z kamerą Lepton (poprzez interfejs I²C) i wykorzystuje funkcję z SDK, które dostarcza FLIR, wraz z samą kamerą. W pliku `Lepton_I2C.cpp` oraz `Lepton_I2C.h` zaimplementować można oczywiście i inne funkcje, jakie dostępne są w SDK.

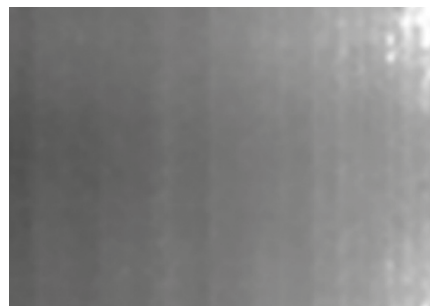
Podsumowanie

W powyższym artykule przedstawiliśmy ciekawy projekt amatorskiej kamery termowizyjnej, opartej na sensorze FLIR Lepton. Sensor ten nie jest tanim elementem – w zależności od wersji i tego, czy jest zainstalowany na gotowej płytce PCB, kosztuje od kilkuset, do nawet 1,5 tysiąca złotych – to i tak jest o wiele tańsze rozwiązanie, niż dedykowana kamera termowizyjna. Dodatkowo, dzięki standardowym interfejsom – SPI oraz I²C – moduł ten z łatwością może zostać podłączony do dowolnego mikrokontrolera, płytki rozwojowej czy komputera jednopłytkowego. Ogromna elastyczność modułu i łatwość jego oprogramowania, dzięki dedykowanemu SDK, jest jego ogromną zaletą.

Nikodem Czechowski

Źródła:

1. <http://bit.ly/2YIg7FN>
2. <http://bit.ly/32gyrIg>



Rysunek 6c. Obraz plamisty (szum o małej częstotliwości przestrzennej)

REKLAMA

już w październiku nowa odsłona strony

www.ep.com.pl



Dozymetr wzorowany na projekcie Open Geiger

Po pamiętnej awarii nuklearnej w Fukushima, na fali ogólnej paniki i wobec braku sensownej cenowo alternatywy, postanowiłem wykonać swój własny dozymetr. Zacząłem od teorii, czyli nieco dogłębniejszego poznania zasady działania takich instrumentów. Tu bardzo pomocną okazała się książka „Radiation Detection and Measurement, 3rd edition” (Glenn F. Knoll, 2000). Nieco później przypadkowo znalazłem w sieci bardzo ciekawy japoński projekt Open Geiger, jego twórca (Takuma Mori) wykonał naprawdę kawał dobrej roboty www.opengeiger.com.

Strona projektu Open Geiger dostępna jest w japońskiej wersji językowej, ale jej tłumaczenie z translatora okazało się wystarczająco czytelne. Autor opracował i udostępnił z zastrzeżeniem warunków zawartych w licencji MIT kilka wersji detektorów promieniowania, opartych na popularnej tubie SBM-20. Różnią się one funkcjonalnością i przewidywanym obszarem zastosowań. Najbardziej rozbudowany z nich to GM-01A i właśnie ten wziąłem na warsztat. Nie jest to tylko licznik Geigera ale tytułowy dozymetr, czyli miernik zliczający dawkę pochłoniętą. Na stronie projektu zamieszczone są wszystkie informacje potrzebne do jego samodzielnego powielenia, począwszy od schematów i rysunków PCB,

poprzez pełne źródła programów, na plikach umożliwiających wydrukowanie obudowy za pomocą drukarki 3D skończywszy. Skontaktowałem się z Takumą i okazało się, że można od niego kupić gotowe, zmontowane i uruchomione płytki PCB (bez deficytowych tub GM) w dosyć przystępnej cenie. Niestety koszty przesyłki kurierskiej z Japonii i ewentualnego cła okazały się bardzo wysokie.

Poza tym to nie honor kupić gotową płytkę...

Budowa

Opracowałem swoją wersję dozymetru, zainspirowany projektem Open Geiger, i w dużej mierze jest on z nim zgodny. W części sprzętowej mój wkład pracy ogranicza się

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5691

Podstawowe parametry:

- współpraca z tubami GM typu SBM-20 i STS-5,
- zakres pomiarowy mocy dawki: 0,04...1050 $\mu\text{Sv/h}$ (4 automatycznie przełączane podzakresy),
- szybka reakcja na gwałtowne zmiany poziomu promieniowania,
- akustyczna sygnalizacja detekcji kwantu promieniowania z nastawialnym progiem alarmu (0,3...1,2 $\mu\text{Sv/h}$) oraz chwilowego poziomu promieniowania,
- napięcie zasilania 3 V (2xAAA), pobór prądu ok 3,5 mA

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-3214 Dozymetr analogowy – kolejny licznik G-M (Edw 12/2017)
AVT-5485 Licznik Geigera-Mueller'a o dużej czułości (EP 1/2015)

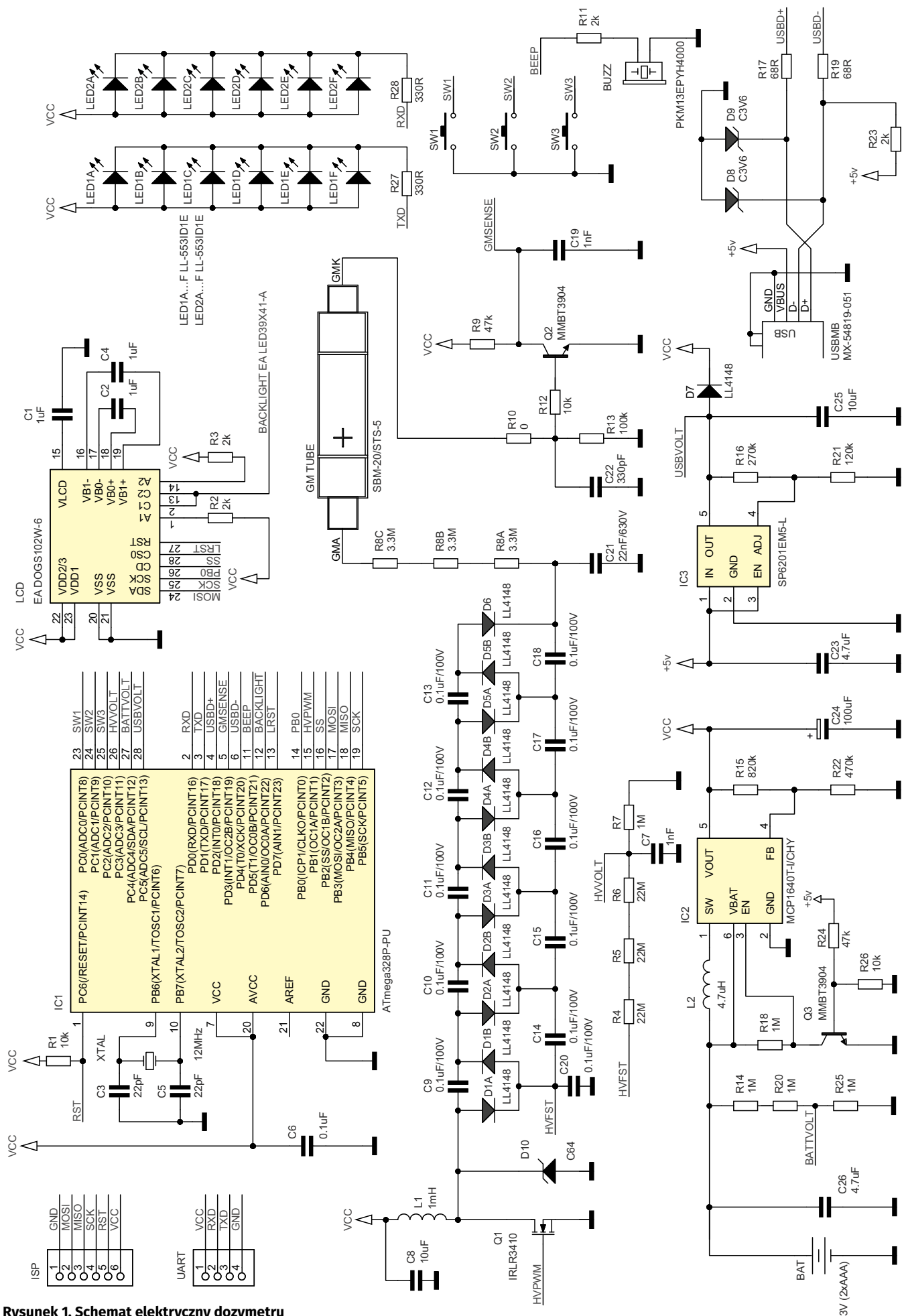
* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie włożyć w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wmontowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
<http://sklep.avt.pl>, w przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Schemat elektryczny dozymetru

przede wszystkim do zaprojektowania nowej płytki PCB, gabarytami dopasowanej do posiadanej obudowy typu BOS600. Niestety zastosowany w projekcie wyświetlacz LCD (102×64 typu DOGS102-6E) okazał się trochę za mały na to, aby ładnie wpasować się w okienko tejże obudowy. Konieczne okazało się wstawienie pomiędzy nimi dodatkowej maskownicy wyciętej z czerwonego pleksiglasu o grubości 1,5 mm. Przy krótszych bokach tej przesłony dołożyłem opcjonalną sygnalizację zakresów pomiarowych za pomocą dwóch linijek czerwonych diod LED.

Zmodyfikowałem schemat i podmieniłem kilka elementów na inne. Schemat finalny pokazany jest na **rysunku 1**. W miejsce stosunkowo kosztownej tuby SBM-20 przewidziałem możliwość zastosowania jej tańszego i łatwiej dostępnego odpowiednika typu STS-5. Pewne kontrowersje może wzbudzić zastosowanie i sposób włączenia diody D10. Dodałem ją w celach prewencyjnych po tym, jak w trakcie prac nad programem przypadkowo doszło do uszkodzenia tranzystora Q1. Ta dioda to transil o niewielkim prądzie wstecznym i tak dobranym napięciu progowym, aby nie wpływało na normalne działanie układu. Na płytce przewidziałem dla niej miejsce, ale jako element opcjonalny może zostać pominięta w trakcie montażu.

Wykaz elementów:

Rezystory:

R1, R12, R26: 10 kΩ SMD0603
R2, R3, R11, R23: 2 kΩ SMD0603
R4, R5, R6: 22 MΩ SMD1206
R7, R14, R18, R20, R25: 1 MΩ SMD0603
R9, R24: 47 kΩ SMD0603
R10: 0 Ω SMD0603
R13: 100 kΩ SMD0603
R15: 820 kΩ SMD0603
R16: 270 kΩ SMD0603
R17, R19: 68 Ω SMD0603
R21: 120 kΩ SMD0603
R22: 470 kΩ SMD0603
R27, R28: 330 Ω SMD1206
R8A, R8B, R8C: 3,3 MΩ SMD1206

Kondensatory:

C1, C2, C4: 1 μF SMD0603
C3, C5: 22 pF SMD0603
C6: 100 nF SMD0603
C7, C19: 1 nF SMD0603
C8, C25: 10 uF SMD0805
C9...C18, C20: 100 nF/100 V SMD1206
C21: 22 nF/630 V
C22: 330 pF SMD0603
C23, C26: 4,7 μF SMD0805
C24: 100 μF/16 V

Półprzewodniki:

D10: transil C64
LED1A...LED1F, LED2A...LED2F: dioda LED czerwona kwadratowa (LL-553ID1E)
D1...D7: LL4148
D8, D9: dioda Zenera 3,6 V
Q1: IRLR3410 T0252
Q2, Q3: MMBT3904 SOT23
IC1: ATmega328P-PU
IC2: MCP1640T-I/CHY
IC3: SP6201EM5-L SOT23-5
LCD: EA DOGS102W-6
podświetlenie wyświetlacza LCD
- EA LED39X41-A

Inne:

L1: 1 mH
L2: 4,7 μH SMD
XTAL: Rezonator 12 MHz
BUZZ: Buzzer piezo
SW1...SW3: Mikroswitch
GM TUBE: SBM-20
ISP, UART: goldpin
USBMB: Mini USB
BAT: Koszyk na bat. 2×AAA
podstawki: pod procesor i wyświetlacz
LCD
obudowa typ BOS600 (firmy BOPLA)

W części sprzętowej projektu dokonałem jeszcze jednej dosyć istotnej, a w konstrukcjach amatorskich często pomijanej aranżacji. Otóż tubę GM umieściłem w cienkościennej rurce aluminiowej odcinającej promieniowanie beta oraz w pewnym stopniu wyrównującej jej charakterystykę dla kwantów promieniowania gamma o różnych energiach. Dokładne wytłumaczenie tego i wielu innych aspektów związanych z detekcją promieniowania można znaleźć we wspomnianej na wstępie książce.

Znacznie większe zmiany poczyniłem w oprogramowaniu, bo autor projektu z jakiegoś bliżej nieznanego mi powodu zrezygnował na przykład z korekty czasu martwego tuby GM. Taką korektę zaimplementowałem w programie, z możliwością jej czasowej dezaktywacji (co powinno mieć miejsce jedynie w wyjątkowych sytuacjach!). A jest ona absolutnie niezbędna, ponieważ w celach testowych rozszerzyłem zakres pomiarowy mocy dawki promieniowania prawie do maksimum dla tuby SBM-20, wynoszącego 1440 μSv/h. Zakres ten został podzielony na 4 podzakresy przełączane automatycznie wraz z sygnalizacją ich przekroczenia. Przy takim natłoku impulsów docierających do tuby GM (a mówimy tu o wartościach rzędu 150000 CPM) gubi ona już prawie połowę z nich, co teoretycznie nadrabia właśnie korekta. Funkcja ta włącza się samoczynnie, gdy błąd pomiaru spowodowany czasem martwym zaczyna przekraczać 1%. Trochę to sztuka dla sztuki, bo dokładność liczników GM w najlepszym wypadku wynosi około 20%, a i to tylko w odniesieniu do konkretnego izotopu użytego do ich kalibracji. Natomiast przyjęte w programie współczynniki konwersji CPM/μSv/h to wartości średnie, wyliczone z czułości dla izotopów Cs-137 i Co-60. Należy o tym pamiętać, tym niemniej do zastosowań hobbystycznych takie uproszczenie wydaje się wystarczająco dokładne.

Przeprowadzenie w warunkach amatorskich dokładnej kalibracji za pomocą źródeł promieniowania o odpowiedniej aktywności jest mało realne. Namiastką takich testów przeprowadziłem przy użyciu pseudolosowych ciągów impulsów uzyskanych z programowanego generatora. Potwierdziły one poprawność działania korekty od strony obliczeń matematycznych, ale nie dały odpowiedzi na pytanie, na ile parametry tub GM są zgodne z tymi podanymi w kartach katalogowych. Dlatego wskazania w pobliżu końca zakresu pomiarowego należy traktować raczej z przymrużeniem oka.

Pozostałe zmiany, jakie wykonałem w programie:

- szybki tryb pomiarowy (aktualizacja wskazań wyświetlacza w interwałach jednosekundowych, bez uśredniania wyników z kilku pomiarów) z bargrafem

i tonem o zmieniającej się częstotliwości. Funkcja ta przydaje się przy poszukiwaniu minerałów radioaktywnych,

- oddzielnie współczynniki konwersji CPM/μSv/h i zadawanie różnych napięć zasilania dla tub SBM-20 i STS-5 (bo jednak ich parametry trochę się różnią),
- obliczanie CPS (z uwzględnieniem korekcji),
- wykresy (słupkowy i graficzny),
- pamięć wartości maksymalnej (kasowana dopiero po wyjęciu baterii),
- obliczanie aktualnej stopy błędu,
- zegar czasu pracy dozymetru,
- dodatkowe informacje diagnostyczne pojawiające się na LCD.

Plus poprawki znalezionych błędów oraz inne drobne funkcjonalności i usprawnienia. Było kilka niespodzianek – jedna objawiała się równo po 10 godzinach (!) od momentu włączenia zasilania w postaci częściowego wygaszenia wyświetlacza. Po dłuższych poszukiwaniach winowajcą okazał się za „krótki” w stosunku do wyświetlanych treści bufor LCD. Przed napisaniem tego artykułu skompilowałem ponownie oprogramowanie pod najnowszy obecnie (luty 2019 roku) tolchained dla procesorów AVR (GCC 8.2.0). Dało to wymierną korzyść w postaci wyłapania paru drobnych nieścisłości w oryginalnym kodzie źródłowym, czego starsze wersje kompilatora nie wykrywały. A także w postaci dużo lepszej optymalizacji i w efekcie kodu wynikowego tylko niewiele dłuższego od pierwowzoru (pomimo większej jego funkcjonalności). Pozostało jeszcze około 4 kB wolnej pamięci i być może jeszcze kiedyś coś tam dorzucę. Czytelników zainteresowanych uzyskaniem rozwojowej wersji oprogramowania proszę o kontakt za pośrednictwem Redakcji.

Podstawowe parametry z uwzględnieniem moich modyfikacji:

- współpraca z tubami GM typu SBM-20 (współczynnik konwersji 150 CPM/μSv/h, napięcie zasilania 400 V) i STS-5 (współczynnik konwersji 175 CPM/μSv/h, napięcie zasilania 390 V),

REKLAMA

Specjalistyczne szkolenia dla elektroników i automatyków



techdays@techdays.pl
TECHDAYS.PL

techdays@techdays.pl
TECHDAYS.PL

CERTYFIKOWANY PARTNER SZKOLENIOWY

- zakres pomiarowy mocy dawki: 0,04...1050 $\mu\text{Sv/h}$ (4 automatycznie przełączane podzakresy),
- szybka reakcja na gwałtowne zmiany poziomu promieniowania (wzrost lub spadek),
- optyczna sygnalizacja: załączenia i przekroczenia zakresu pomiarowego (LED+LCD), bufora próbek, zakończenia cyklu pomiarowego, niepewności pomiaru, aktywności korekcji (LCD),
- akustyczna sygnalizacja detekcji kwantu promieniowania z nastawialnym progiem alarmu (0,3...1,2 $\mu\text{Sv/h}$) oraz chwilowego poziomu promieniowania z możliwością jej wyłączenia (konfigurowana z poziomu menu),
- obsługa za pomocą trójp przyciskowej klawiatury i menu ekranowego (graficzny wyświetlacz LCD 102×64 z podświetleniem w kolorze bursztynowym,

sterowany poprzez magistralę SPI. Dostępne są dwa kroje czcionki ekranowej: systemowa i Sans Serif),

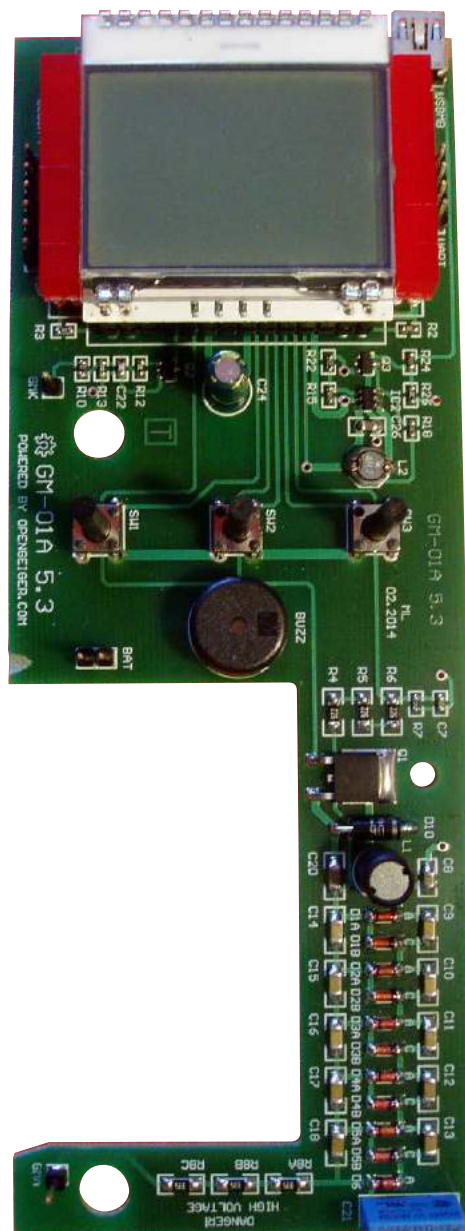
- funkcja POWER SAVE ograniczająca pobór prądu z baterii zasilającej (wyłączenie wyświetlacza i podświetlenia po 10 sekundach od momentu naciśnięcia dowolnego przycisku),
- napięcie zasilania 3 V (2×AAA),
- pobór prądu 3,5 mA (przy tle naturalnym).

Opis działania

Tryby pracy dozymetru:

- HOME:** średnia z 5 ostatnich cykli pomiarowych (każdy cykl składa się co najmniej z 16 próbek). Wskazania: $\mu\text{Sv/h}$, mSv/y, CPM, CPS, wykres słupkowy, wykres graficzny,
- LONG:** średnia z ostatnich 10 minut. Wskazania: $\mu\text{Sv/h}$, mSv/y, CPM, CPS, wykres słupkowy, wykres graficzny, bargraf. Dodatkowo generowany jest ton o częstotliwości rosnącej wraz ze wzrostem poziomu promieniowania,
- INFO:** pamięć wartości maksymalnej. Wskazania: $\mu\text{Sv/h}$, mSv/y, CPM, CPS, stopa błędu, zegar czasu pracy,
- DOSE:** dawka pochłonięta. Wskazania: $\mu\text{Sv/mSv}$, czas ekspozycji,
- DEBUG:** informacje diagnostyczne. Wskazania: status oprogramowania, identyfikator urządzenia i aktywność USB, napięcie baterii, napięcie zasilania tuby GM, współczynnik wypełnienia przebiegu PFM.

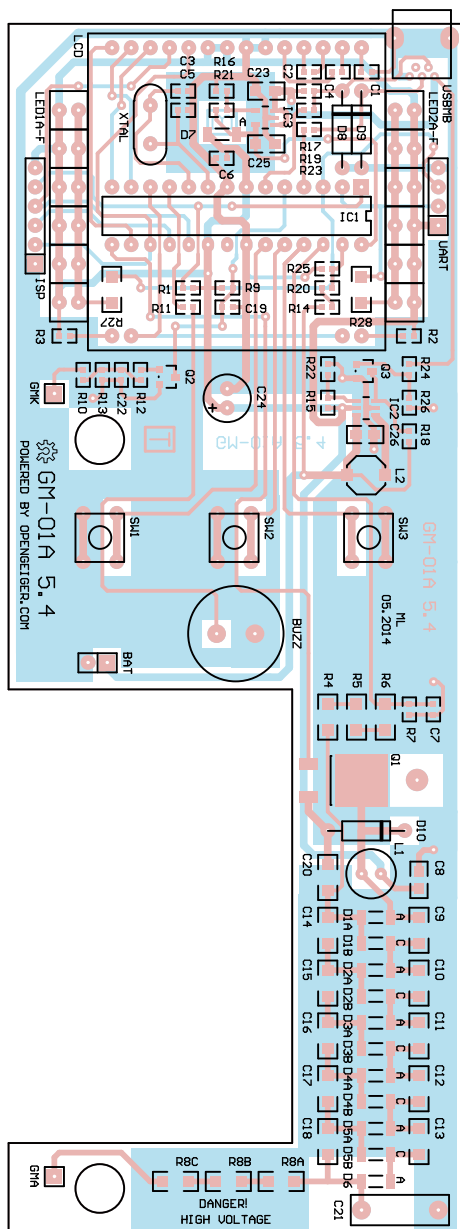
Całość elektroniki zasilana jest napięciem o wartości 3,3 V uzyskiwanym z dwóch niezależnych źródeł. Przy zasilaniu baterijnym (2 paluszki typu AAA) jest ono wytwarzane przez przetwornicę podwyższającą IC2 (MCP1640T). Radykalne zmniejszenie poboru prądu pobieranego z baterii udało się uzyskać głównie dzięki zastosowaniu dynamicznej zmiany częstotliwości taktowania procesora IC1 (ATMEGA328P), uzależnionej od aktualnego trybu pracy. W stanie czuwania lub w stanie POWER SAVE częstotliwość ta wynosi 187,5 kHz, a w czasie normalnej pracy 3 MHz. W takich warunkach, przy włączonym na stałe podświetleniu wyświetlacza i w obecności naturalnego tła promieniowania (około 0,1 $\mu\text{Sv/h}$) średni pobór prądu waha się w granicach 3,5 mA. Po podłączeniu dozymetru do portu USB przetwornica IC2 zostaje zablokowana, a zasilanie układu przełącza się z baterijnego na to pobierane z portu. Pochodzące z portu napięcie 5 V zostaje obniżone do wymaganej wartości przez stabilizator LDO typu SP6201EM5-L (IC3). W tym trybie pracy częstotliwość taktowania procesora wzrasta do 12 MHz, co podyktowane jest uzyskaniem odpowiedniej



Fotografia 3. Widok zmontowanej płytki

mocy obliczeniowej potrzebnej do programowej obsługi stosu USB, zaimplementowanego w programie.

Wysokie napięcie (400 V/390 V) zasilające tubę GM wytwarzane jest w sposób programowy, tu konieczne okazały się niewielkie poprawki w oryginalnym sofcie i pewne zmiany sprzętowe. Procesor steruje kluczem MOSFET (ze względu na niskie napięcie zasilania jest to tranzystor Logic Level typu IRLR3410) cyklicznie załączającym dławik o indukcyjności 1 mH. Ten użyty pierwotnie w projekcie nie sprawdził się, dlatego z braku dławika SMD o dużym prądzie nasycenia i niskiej rezystancji ostatecznie zastosowałem dławik THT. Dalej jest kilkunastopiniowy powielacz napięcia i kondensator filtrujący o pojemności 22 nF. Rezystor R8x wpięty szeregowo z tubą GM złożyłem z 3 połączonych ze sobą standardowych rezystorów SMD o maksymalnym napięciu pracy wynoszącym 200 V. Przede wszystkim



Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

ze względów bezpieczeństwa, celem uniknięcia jego uszkodzenia przez wysokie napięcie. W ten sposób ograniczyłem również ewentualny niekorzystny wpływ dużej wilgotności otoczenia (mój dozymetr użytkowany jest głównie w terenie). Zasilacz ten pomimo swojej prostoty ma wydajność prądową wystarczającą do pracy tuby w całym założonym zakresie pomiarowym. Jedyny problem mógłby stanowić czas reakcji procesora na gwałtowne zmiany prądu obciążenia, w najgorszym przypadku wynoszący 200 ms. Przeprowadzone próby pokazały jednak, że problem ten praktycznie nie występuje. Stosowne symulacje przeprowadziłem przy użyciu sztucznego obciążenia kluczowanego wspomnianym wcześniej generatorem impulsów.

Jak już nadmieniałem, procesor komunikuje się ze światem zewnętrznym poprzez programowo zrealizowaną (biblioteka V-USB) magistralę USB. Również tą drogą odbywa się aktualizacja firmware (wbudowany bootloader zgodny z USBasp. Aktywacja: należy wyjąć baterie zasilające i trzymając wciśnięte oba skrajne przyciski, podłączyć kabel do gniazda USB). Niezależnie od niej dostępny jest także dwukierunkowy port RS-232 (aktualnie niewykorzystany) oraz złącze ISP służące do programowania procesora. Na stronie projektu dostępne

są kody źródłowe i gotowe pliki wykonywalne prostych programów terminalowych, umożliwiających komunikację komputera z GM-01A a także wizualizację odczytywanych z niego danych.

Montaż i uruchomienie

Płytkę urządzenia wraz z rozmieszczeniem elementów pokazuje **rysunek 2**. Montaż nie wymaga szerszego komentarza, jedynie po wlutowaniu komponentów SMD wskazane jest usunięcie z płytki resztek topnika. Zmontowana płytka widoczna jest na **fotografii 3**. Aby uzyskać ładny efekt końcowy, więcej uwagi warto poświęcić obróbce mechanicznej obudowy. Dlatego przy wierceniu otworów w jej płycie czołowej posłużyłem się wcześniej przygotowanym szablonem. Dodatkowo w przedniej części wyciąłem prostokątne okienko dla gniazda USB, tu podobnie jak przy otworach wskazane jest zachowanie pewnego „luzu” w stosunku do jego gabarytów.

Tubę GM owinałem cienką pianką i umieściłem na wcisk w dociętej na wymiar rurce aluminiowej. Tę z kolei przykleiłem do wnętrza obudowy za pomocą mocnej i nieprzewodzącej prądu taśmy klejącej. Koszyk na baterie zabezpieczyłem przed przesuwaniem się we wnętrzu obudowy za pomocą paska pianki przyklejonej do zamykającej ją klapki. W planach

miałem jeszcze wykonanie naklejki na płytę czołową obudowy z membrankami nad przyciskami, ale zeszło to na dalszy plan.

Uruchomienie układu sprowadza się do pomiaru napięcia wyjściowego przetwornicy IC2 oraz stabilizatora IC3 i w dalszej kolejności do zaprogramowania pamięci FLASH procesora. Pierwszy raz należy posłużyć się dowolnym programatorem dla procesorów AVR podłączonym do złącza ISP, ustawienia fusebitów podane są na stronie projektu. Można również po prostu wyjąć procesor z podstawki i zaprogramować go w sposób tradycyjny przy użyciu zewnętrznego dedykowanego programatora. Teraz będzie można już korzystać z dobrodziejstw oferowanych przez wbudowany w oprogramowanie bootloader i aktualizować firmware za pomocą typowego złącza USB. Niezbędne do tego celu oprogramowanie i sterowniki (AVRDUDE i libusb0.sys dla systemu Windows) znajdują się na stronie projektu, jednak zalecam ściągnięcie z Internetu ich aktualniejszych wersji.

Obsługa dozymetru za pomocą menu ekranowego jest intuicyjna, pomimo komunikatów wyświetlanych w języku angielskim. W razie wątpliwości natury teoretycznej można zerknąć do rekomendowanej już książki.

Mariusz Lehmann

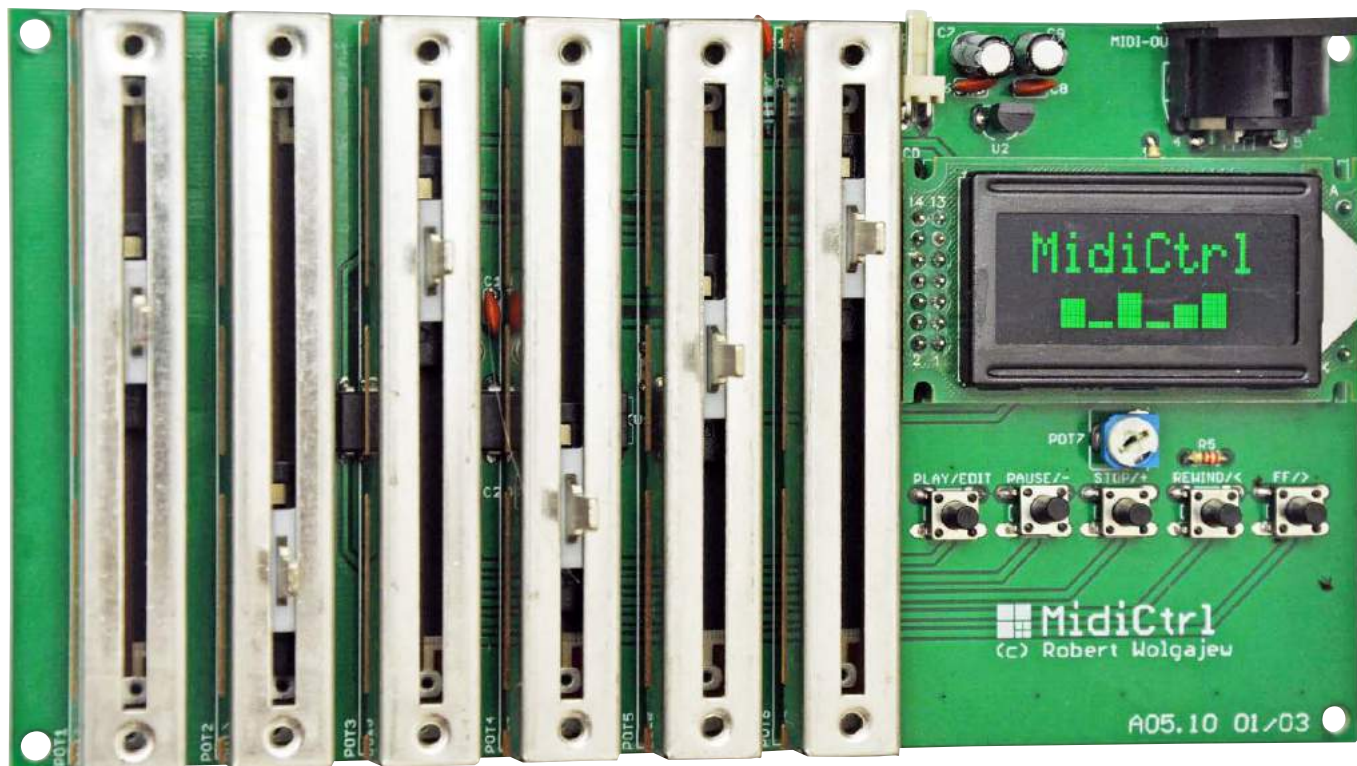
KONKURS



Wygraj zestaw Microchip SAM L21 Xplained Pro Evaluation Kit



Firma Microchip organizuje konkurs dla czytelników „Elektroniki Praktycznej”, w ramach którego można wygrać zestaw Microchip SAM L21 Xplained Pro Evaluation Kit (model ATSAML21-XPRO-B). Zestaw SAM L21 Xplained Pro Evaluation Kit pozwala na testowanie i prototypowanie rozwiązań opartych na mikrokontrolerach z rodziny SAM L21, wyposażone w rdzeń ARM Cortex M0+. Są to innowacyjne, niezwykle energooszczędne podzespoły, wykonane w technologii picoPower, dzięki czemu mają najniższe w swojej klasie zużycie prądu, na poziomie 25 uA/MHz w trybie aktywnej pracy i 100 nA w trybie uśpienia. Na wybudzenie układu do trybu aktywnej pracy wystarcza jedynie 1,2 uS. Ponadto układy SAM L21 mają wbudowany kontroler interfejsu dotykowego, wbudowane mechanizmy zabezpieczeń i wiele innych zalet. Aby wziąć udział w konkursie, wystarczy zarejestrować się pod adresem: <http://bit.ly/2JM4Pex>



MidiCtrl

– prosty sterownik MIDI

W swojej praktyce inżynierskiej kilkakrotnie podejmowałem wyzwanie skonstruowania różnorodnych urządzeń audio wyposażonych w prosty interfejs MIDI. Dotyczyło to zwłaszcza tych urządzeń, które zdradzały konotacje estradowe. Wynika to z faktu, że mając do dyspozycji wspomniany interfejs komunikacyjny, możemy zautomatyzować proces produkcji dźwięku, czyniąc go w pełni powtarzalnym. Nie bez znaczenia jest też fakt, że MIDI, mimo że choć wymyślone w latach 80., jest na tyle uniwersalne, iż z powodzeniem wykorzystują je najnowsze urządzenia estradowe. W praktyce prawie każde urządzenie estradowe korzysta z dobrodziejstw tego medium transmisyjnego. Jednym z powodów użycia technologii MIDI jest szeroka dostępność i uniwersalność takich sterowników. Jako że czasami zdarza mi się stosować elektroniczne urządzenia muzyczne (np. syntezatory), wygodne byłoby zaopatrzenie się w jakiś prosty, sterownik MIDI, który ułatwi zapanowanie nad dziesiątkami parametrów edycyjnych, wszak nie zawsze mają one odzwierciedlenie w postaci rzeczywistych elementów regulacyjnych na panelu urządzenia.

Zanim jednak przejdziemy do opisu prezentowanego urządzenia, należy, choćby pokrótce, przypomnieć sobie podstawowe informacje na temat tego dość leciwego, jednak świetnie pomyślanego standardu.

Podstawowe informacje o MIDI

Interfejs MIDI jest szeregowym interfejsem komunikacyjnym pracującym z szybkością

31250 ($\pm 1\%$) bits/s, w którym dane przesyłane są w paczkach po 8 bitów, z jednym bitem startu i jednym bitem stopu, bez bitów kontroli parzystości. Układ wejściowy interfejsu MIDI wykonuje się zwykle przy użyciu szybkiego transoptora (6N138), który zamienia prąd w linii (ok. 5 mA) na przebiegi napięciowe, zaś interfejs wyjściowy z wykorzystaniem pary rezystorów ograniczających

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5692

Podstawowe parametry:

- Liczba obsługiwanych kontrolerów MIDI: 128
- Liczba obsługiwanych komunikatów MMC: 5
- Liczba obsługiwanych identyfikatorów urządzeń: 128
- Liczba obsługiwanych kanałów MIDI: 16
- Zasilanie: 7,5...9 VDC, 100 mA

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

- AVT-5594 Konwerter MIDI-SPI (EP 7/2017)
- AVT-960 Płyta ewaluacyjna i klawiatura muzyczna MIDI (EP 12/2006)
- AVT-842 Asynchroniczny konwerter RS232-MIDI (EP 12/1999)

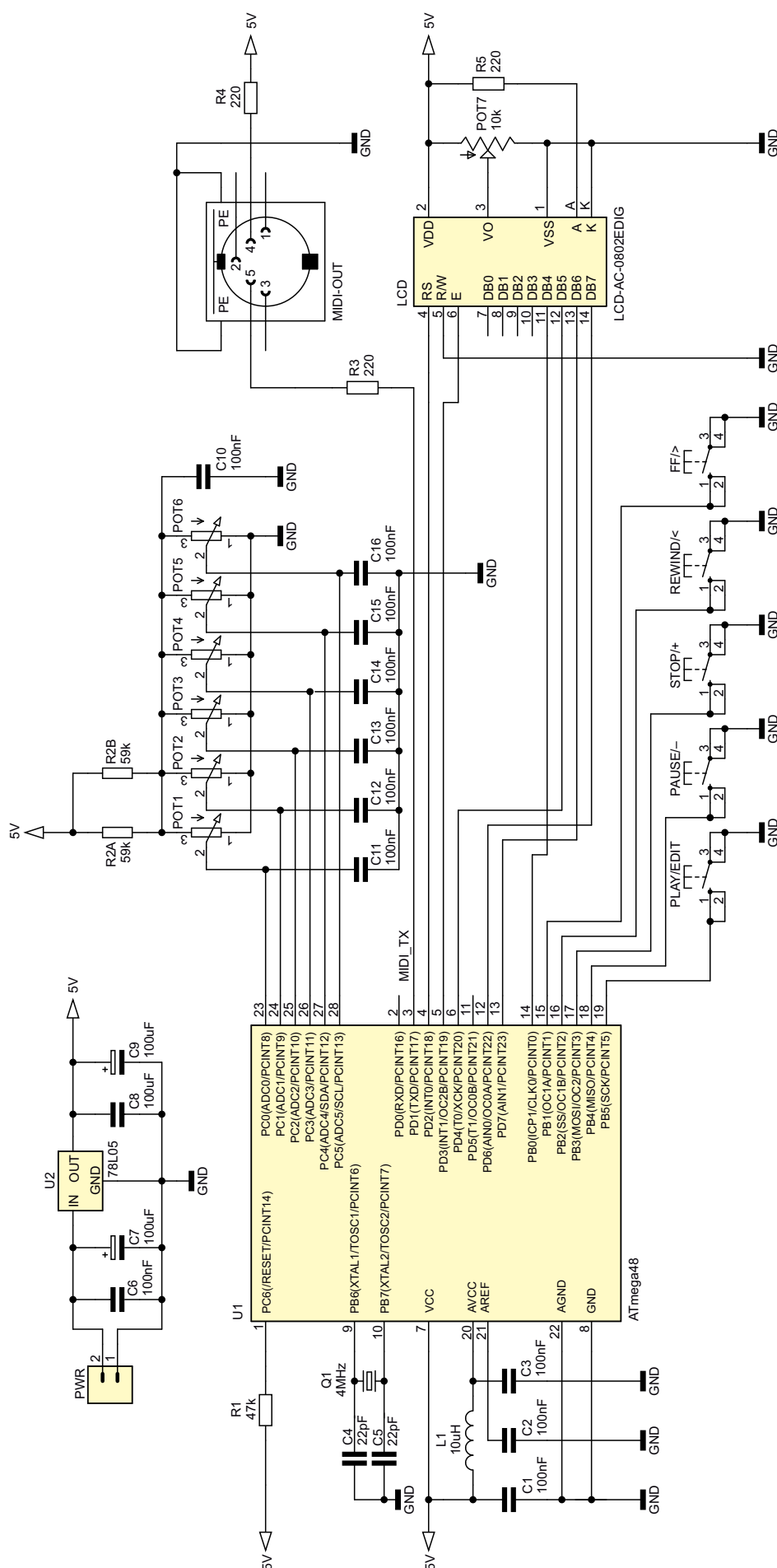
Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytką drukowaną bez elementów i dokumentacji
- wersja [A+] – płytką drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Schemat ideowy sterownika MIDI

Wykaz elementów:**Rezystory:** (obudowy miniaturowe, 1/8 W)

R1: 47 kΩ

R2A, R2B: 59 kΩ 1%

R3..R5: 220 Ω

POT1..POT6: potencjometr suwakowy 50 kΩ typu POT50K/B-SUWD (wym. 88×12,5×11 mm, posuw suwaka 60 mm)

POT7: potencjometr montażowy leżący 10 kΩ

Kondensatory: (raster 0,1")

C1..C3, C6..C16: ceramiczny 100 nF

C4, C5: ceramiczny 22 pF

Półprzewodniki:

U1: ATmega48 (DIL28)

U2: 78L05 (TO-92)

LCD: wyświetlacz alfanumeryczny 2×8 znaków typu LCD-AC-0802E-DIG G/KK

Inne:

Q1: rezonator kwarcowy 4 MHz (raster 0,2")

L1: dławik osiowy 10 μH (raster 0,2")

PWR: złącze śrubowe AK500/2 (raster 0,1")

FF/>, PAUSE/–, PLAY/EDIT, REWIND/<,

STOP/+: mikroszwitch TACT 9 mm

MIDI-OUT: gniazdo DIN-5 do montażu THT

prąd diody LED w urządzeniu odbiorczym. W standardzie MIDI dane przesyłane są grupowo w formie tzw. komunikatów (*Messages*), przy czym wprowadzono bardzo prosty sposób na odróżnienie bajtów poleceń sterujących (*Status Byte*) od bajtów danych (*Data Byte*): bajty poleceń mają ustawiony najstarszy bit (0xFF..0x80) a bajty danych najstarszy bit mają wyzerowany (0x7F..0x00). Zwykle informacje przesyłane są w kolejności: bajt polecenia i po nim jeden lub dwa bajty danych (w zależności od rodzaju polecenia). Polecenia wysyłane są tylko przy zmianie danego elementu sterującego. Bajt polecenia określa jedną ze standardowo zdefiniowanych funkcji, którą instrument ma wykonać (4 najstarsze bity), np. *Note On/Off* (włącz/wyłącz nutę), *Control Change* (zmień parametr urządzenia), *Program Change* (zmień rodzaj brzmienia) oraz numer kanału MIDI, na którym informacja ma być odebrana (pozostałe 4 bity określające jeden z 16 kanałów MIDI). Dla porządku należy wspomnieć o możliwości ograniczenia transferu danych poprzez usunięcie redundancji, z której korzysta metoda *Running Status*. Polega ona na wysłaniu jednego bajta polecenia i wielu bajtów danych (bez każdorazowego ponawiania bajta polecenia) w przypadku przesyłania tego samego rodzaju sygnałów sterujących jeden za drugim, np. sygnały wywołane zmianą jednego i tego samego regulatora.

Budowa urządzenia

Prezentowany układ to prosty sterownik MIDI złożony z 6 elementów regulacyjnych (potencjometrów suwakowych), którym możemy przypisać dowolny kontroler MIDI (*Control Change*) i 5 przycisków funkcyjnych przeznaczonych do sterowania dowolnym rejestratorem MIDI, wspierającym rozszerzenie MIDI zwane MMC (*Midi Machine Control*). Schemat ideowy urządzenia pokazano na **rysunku 1**. Zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy,

Ustawienia Fuse-bitów (ważniejszych):

```
CKSEL3...0: 1101
SUT1...0: 11
CKDIV8: 1
EESAVE: 0
```

którego sercem jest niewielki mikrokontroler firmy Microchip (dawniej Atmel) o oznaczeniu ATmega48 taktowany zewnętrznym rezonatorem kwarcowym o częstotliwości 4 MHz. Zastosowanie rezonatora kwarcowego jako źródła taktowania mikrokontrolera wynikało z potrzeby zapewnienia dużej dokładności prędkości transmisji MIDI. Mikrokontroler nasz odpowiedzialny jest za obsługę 6 potencjometrów suwakowych połączonych w konfiguracji dzielnika napięcia, które mierzone jest każdorazowo przez kolejne kanały wbudowanego w strukturę mikroprocesora przetwornika ADC, obsługę 5 przycisków do zdalnej kontroli dowolnego rejestratora MIDI (za pomocą komunikatów MMC), obsługę niewielkiego wyświetlacza alfanumerycznego o organizacji 2×8 znaków stanowiącego element interfejsu użytkownika oraz obsługę wyjściowego interfejsu MIDI zbudowanego zaledwie z 2 rezystorów i gniazda DIN 5.

Działanie i obsługa

Zasada działania programu obsługi aplikacji jest banalna. Mikrokontroler cały czas mierzy napięcia na zaciskach kolejnych

```
Listing 1. Plik nagłówkowy modułu obsługującego interfejs MIDI
//Definicje prędkości interfejsu MIDI
#define MIDI_BAUD 31250
//Obliczamy UBRR dla U2X=0
#define __UBRR_MIDI F_CPU/16/MIDI_BAUD-1

//Definicje wybranych komunikatów MIDI
#define MIDI_CTRL_CHANGE 0xB0
#define MIDI_PRGM_CHANGE 0xC0

//Definicje dla MIDI SYSEX
#define MIDI_SYSEX_START 0xF0
#define MIDI_SYSEX_END 0xF7
#define MIDI_UNIVERSAL_ID 0xF7

//Definicje dla MIDI Machine Control
#define MIDI_MMC_COMMAND 0x06
#define MIDI_MMC_STOP 0x01
#define MIDI_MMC_PLAY 0x02
#define MIDI_MMC_FF 0x04
#define MIDI_MMC_REWIND 0x05
#define MIDI_MMC_PAUSE 0x09
```

```
Listing 2. Funkcja inicjująca interfejs
USART mikrokontrolera do pracy jako
sprzęg MIDI
void initMIDI(void){
    //Ustawienie prędkości dla
    MIDI
    UBRR0H = (__UBRR_MIDI)>>8;
    UBRR0L = __UBRR_MIDI;
    //Załączenie nadajnika
    UCSRB |= (1<<TXEN0);
    //Ustawienie formatu ramki:
    //8bitów danych, 1 bit stopu
    UCSRC = (3<<UCSZ00);
}
```

potencjometrów POT1...POT6 i na skutek zmiany ich wartości wysyła stosowny komunikat typu Control Change (0xB0) ze zdefiniowanym wcześniej numerem kontrolera MIDI i wartością zależną od położenia suwaka każdego z potencjometrów (zakres wartości 0...127). Podobnie mikrokontroler monitoruje cały czas stan przycisków sterujących i w przypadku ich naciśnięcia wysyła stosowny komunikat MIDI. Komunikat ten należy do grupy komunikatów typu System Exclusive, czyli dedykowanych konkretnemu urządzeniu odbiorczemu, którego identyfikator ustawiamy w ramach konfiguracji niniejszego sterownika. Konstrukcja komunikatu System Exclusive takiego rodzaju wygląda następująco:

**0xF0, 0xF7, Device-ID,
Sub-ID1, Sub-ID2, 0xF7**

gdzie:

- Device-ID – określa identyfikator docelowego urządzenia odbiorczego (0...127),
- Sub-ID1 – określa rodzaj przesyłanego komunikatu, w naszym przypadku wartość ta równa 0x06 oznacza rozkaz standardu MMC,
- Sub-ID2 – określa typ rozkazu MMC, dla przykładu 0x01 → polecenie Stop, 0x02 → polecenie Play, 0x04 → polecenie Fast forward itd.

Dla dociekliwych – wartości 0xF0 oraz 0xF7 to znaczniki początku i końca komunikatu System Exclusive, zaś 0xF7 to wartość uniwersalnego urządzenia SysEx, dla którego przeznaczony jest bieżący komunikat.

Warto również podkreślić, że przyciski funkcyjne nie służą tylko do generowania komunikatów MIDI (typu MMC), lecz za ich



Rysunek 2. Wygląd ekranu graficznego interfejsu użytkownika w trybie normalnym

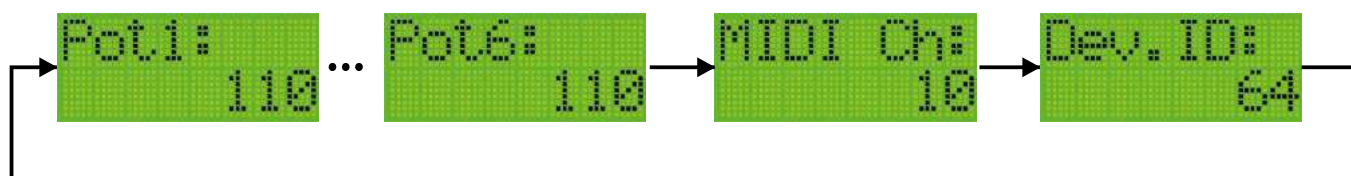
pomocą dokonujemy również konfiguracji sterownika MidiCtrl, korzystając ze specjalnego trybu edycyjnego uruchamianego poprzez długie naciśnięcie przycisku PLAY/EDIT. W trybie edycji klawisze oznaczone REWIND/< i FF/> służą do przełączania kolejnych pozycji menu edycyjnego, zaś PAUSE/–, STOP+ służą do regulacji parametru wybranego menu edycyjnego. Wyjście z menu edycyjnego możliwe jest poprzez ponowne, długie przyciśnięcie klawisza PLAY/EDIT, czemu towarzyszy zapisanie wszystkich ustawień konfiguracyjnych w nieulotnej pamięci EEPROM mikrokontrolera. Ustawienia te to: numery kontrolerów MIDI przyporządkowane do kolejnych potencjometrów regulacyjnych, numer aktywnego kanału MIDI, na którym odbywa się transmisja danych oraz identyfikator urządzenia odbiorczego, dla którego przeznaczone są komunikaty MMC.

Wygląd ekranu graficznego interfejsu użytkownika w trybie normalnym pokazano na **rysunku 2**, na **rysunku 3** pokazano wygląd poszczególnych ekranów menu edycyjnego (konfiguracyjnego). Warto zauważyć, że w trybie normalnym na ekranie urządzenia MidiCtrl pokazywane są dodatkowo w sposób graficzny wartości poszczególnych kontrolerów MIDI, którym odpowiadają położenia suwaków kolejnych potencjometrów suwakowych (za pomocą bargrafów).

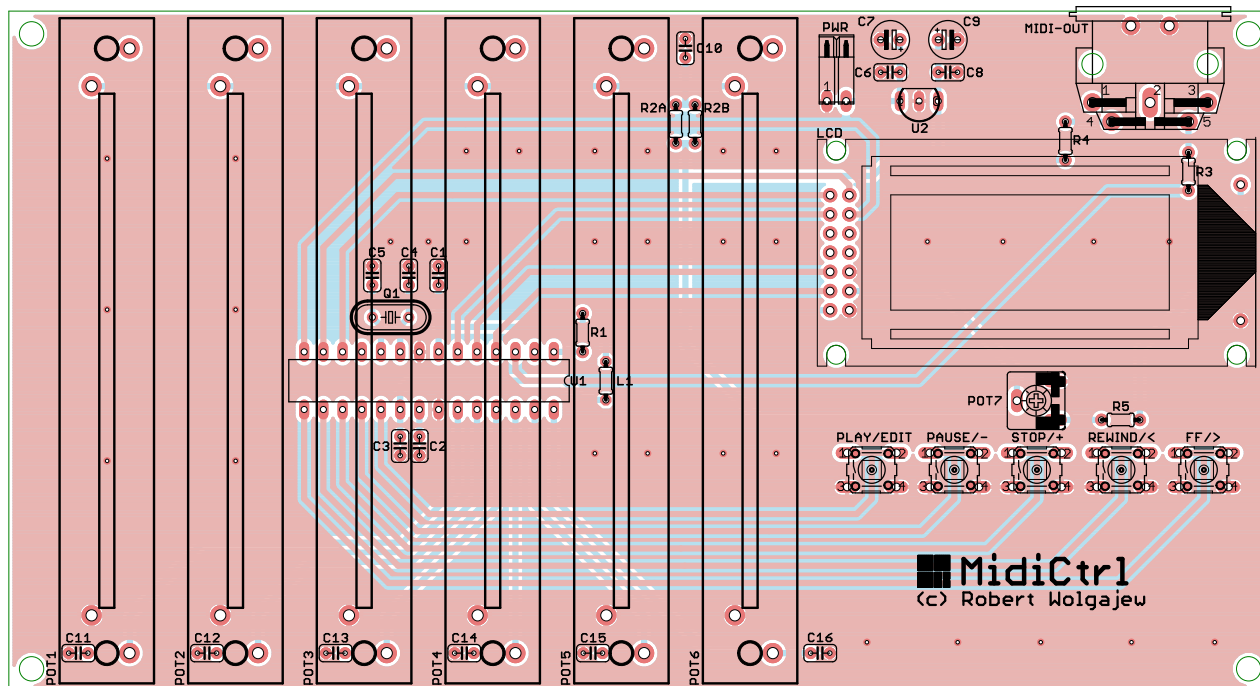
```
Listing 3. Funkcja wysyłająca jeden bajt za pomocą interfejsu MIDI
inline void MIDISendByte(uint8_t Byte){
    //Czekamy na ewentualne opróżnienie bufora nadawczego
    while (!(UCSR0A & (1<<UDRE0)));
    UDR0 = Byte;
}
```

```
Listing 4. Funkcja wysyłająca komunikat typu Control Change
inline void MIDISendCC(uint8_t ctrlNumber, uint8_t ctrlValue, uint8_t Channel){
    MIDISendByte(MIDI_CTRL_CHANGE|Channel);
    MIDISendByte(ctrlNumber);
    MIDISendByte(ctrlValue);
}
```

```
Listing 5. Funkcja wysyłająca komunikat typu MMC
inline void MIDISendMMC(uint8_t commandType, uint8_t deviceID){
    MIDISendByte(MIDI_SYSEX_START);
    MIDISendByte(MIDI_UNIVERSAL_ID);
    MIDISendByte(deviceID);
    MIDISendByte(MIDI_MMC_COMMAND);
    MIDISendByte(commandType);
    MIDISendByte(MIDI_SYSEX_END);
}
```



Rysunek 3. Wygląd ekranu graficznego interfejsu użytkownika w trybie edycji (konfiguracji)



Rysunek 4. Schemat montażowy sterownika MIDI

Opis programu sterującego

Na początek przedstawiam zawartość pliku nagłówkowego, który pokazano na **listingu 1**. Dalej, na **listingu 2**, przedstawiono funkcję inicjującą interfejs USART mikrokontrolera do pracy jako sprzęg MIDI (w tym wypadku wyłącznie jako nadajnik komunikatów MIDI). Z kolei na **listingu 3** zilustrowano banalną wręcz funkcję wysyłającą jeden bajt za pomocą interfejsu MIDI (USART). I na sam koniec dwie proste funkcje narzędziowe pozwalające wysłać komunikat MIDI typu Control Change (**listing 4**) i MMC (**listing 5**). Tyle w kwestiach

implementacyjnych, które, jak widzicie, okazały się bajecznie proste.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy urządzenia MidiCtrl pokazano na **rysunku 4**. Jak widać, zaprojektowano bardzo zwarty obwód drukowany przeznaczony do montażu elementów przewlekanych. Montaż urządzenia rozpoczynamy od wlutowania mikrokontrolera i rezonatora kwarcowego. Dalej lutujemy stabilizator napięcia, rezystory i kondensatory a na samym końcu potencjometry suwakowe, gniazda połączeniowe i przyciski sterujące.

Ostatnim etapem montażu urządzenia jest przylutowanie alfanumerycznego wyświetlacza LCD czego dokonujemy korzystając z typowych listew typu goldpin. Poprawnie zmontowany układ wymaga wyłączenia regulacji kontrastu wyświetlacza LCD (potencjometr montażowy POT7) oraz konfiguracji parametrów MIDI (menu edycyjne). Dla zmniejszenia ryzyka ewentualnych zakłóceń w pracy urządzenia (generowanie „niepotrzebnych” komunikatów Control Change) metalowe obudowy potencjometrów suwakowych najlepiej połączyć z masą sterownika.

Robert Wołgajew, EP

REKLAMA

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA MEDIA

Aby skorzystać z materiałów dodatkowych dołączonych do numeru, należy:

- 1.** Wejść na stronę **www.media.avt.pl**
- 2.** Zarejestrować się lub zalogować
- 3.** Wybrać wydanie „Elektroniki Praktycznej”, które ma trafić do biblioteki osobistej
- 4.** Odpowiedzieć na proste pytanie dotyczące bieżącego numeru
- 5.** Pobrać pliki



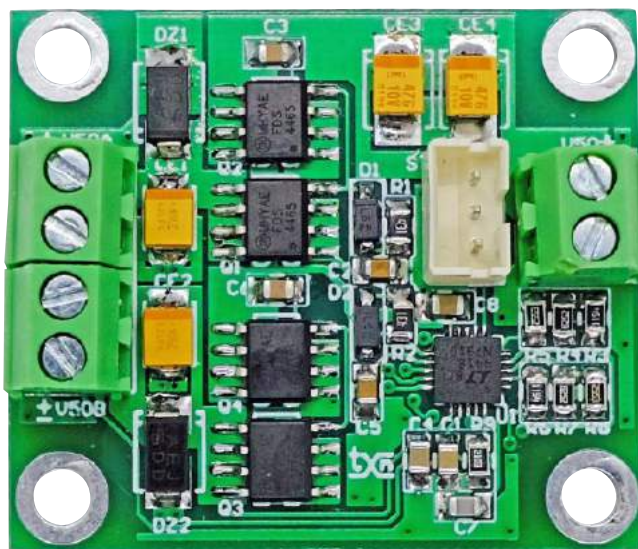
Priorytetowy przełącznik źródeł zasilania dla komputerów jednopłytkowych

Zapewnienie stabilnego zasilania jest podstawowym wymogiem przy projektowaniu urządzeń elektronicznych. W wielu zastosowaniach zasilanie tylko z jednego źródła nie zapewnia odpowiedniego bezpieczeństwa pracy aplikacji. Problem jest szczególnie istotny dla komputerów jednopłytkowych, pracujących pod kontrolą systemów operacyjnych, gdzie zanik zasilania może uszkodzić system plików lub nawet nośnik na którym zapisywane są dane. Redundantne źródło zasilania, czy będą to dwa jednakowe zasilacze, czy zasilacz z funkcją podtrzymania UPS rozwiązuje ten problem. Warto jednak przyglądnąć się realizacji układu, który oprócz automatycznego przełączenia źródła zasilania, zadba także o współpracujący układ, zapewniając zabezpieczenia pod- i nadnapięciowe źródeł oraz poinformuje komputer jednopłytkowy o aktywnym źródle zasilania.

Budowa układu

Najprostsze przełączanie źródeł w układach zasilania bezprzerwowego oparte jest na diodach Schotky'ego. Pomimo niewielkiego spadku napięcia w kierunku przewodzenia w zastosowaniach, w których zależy nam na najwyższej możliwej sprawności oraz maksymalnym wykorzystaniu energii, konieczne jest bardziej złożone rozwiązanie. Wykorzystany w modelu układ priorytetowego kontrolera ścieżki zasilania typu LTC4418 (Analog Devices) gwarantuje spełnienie wszystkich wymagań stawianych opisanej aplikacji. Schemat wewnętrzny układu LTC4418 pokazany jest na **rysunku 1**.

Opracowany moduł składa się z dwóch bloków funkcjonalnych, części sterującej,



której schemat pokazuje **rysunek 4** i obwodów kluczy mocy z **rysunku 3**. W obwodzie sterowania U1 najważniejszym elementem jest dwukanałowy komparator okienkowy współpracujący z zewnętrznymi dzielnikami R6...8 dla kanału A oraz R3...5 dla kanału B. Dzielniki ustalają progi zabezpieczenia podnapięciowego UVx na ok. 4,5 V i nadnapięciowego OVx na ok. 5,8 V, ustalając bezpieczny zakres zasilania współpracującego układu. Rezystor R9 podłączony do wyprowadzenia HYS ustala histerezę komparatorów UVx/OVx, kondensator C7 określa czas, po którym nastąpi reakcja na przekroczenie progów. Wartości C7=100 pF odpowiada czas reakcji 16 ms. Wyjścia !VALID1 i !VALID2 (wyjścia typu otwarty dren o max. napięciu 40 V) sygnalizują stan źródeł zasilania A/B, wejście EN aktywuje układ (w modelu U1 jest załączony stale). Wyjścia VSx/Gx sterują pracą kluczy mocy bezpośrednio odpowiedzialnych za przełączenie aktywnego źródła zasilania.

W części mocy przełączane są źródła zasilania doprowadzone do zacisków V50A/B. Dwa zespoły szeregowo-przeciwstawnie połączonych tranzystorów P-MOSFET – Q1, Q2 dla kanału głównego A i Q3, Q4 dla kanału B zapewniają kluczkowanie zasilania,

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5693

Podstawowe parametry:

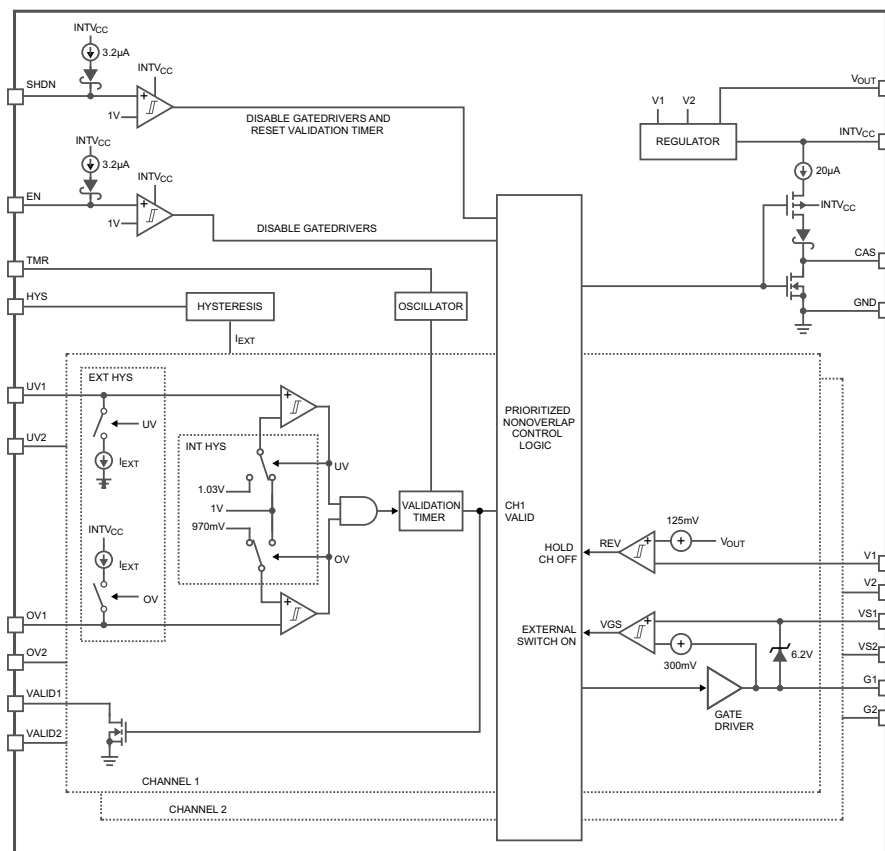
- dwa wejścia na źródła zasilania o napięciu ok. 5 V,
- automatyczne przełączanie wejścia zasilającego,
- wyjście o obciążalności ciągłej 2 A i chwilowej 3 A,
- zabezpieczenia pod- i nadnapięciowe,
- informacja o aktywnym źródle zasilania

Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

- AVT-5658 Automatyczny przełącznik źródeł zasilania (EP 1/2019)
- Przełącznik źródeł zasilania 12 V/3 A z diodą idealną (EP 7/2018)
- AVT-5619 Zasilacz buforowy lub ładowarka akumulatorów żelowych (EP 3/2018)
- AVT-1910 Miniaturowy zasilacz buforowy z diodą „idealną” (EP 6/2016)
- AVT-1696 Uniwersalny przełącznik sygnałów – selektor audio (EP 8/2012)

Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętność lutowania!
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
• wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytkę PCB)
• wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
• wersja [A+] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
• wersja [UK] – zaprogramowany układ
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
<http://sklep.avt.pl>, w przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna LTC4418 (za notą producenta)

Wykaz elementów:

Rezystory: (tolerancja 1%, SMD0805)

R1, R2: 430 Ω

R3, R6: 1,15 MΩ

R4, R7: 82,5 kΩ

R5, R8: 255 k Ω

R9: 210 k Ω

Kondensatory:

C1, C4, C8: 100 nF SMD0805

C2, C5: 470 nF SMD0805

C3, C6: 47 nF SMD0805

C7: 1 nF SMD0805

CE1, CE2: 10 μ F/10 V SMB

CE3, CE4: 47 μ F/10 V SMB

Półprzewodniki:

D1, D2: BAT46W

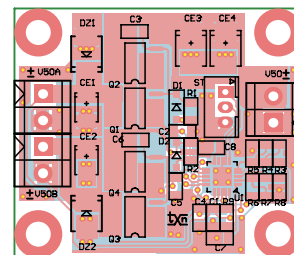
DZ1, DZ2: transil 6,8 V

Q1, Q2, Q3, Q4: FDS4465

U1: LTC4418 QFN20

ST: złącze 3 pin

V50, V50A, V50B: DG381-3.5-2

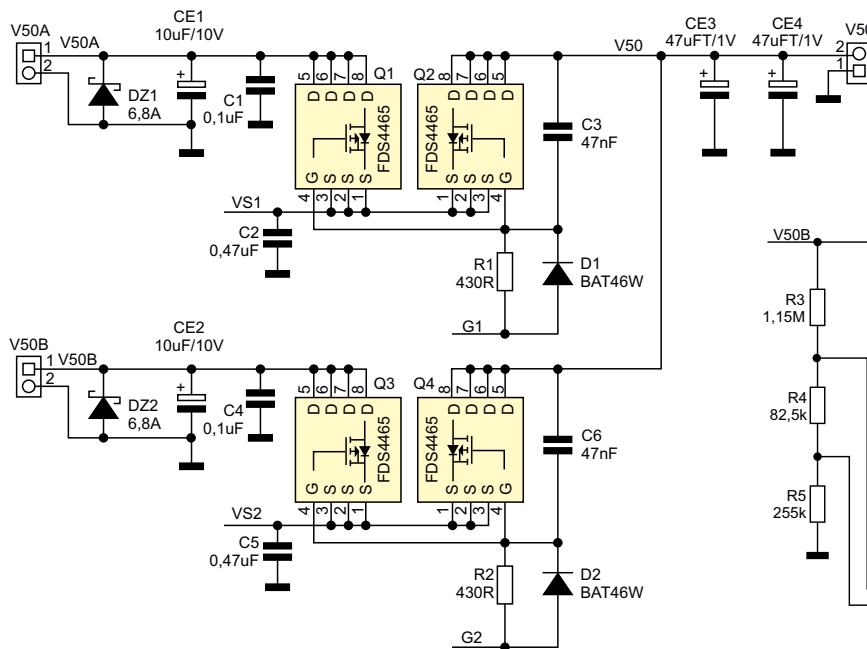


Rysunek 2. Schemat płytki wraz z rozmieszczeniem elementów

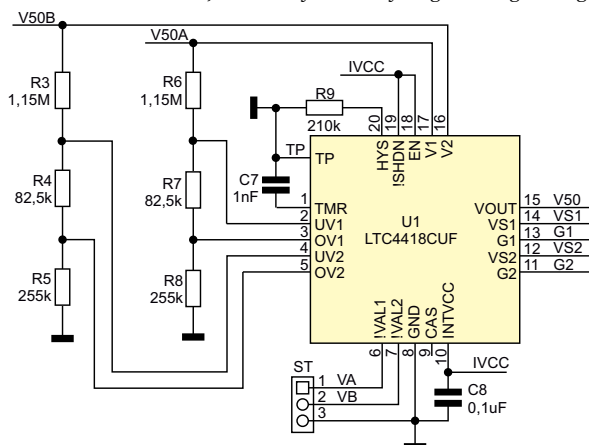
do GPIO komputerka, mogą wpływać na działanie aplikacji, informując o aktywnym źródle zasilania. Obecność zasilania w ustalonych widelkach sygnalizowana jest stanem niskim w każdym kanale niezależnie.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na niewielkiej płycie drukowanej pokazanej na **rysunku 2**. Montaż nie jest trudny i nie wymaga szczegółowego



Rysunek 3. Schemat klucza mocy



Rysunek 4. Schemat części sterującej

z zabezpieczeniem przed przepływem wstecznym pomiędzy źródłami A/B oraz odwróceniem polaryzacji zasilania. Transilce DZ1, DZ2 chronią moduł przed skutkami przepięć na dłuższych liniach zasilających przy szybkich zmianach prądu obciążenia. Kondensatory CE1...4 odsprzęgają zasilania i zapewniają zapas energii podczas przełączania kluczy mocy. Elementy R1, D1, C3 i R2, D2, C6 są elementami ograniczającymi prąd udarowy podczas przełączania źródeł.

Działanie urządzenia

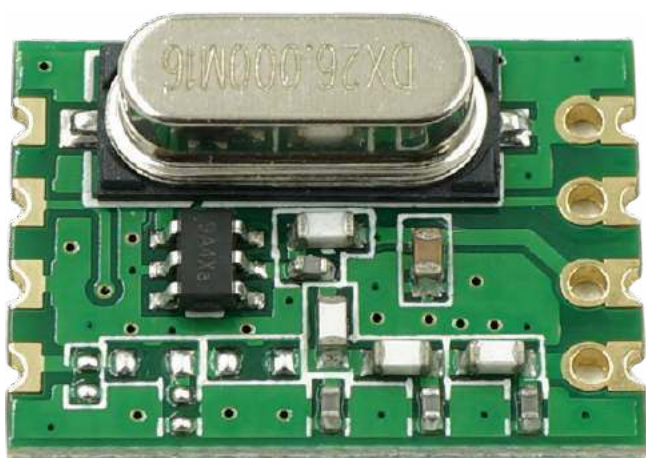
Układ dostosowany jest do przełączania dwóch źródeł zasilania 5 V/2 A dołączonych do zacisków oznaczonych V50A i V50B. Wydajność prądowa 2 A wystarcza do zasilania typowych komputerów SBC typu Raspberry Pi, Orange Pi itp. Wyjście zasilania doprowadzone jest do zacisków oznaczonych V50, chwilowy prąd obciążenia może dochodzić do 3 A. Sygnały VA i VB doprowadzone do złącza ST, po zastosowaniu rezystora podciągającego i podłączeniu

opisu. Ważne jest, aby poprawnie przyłutować pad termiczny znajdujący się na spodzie układu U1. Zmontowany układ pokazany jest na fotografii tytułowej. Moduł nie wymaga uruchamiania, warto jednak za pomocą dwóch regulowanych zasilaczy i sztucznego obciążenia sprawdzić poprawność progów U_{vx}/OV_x i skuteczność przełączania zasilania, obserwując jego wartość także na ekranie oscyloskopu.

Adam Tatus
adam.tatus@ep.com.pl

Tor radiowy na bazie modułów RFM119 i RFM219

W konstrukcjach amatorskich często zachodzi potrzeba jednostronnego przesłania informacji na niewielkie odległości. Na rynku dostępnych jest sporo różnych modułów radiowych, ale wybór nie jest tak oczywisty, jak się pozornie wydaje. Jeśli nie potrzebujemy komunikacji dwustronnej, a szukamy taniego i prostego w implementacji zestawu nadajnik – odbiornik, to warto zwrócić uwagę na moduły RFM119 i RFM219. Są to przystępne cenowo, jednokładowe moduły nadajnika/odbiornika RF FSK/OOK do różnych zastosowań bezprzewodowych pracujących w zakresie od 240 do 960 MHz. Moduł RFM119 zapewnia najprostszy sposób sterowania transmisją danych, RFM219 zużywa tylko 3,8 mA, osiągając czułość -108 dBm.



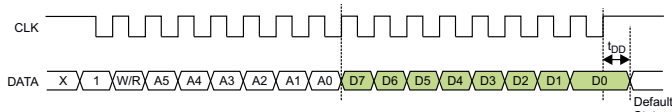
Fotografia 1. Moduł nadajnika RFM119

Nadajnik RFM119

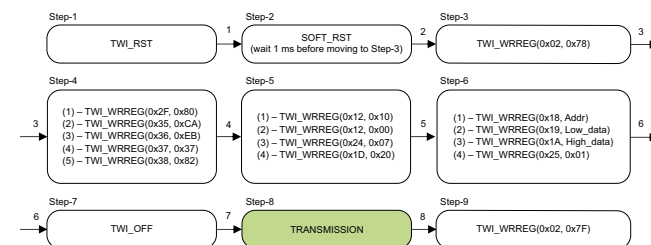
Producentem modułu RFM119 (fotografia 1) jest firma HOPE-RF, ale zbudowany jest w oparciu na module radiowym firmy CMOSTEK – CMT2119. Podstawowe parametry układu radiowego CMT2119:

- zakres częstotliwości pracy: 240...960 MHz,
- modulacje: FSK, GFSK oraz OOK,
- prędkość transmisji: 0,5...100 kspk (FSK/GFSK) oraz 0,5...30 kspk (OOK),
- moc wyjściowa: -10 ... $+13$ dBm,
- napięcie zasilania: 1,8...3,6 V,
- pobór prądu w trybie uśpienia: <20 nA,
- wymiary modułu: $17,8 \times 12,8 \times 5$ mm.

Moduł ma wbudowaną pamięć EEPROM, która może przechowywać zapisaną konfigurację rejestrów – może wtedy pracować



Rysunek 2. Schemat obsługi linii CLK i DATA układu CMT2119



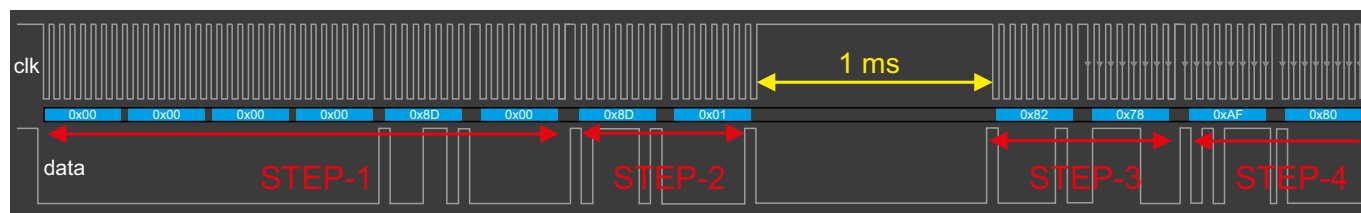
Rysunek 3. Sekwencja konfiguracji i wysyłania danych przez moduł CMT2119

Tabela 1. Zawartość głównych funkcji sterujących pracą modułu CMT2119

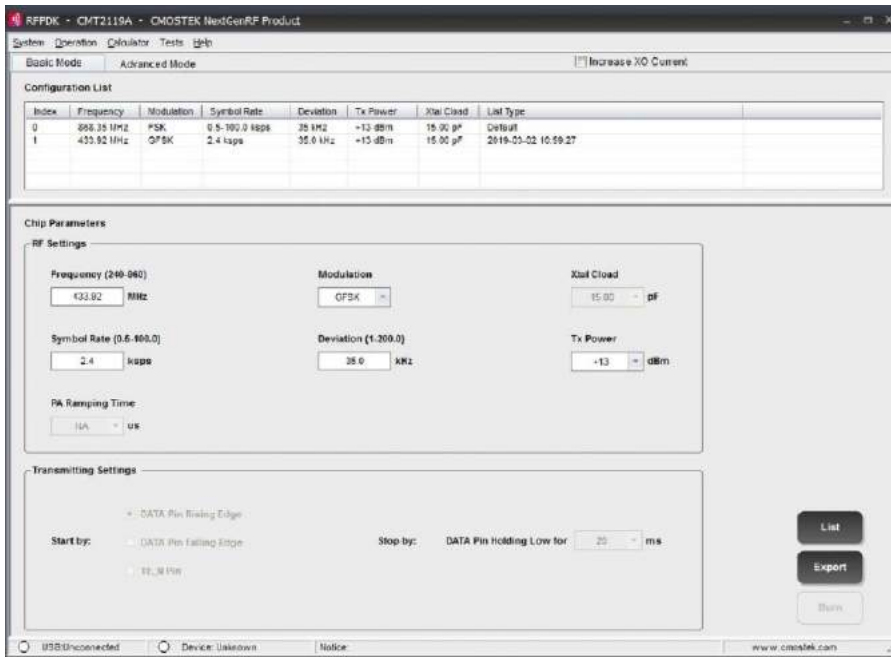
TWI_RST	SOFT_RST	TWI_OFF	TWI_WRREG
0x0000, 0x0000, 0x8D00	0xBD01	0x8D02	0x adres (8bit)/dana(8bit)

samodzielnie bez zewnętrznego układu – np. w pilotach zdalnego sterowania. Do tego trybu producent przygotował program konfiguracyjny o nazwie RFPDK oraz oferuje specjalny programator. Co istotne z punktu widzenia konstruktora – układ ma również możliwość konfiguracji poprzez interfejs szeregowy, składający się z dwóch linii – CLK i DATA. Interfejs umożliwia komunikację dwukierunkową w trybie half-duplex z maksymalną prędkością 1 MHz, a kierunek transmisji określa bit 6 w adresie, podawany na linii DATA. Jeśli ma on wartość 1, to odczytujemy zawartość rejestru, jeśli wartość 0 – zapisujemy do rejestru. Jak widać na przedstawionym na **rysunku 2** schemacie obsługi interfejsu, dane wysyłamy w 2 bajtach, pierwsze 8 bitów określają adres rejestru, następne 8 bitów zawiera dane. Bity wysyłane w kolejności od najstarszego do najmłodszego i potwierdzane są opadającym zboczem linii CLK.

Aby możliwe było nadawanie, moduł należy do tego przygotować, wysyłając odpowiednią sekwencję startową. Sekwencja jest opisana w dokumentacji układu i pokazana na **rysunku 3**. Nie jest szczególnie skomplikowana i sprowadza się do napisania 4 prostych funkcji: TWI_RST, SOFT_RST, TWI_OFF oraz TWI_WRREG. Zawartość funkcji przedstawiono w **tabeli 1**. Tak więc w pierwszych 2 krokach sekwencji z **rysunku 3** wysyłamy na interfejs po kolei: 0x0000, 0x0000, 0x8D00, 0xBD01. Następnie zgodnie z dokumentacją należy odczekać min. 1 ms. W kroku 3 należy wysłać wartość 0x78 do rejestru o adresie 0x02. Mając



Rysunek 4. Pierwsze trzy kroki konfiguracji modułu RFM119



Rysunek 5. Program RFPDK w trybie konfiguracji BASIC

jednak na uwadze informację zawartą w schemacie obsługi interfejsu z rysunku 2, należy ustawiać najstarszy bit adresu na wartość 1. Tak więc sekwencja w kroku 3 będzie miała postać: 0x82, 0x78. Odpowiednio w kroku 4 sekwencji wysyłamy po kolei: 0xAF, 0x80, 0xB5, 0xCA itd. Na **rysunku 4** przedstawiono trzy pierwsze kroki konfiguracji modułu. Najważniejszym punktem w całej konfiguracji modułu CMT2119 jest etap 6, w którym wpisujemy do rejestrów dane ściśle związane z parametrami radiowymi modułu. Odpowiednie dane generujemy za pomocą darmowego programu RFPDK.

Interfejs programu RFPDK jest bardzo prosty – po uruchomieniu i wyborze z listy dostępnych układów interesującego nas modułu (w tym przypadku CMT2119A) pokaże nam się okno wyboru parametrów. Do wyboru mamy dwie zakładki – konfigurację w trybie BASIC lub ADVANCED MODE. Wybieramy tryb podstawowy, w trybie ADVANCED dodatkowo możemy zmienić poziom napięcia reprezentujący poziomy logiczne, czas trwania stanu niskiego na pinie DATA, po którym moduł przejdzie w stan STOP, oraz przy jakim zboczu na pinie DATA układ rozpocznie pracę. W zakładce BASIC wybieramy odpowiednią częstotliwość pracy, typ modulacji, moc nadawania oraz prędkość wysyłania danych. Wybór jest dość intuicyjny, co pokazano na **rysunku 5**. Po kliknięciu na przycisk Export wygenerujemy listę z konfiguracją. Przykładową listę przedstawiono na **rysunku 6**.

Nas najbardziej interesuje zawartość rejestrów, które leżą pomiędzy 23 a 43 wierszem listy. Wracamy do kroku 6 sekwencji z rysunku 3. Mamy tam w 4 podpunktach opisaną procedurę wysłania pojedynczego wiersza z listy wygenerowanej przez program RFPDK. Zaczynamy, od adresu 0x00. Zobaczmy jak to będzie wyglądało dla pierwszego wiersza z listy – 0x007F:

```
0x98, 0x00 <- TWI_WRREG(0x18+0x80(bit7 na 1), Addr(0x00))
0x99, 0x7F <- TWI_WRREG(0x19+0x80(bit7 na 1), Low_data(0x7F))
0x9A, 0x00 <- TWI_WRREG(0x18+0x80(bit7 na 1), High_data(0x00))
0xA5, 0x01 <- TWI_WRREG(0x25+0x80(bit7 na 1), 0x01))
```

```
1 : CMT2119A Configuration File
2 :
3 : Generated by CMOSTER RFPDK 1.46
4 : 2019.03.02 11:22
5 :
6 : Mode = Basic
7 : Part Number = CMT2119A
8 : Frequency = 433.92 MHz
9 : Modulation = GFSK
10 : Symbol Rate = 2.4 kbps
11 : Tx Power = -13 dBm
12 : PA Ramping Time = NA
13 : Deviation = 35.0 kHz
14 : Xtal Load = 15.00 pF
15 : Tx Start by = DATA Pin Rising Edge
16 : Tx Stop by = DATA Pin Holding Low for 20 ms
17 : Increase XO Current = No
18 : FILE CRC = FCAB
19 :
20 :-----
21 : The following are the EEPROM contents
22 :-----
23 : 0x007F
24 : 0x5400
25 : 0x0000
26 : 0x0000
27 : 0x0000
28 : 0x0000
29 : 0x0000
30 : 0xC1C5
31 : 0x4208
32 : 0x0160
33 : 0xA401
34 : 0x11A0
35 : 0x8000
36 : 0x0000
37 : 0xFFFF
38 : 0x0020
39 : 0xFFD9
40 : 0xA2D4
41 : 0x0E13
42 : 0x0019
43 : 0x0000
44 :
45 :-----
46 : The following is the CRC result for
47 : the above EEPROM contents
48 :-----
49 : 0xFCAB
50 :
51 : The following are for CMOSTER
52 : use, customers can ignore them
53 :-----
54 : 0x000F
55 : 0x0015
56 :
57 :-----
```

Rysunek 6. Przykładowa lista wygenerowana przez program RFPDK dla modułu RFM119

Taką sekwencję powtarzamy 20 razy, wysyłając po kolei wartość każdego wiersza z wygenerowanej listy, zwiększając w każdym kroku adres Addr o 1. W kroku 7 sekwencji (rysunek 3) wysyłamy komendę TWI_OFF i w kroku 8 następuje transmisja danych. Założmy, że skonfigurowaliśmy moduł na wysyłanie danych z prędkością 2,4 kbps. Dla tej prędkości czas trwania jednego bitu wynosi $1 \text{ s} / 2400 = 416 \mu\text{s} \approx 420 \mu\text{s}$. I to jest cała magia transmisji – kluczując pin DATA z takimi czasami, wysyłamy dane. Tak więc, aby wysłać jeden bajt danych, wystarczy napisać prostą funkcję, jak na **listingu 1**. Maksymalnie można wysłać do 32 bajtów z danymi, ponieważ odbiornik jest wyposażony w bufor FIFO właśnie o takiej długości. Przed wysłaniem właściwych danych należy wysłać od 1 do 4 bajtów preambuły i od 1 do 4 bajtów synchronizacji. Będzie o tym mowa w części opisującej odbiornik RFM219.

Na **rysunku 7** przedstawiono przebieg z widoczną preambułą 0xAA, czas trwania stanu wysokiego odpowiada prędkości transmisji 2,4 kbps. Całą procedurę nadawania kończymy sekwencją z kroku 9, czyli TWI_WRREG(0x02, 0x7F). Zmierzony prąd, pobierany przez moduł RFM119 przy parametrach transmisji jak z rysunku 6, wyniósł 16,25 mA.

Odbiornik RFM219

Sercem układu RFM219 (fotografia 8) jest układ CMOSTER CMT2119A. Najważniejsze parametry odbiornika:

```
Listing 1. Funkcja wysyłająca jeden bajt danych
void rfm119_transmit_byte(uint8_t txt){
    uint8_t cnt=0x80;
    while(cnt){
        if(txt&cnt)
            DATA_H;
        else
            DATA_L;

        delay(420us);
        cnt>>=1;
    }
}
```



Rysunek 7. Przebieg z widoczną preambułą 0xAA



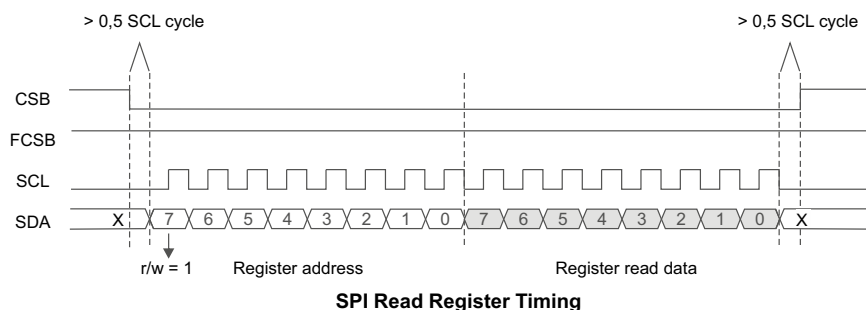
Fotografia 8. Moduł odbiornika RFM219

- zakres częstotliwości pracy: 300...960 MHz,
- modulacje: FSK, GFSK oraz OOK,
- prędkość transmisji: 0,1...100 kspk (FSK/GFSK) oraz 0,1...40 kspk (OOK),
- czułość: -108 dBm dla 1 kspk,
- 3-wire SPI,
- zakres napięć zasilania: 1,8...3,6 V,
- pobór prądu: 3,8 mA,
- wymiary: 32×11×5,0 mm.

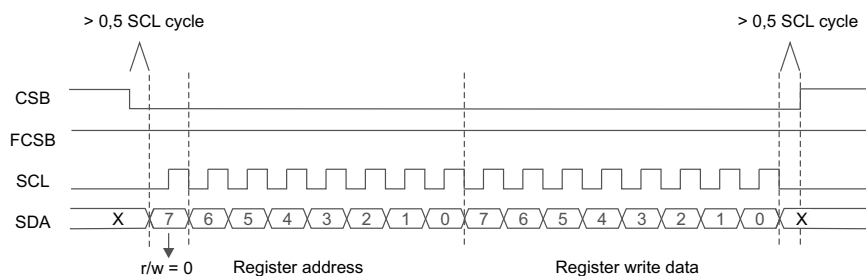
Do komunikacji z modulem przewidziano interfejs SPI pracujący w trybie half-duplex z wyprowadzeniami:

- CSB – aktywacja układu, aktywny w stanie niskim, wewnętrzny PullUP
- SDA – SPI Data IN/OUT
- SCL – SPI Clock
- FCSB – aktywacja odczytu bufora FIFO, aktywny w stanie niskim, wewnętrzny PullUP

Dodatkowo układ ma cztery konfigurowalne wyjścia GPO, na które można wystawić np. sygnały przerwań. Komunikację z modulem w trybie SPI 3-wire pokazano na rysunku 9. Podobnie jak w przypadku



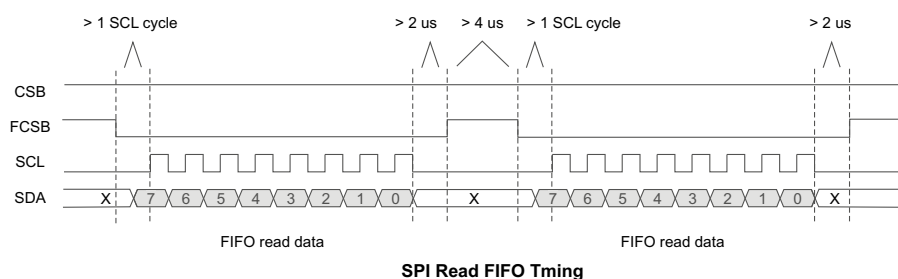
SPI Read Register Timing



SPI Write Register Timing

Rysunek 9. Komunikacja SPI 3-wire z modulem RFM219

układu RFM119 dane są przesyłane w paczkach 16-bitowych, najpierw adres, potem dana – zaczynając od bitu MSB. O tym, czy dane będą odczytywane, czy zapisywane do rejestru, decyduje najstarszy bit w części adresowej. W tym samym czasie aktywny może być CSB lub FCSB – nigdy jednocześnie. Aktywując FCSB, wprowadzamy układ w stan odczytu bufora FIFO. Podczas odczytu FIFO należy przestrzegać reguł przedstawionych na rysunku 10 – szczególnie istotne



SPI Read FIFO Tming

Rysunek 10. Odczyt bufora FIFO

Rysunek 11. Konfiguracja modułu RFM219 do pracy

```

; Mode = Basic
; Part Number = CMT2219A
; Frequency = 434.000 MHz
; Demodulation = (G)FSK
; Symbol Rate = 2.4 kbps
; Deviation = 35.0 kHz
; Xtal Tolerance = +/- 10 ppm
; Xtal Stabilizing Time = 310 us
; Data Representation = 0:F-low 1:F-high
; State After Rx Exit = STBY
; Wake-On Radio = Off
; Wake-On Condition = NA
; Data Mode = Packet
; Packet Type = Fixed Length
; FIFO Threshold = 32
; De-Whitening Seed = NA
; DC-Free Decode = None
; FILE CRC = B9C3

; The following are the EEPROM contents
;
0x2152
0x7F9B
0x6306
0x809A
0x53C6
0x0001
0x1E62
0x1000
0x2884
0x00E0
0x9F27
0xD400
0xAA2D
0x3800
0x0101
0x2160
0x8407
0x0000
0x0019
0x0000
0x56AC
0xD453
0x4940
0x5DFF
0x0012
0xFA90
0x0000
0xC040
0x0000
0xEB20
0x0007
    
```

Rysunek 12. Konfiguracja rejestrów wygenerowana przez program RFPDK dla modułu RFM219

jest, aby zmienić stan wyprowadzenia FCSB na wysoki na czas min. 4 μ s pomiędzy odczytami kolejnego bajta danych.

Podobnie jak w przypadku nadajnika, aby wygenerować dane niezbędne do prawidłowego działania modułu RFM219, należy użyć programu RFPDK. Wybieramy układ CMT2219A i przechodzimy do zakładki BASIC. Ustawienia parametrów są bardzo podobne do nadajnika, różnica jest w dolnej sekcji nazwanej DECODE SETTINGS. Otóż jak wcześniej wspomniano, ustawiamy tutaj między innymi długość preambuły, wartość bitów synchronizacji oraz długość bufora FIFO. Możliwe jest również wybranie innych opcji – ale tym się nie zajmujemy. Na **rysunku 11** przedstawiono przykładową konfigurację – ramka o stałej długości danych 32 bajty, 4 bajty preambuły i 3 bajty synchronizacji AA2DD4. Na tej podstawie program generuje listę ustawień taką jak na **rysunku 12**.

Działanie modułu opiera się na dwóch rejestrach nazwanych bankiem konfiguracji i bankiem kontroli. Wygenerowane dane wprowadzamy do banku konfiguracji w zakresie adresów od 0x00 do 0x3D. Zawartość tych rejestrów zostaje zachowana aż do wyłączenia urządzenia i nie jest resetowana przez operację miękkiego resetu. Operację wprowadzania danych przeprowadzamy następująco: adres, Low_data, adres+1, High_data itd. Adres inkrementujemy po każdej wprowadzonej danej. Przykład poniżej pokazuje, jak to będzie wyglądało dla dwóch pierwszych wartości z tabeli – 0x2152 oraz 0x7F9B:

0x00, 0x52 <- Addr(0x00), Low_data(0x52)

0x01, 0x21 <- Addr+1(0x01), High_data(0x21)

0x02, 0x9B <- Addr+1(0x02), Low_data(0x52)

0x03, 0x7F <- Addr+1(0x03), High_data(0x7F)

Po wprowadzeniu danych do rejestrów banku konfiguracyjnego należy przygotować moduł do pracy za pomocą banku kontrolnego. To nim sterujemy pracą modułu. Zawiera dziesięć 8-bitowych rejestrów, które zapewniają pełną kontrolę nad odbiornikiem. Rejestry o adresach od 0x3F do 0x44 kontrolują wyprowadzenia GPO i układ przerwań. Rejestr o adresie 0x45 pozwala użytkownikowi odczytać

Control Bank Register

Name	Addr	Default	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INT_EN	0x3F	0x00	SL_TMO_EN	RX_TMO_EN	RSSI_VLD_EN	PREM_PS_EN	NODE_PS_EN	SYNC_PS_EN	CRC_PS_EN	PKT_DONE_EN
IO_SEL	0x40	0x00	GPO4_SEL<1:0>		GPO3_SEL<1:0>		GPO2_SEL<1:0>		GPO1_SEL<1:0>	
INTCTL_A	0x41	0x00	INT2_CTL<3:0>				INT1_CTL<3:0>			
INTCTL_B	0x42	0x00	SL_TMO_CLR	RX_TMO_CLR	RSSI_VLD_CLR	PREM_PS_EN	NODE_PS_CLR	SYNC_PS_CLR	CRC_PS_CLR	PKT_DONE_CLR
INTCTL_C	0x43	0x00	SL_TMO_FLG	RX_TMO_FLG	RSSI_VLD_FLG	PREM_PS_FLG	NODE_PS_FLG	SYNC_PS_FLG	CRC_PS_FLG	PKT_DONE_FLG
INTCTL_D	0x44	0x00	RESV	FIFO_FULL_FLG	FIFO_NMTY_FLG	FIFO_TH_FLG	FIFO_OVF_FLG	FIFO_PKT_CLR	RESV	RESV
RSSI	0x45	0x00	RSSI_VALUE<7:0>							
FUNC_EN	0x46	0x04	RESV	SLTIMER_STOP	PROD_TEST_EN	RESV	RESV	HS_SPI_EN	RESV	RESV
OP_CTRL	0x47	0x00	OP_STATUS<2:0>			OP_SWITCH<4:0>				
SOFTRST	0x4F	NA	SOFT_RST<7:0>							

Rysunek 13. Rejestry banku kontrolnego

wartość siły odbieranego sygnału – RSSI. Rejestr o adresie 0x46 pozwala określić szybkość pracy interfejsu SPI. Rejestr OP_CTRL pod adresem 0x47 odpowiada za tryb pracy – za jego pomocą przełączamy odbiornik pomiędzy trybami SLEEP, STB, TUNE, RX oraz odczytujemy, w jakim trybie aktualnie pracuje. Rejestr o adresie 0x4F jest do realizowania miękkiego resetu urządzenia. Tabelę z rejestrami banku kontrolnego pokazuje **rysunek 13**.

Aby poznać pełne możliwości konfiguracji, należy zagłębić się w dokumentację układu CMT2219A. Możliwe jest bowiem generowanie na wyprowadzeniach GPO przerwań takich jak np.: odebranie prawidłowej ramki synchronizacji, odbieranie danych do bufora FIFO, zapelnienie bufora FIFO itp.

Po skonfigurowaniu do pracy w trybie odbioru moduł oczekuje na transmisję. Po prawidłowym odebraniu danych możemy je odebrać z bufora FIFO. Po odebraniu danych kasujemy wszystkie flagi przerwań w rejestrach 0x42 oraz 0x44. Na **rysunku 14** pokazano odczyt 21 bajtów danych z bufora FIFO oraz kasowanie flag. Po tej operacji odbiornik jest gotowy na odebranie kolejnych danych.

Grzegorz Burzyński
sp5ein@gmail.com

Bibliografia:

- <http://bit.ly/2XjYoa6>
- <http://bit.ly/2x0CTwn>
- AN-138 – CMT2219A Configuration Guideline
- AN-1002 – CMT2119A & CMT2219A Communication Example



Rysunek 14. Odczyt bufora FIFO

REKLAMA

Wstąp do Klubu AVT Elektronika

będziesz miał prawo do korzystania z szeregu przywilejów:

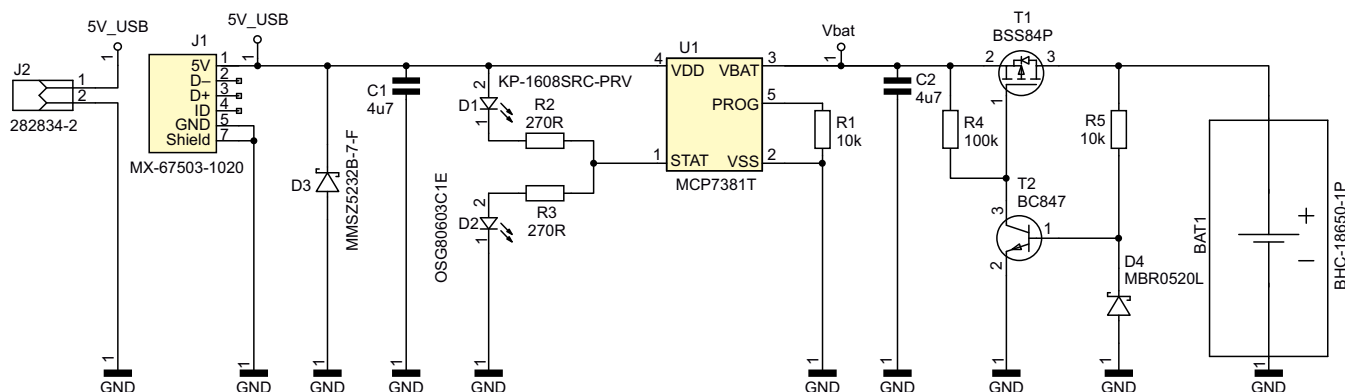
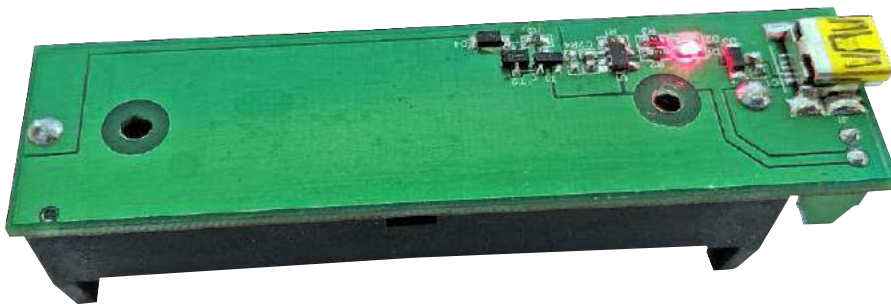
- do 50% zniżki w Sklepie AVT
- darmowe prenumeraty Wydawnictwa AVT
- do 50% zniżki w Ulubionym Kiosku
- Zapraszamy do zapoznania się z zasadami Klubu!



<http://bit.ly/2GaDwtQ>

Ładowarka akumulatorów 18650 z USB

Akumulatorki w rozmiarze 18650 stały się bardzo popularne. Popularne są także ładowarki sieciowe do takich akumulatorów. Jednak gdy nie ma w zasięgu gniazda zasilającego, trzeba szukać innych rozwiązań. Stąd powstał pomysł stworzenia ładowarki zasilanej z portu USB.



Rysunek 1. Schemat ładowarki

Głównym założeniem projektu było to, by ładowarka była bezpieczna. Aby nie trzeba było obawiać się zostawić ją w trybie ładowania np. przez całą noc lub działającą

bez nadzoru w pomieszczeniu mieszkальnym. Dlatego prąd ładowania pojedynczego ogniwa został ograniczony do 100 mA, godząc się równocześnie na wydłużony czas całkowitego naładowania.

Jako źródło zasilania wybrałem port USB. Jego parametry elektryczne są całkowicie wystarczające a dodatkowo popularny i łatwo dostępny. Do zasilania układu można użyć ładowarki sieciowej od telefonu komórkowego z gniazdem USB, powerbank lub ogniwa fotowoltaicznego.

Budowa i działanie

Schemat ładowarki znajduje się na rysunku 1. Złącze J1 jest złączem typu USB mini i służy do zasilania układu. Złącze J2 służy do podłączenia dowolnego zasilania, np. ogniwa fotowoltaicznego. BAT1 to gniazdo na akumulator 18650. Dioda Zenera D3 służy jako zabezpieczenie ponadnapięciowe o wartości 5,6 V, w szczególności przy zasilaniu ze złącza J2. Sercem ładowarki jest układ U1: MCP7381T-2AT/OT. Jest to układ polecany do obwodów ładowania ogniw litowo-jonowych i litowo-polimerowych. Przyjmuje na wejściu VIN napięcia z zakresu 3,75...6 V. Sygnał STAT za pomocą diod D1 i D2 sygnalizuje stan pracy ładowarki, zgodnie z tabelą 1.

Do wyprowadzenia PROG podłączamy rezystor, za pomocą którego ustalamy prąd ładowania ogniwa. Prąd można programować w zakresie 15...500 mA. Wartość rezystora

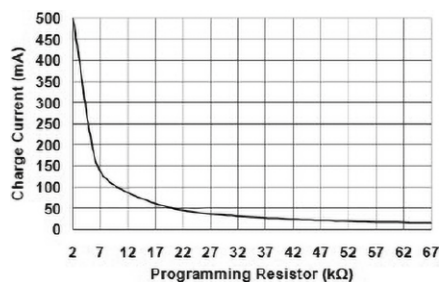
Tabela 1. Stany pracy ładowarki

Sygnalizacja	Stan ładowarki
Dioda D1 (czerwony kolor)	Ładowanie akumulatora
Dioda D2 (zielony kolor)	Naładowany akumulator
Dioda D1+D2 (czerwony i zielony kolor)	Brak akumulatora w ładowarce lub odwrótnie włożony

można wyznaczyć albo z poniższego wzoru, albo z wykresu na rysunku 2.

$$I_{REG} [mA] = \frac{1000V}{R_{PROG} [k\Omega]}$$

Ja zastosowałem rezystor 10 kΩ, co oznacza, że prąd ładujący ogniwo będzie wynosił 1000 V/10=100 mA. Uznałem, że to bezpieczna



Rysunek 2. Wykres służący do wyznaczenia wartości rezystancji rezystora ustalającego prąd ładowania ogniwa

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5694

Podstawowe parametry:

- prąd ładowania 100 mA,
- gniazdo na akumulator 18650,
- zasilanie z portu USB o wydajności 100 mA.

Wykaz elementów:

- R1, R5: 10 kΩ SMD0603
- R2, R3: 270 Ω SMD0603
- R4: 100 kΩ SMD0603
- C1, C2: 4,7 μF SMD0603
- D1: led czerwona SMD0603
- D2: led zielona SMD0603
- D3: MMSZ5232
- D4: MBR0520
- T1: BSS84
- T2: BC847
- U1: MCP7381
- J1: Gniazdo mini USB SMD
- J2: DG381-2
- BAT1: Koszyk na akum. 18650

Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] - jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podłączona w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] - zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wzlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] - płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
- Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
 - wersja [A+] - płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] - zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

wartość do ładowania ogniwa bez monitorowania jego temperatury. Oczywiście jeżeli ktoś chciałby ładować ogniwa większym prądem, wystarczy, że zmieni wartość tego rezystora. Układ ładuje akumulator do napięcia 4,20 V.

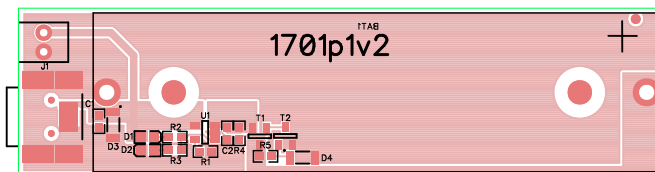
Obwód złożony z elementów R4, T1, T2, R5, D4 to obwód zabezpieczający przed odwrotnym włożeniem ogniwa do ładowarki. Przy poprawnym włożeniu ogniwa rezystor R5 i dioda D4 polaryzują bazę tranzystora T2, umożliwiając jego pracę. Tranzystor T2 zostaje włączony. To skutkuje obniżeniem potencjału bramki tranzystora P-MOSFET T1 do potencjału GND, co powoduje jego otwarcie i przewodzenie. Przy odwrotnym podłączeniu ogniwa prąd będzie płynął przez diodę Schottky'ego D4 i rezystor R5. Wartość tego prądu to około 420 μ A. Prąd ten powoduje spadek napięcia na diodzie D4 o wartości około 0,11 V. Jest to również napięcie VBE tranzystora T2. Jest to za mała wartość, aby

tranzystor przewodził. Dlatego T2 pozostaje zatkany. Tym samym potencjał bramki tranzystora T1 jest zbliżony do potencjału drenu.

A to oznacza, że tranzystor T1 nie przewodzi i ochrania ogniwo przed uszkodzeniem.

Montaż i uruchomienie

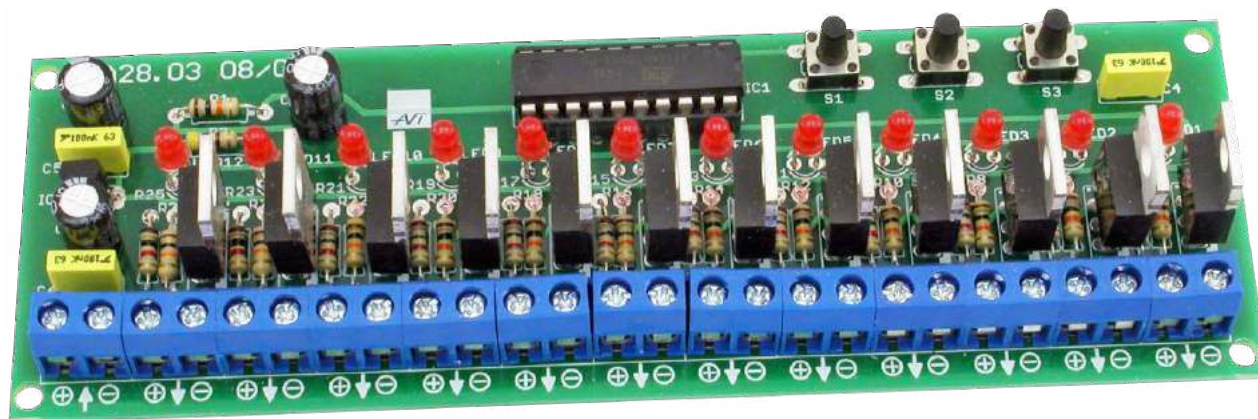
Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów pokazuje rysunek 3. Montaż najlepiej zacząć od najmniejszych elementów. Wpierw warto przylutować układ U1, następnie rezystory i kondensatory w obudowach 0603. Później diody i tranzystory. Na samym końcu przylutować złączki i gniazdo na akumulator 18650.



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

Układ po zlutowaniu jest gotowy do pracy. Przed podłączeniem ładowarki do gniazda USB należy sprawdzić, czy nie ma zwarcia na liniach zasilających portu USB. W przypadku zasilania przez ogniwo fotowoltaiczne trzeba się upewnić, czy panel fotowoltaiczny nie wytwarza zbyt dużego napięcia oraz czy jest odpowiedniej mocy. **Nie należy zasilać ładowarki z portu USB i panelu fotowoltaicznego równocześnie.** Może to uszkodzić ogniwo. Zaleca się zasilanie ładowarki z jednego źródła.

Stawomir Kabat



Sopel LED – efekt spadającego światła

Układ wytwarza siedem, w pełni konfigurowalnych przez użytkownika, efektów świetlnych. Są to między innymi efekty przypominające efekt spadającego światła lub spadający meteor, efekt znany z filmu Knight Rider, czy też losowo zapalający się punkt. Użytkownik może regulować zarówno prędkość każdego z nich, jak i długość jego smugi. Takie sekwencje świetlne mogą być wspaniałym uzupełnieniem kompozycji oświetlenia reklamowego czy nawet świątecznego. Układ jest bardzo prosty w montażu i nie wymaga żadnych czynności uruchomieniowych.

Schemat ideowy układu pokazano na rysunku 1, można tam wyszczególnić trzy bloki. Blok zasilania ze stabilizatorem IC2 dostarczającym napięcia 5 V. Blok wykonawczy z tranzystorami MOSFET zapewniającymi dużą obciążalność wyjść. Oraz blok sterujący z mikrokontrolerem ATTINY2313 taktowanym wewnętrznym sygnałem zegarowym.

W roli elementów wykonawczych zastosowano tranzystory typu IRF9530, jednak maksymalny prąd wyjściowy zależy także od konstrukcji płytki PCB. Obciążenie każdego wyjścia może wynosić do 3 A, ale jeśli

efekt świetlny powoduje załączanie wielu wyjść jednocześnie, to wtedy obciążenie na każde z wyjść nie powinno przekraczać 1 A. Do wyjść można dołączyć bezpośrednio żarówki lub taśmy LED 12 V. Stan wyjść układu jest obrazowany przez diody LED na płytce.

Zastosowanie mikrokontrolera (w tym przypadku ATTINY2313) w roli sterownika diod LED zdecydowanie upraszcza układ oraz daje nieograniczone możliwości w zakresie uzyskania dowolnie wymyślonych efektów świetlnych.

Układ należy zmontować na płytce drukowanej, której schemat i rozmieszczenie

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5695

Podstawowe parametry:

- siedem efektów świetlnych,
- sterowanie 3 przyciskami,
- regulacja szybkości oraz smugi,
- 8 wyjść o obciążalności 1 A (3 A),
- zasilanie 12 V.

Wykaz elementów:

R1, R4, R6, R8, R10, R12, R14, R16, R18, R20, R22, R24, R26: 10 k Ω
R2: 470 Ω
R3, R5, R7, R9, R11, R13, R15, R17, R19, R21, R23, R25: 1 k Ω
C1-C3: 100 μ F
C4-C6: 100 nF
IC1: ATTINY2313 zaprogramowany
IC2: 78L05
T1-T12: IRF9530
LED1-LED12: dioda LED
S1-S3: mikrosวิตช์
IN, OUT1-OUT12: DG301-5.2/2

Ważne! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

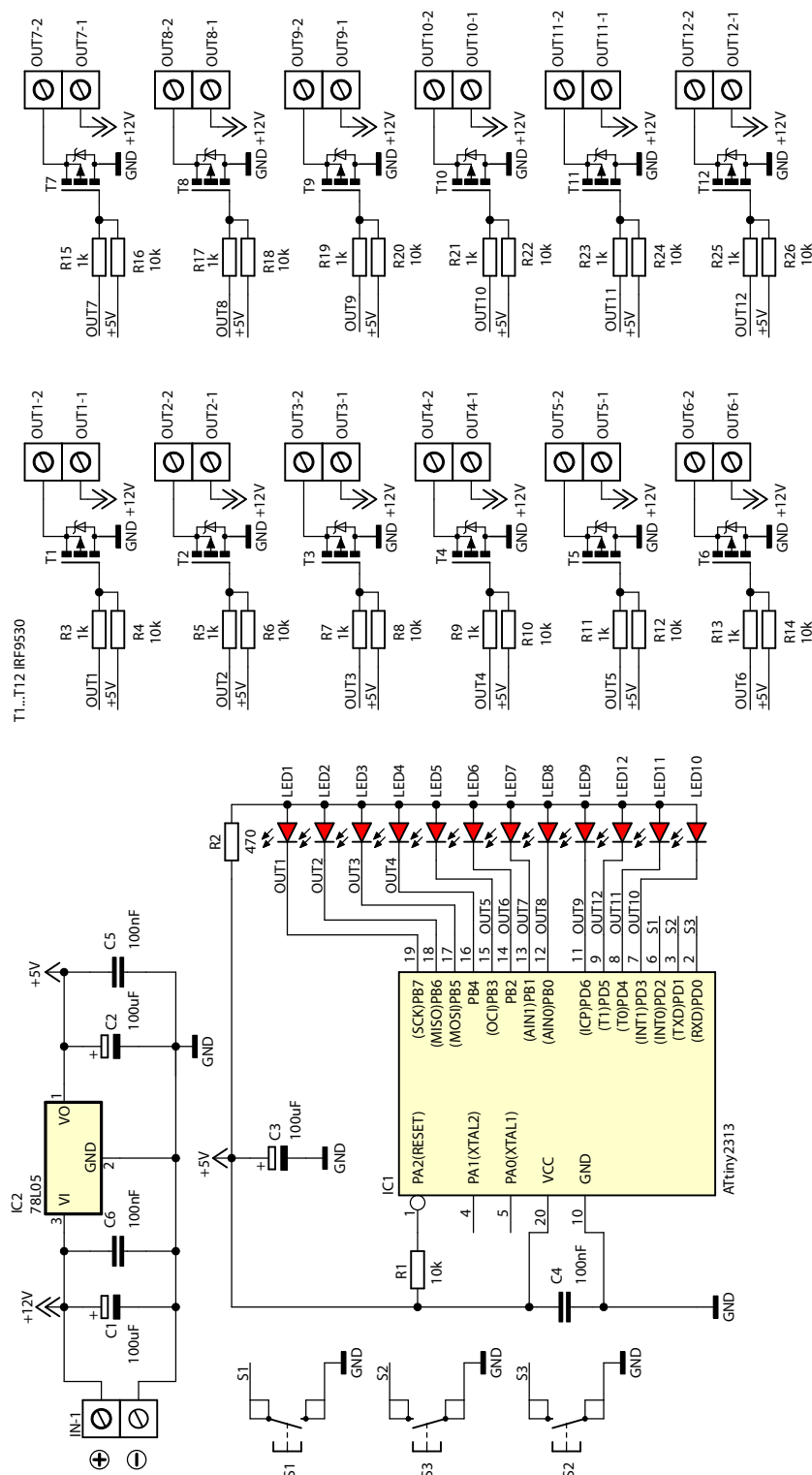
Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym UK) – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

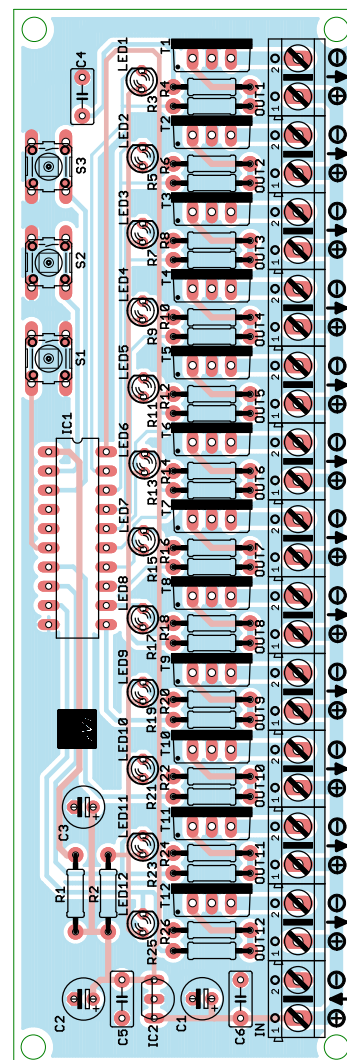
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
- wersja [A+] – w której występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
 - wersja [A+] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Schemat układu



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

elementów pokazano na **rysunku 2**. Montaż trzeba wykonać według ogólnych zasad, rozpoczynając od wlutowania elementów najniższych – rezystorów, a kończąc na najwyższych – przyciskach i złączach śrubowych.

Do obsługi urządzenia służą trzy przyciski S1...S3. Przyciskiem S1 zmieniamy efekt, po jego naciśnięciu na chwilę zapalana jest odpowiednia dioda LED symbolizująca numer efektu zapisanego w pamięci mikrokontrolera. Przycisk S3 służy do zmiany szybkości odtwarzania efektu, natomiast przyciskiem S2 zmieniamy długość jego smugi. Układ powinien być zasilany napięciem stałym o wartości 12 V dołączonym do złącza IN. **EB**

REKLAMA

www.elektronikapraktyczna.pl

SpeedRelay – wyłącznik sterowany prędkością

Są takie projekty, które choć konstrukcyjnie są wręcz banalne, to z punktu widzenia użytkownika są bardzo użyteczne. Prezentowane urządzenie zainteresuje miłośników motoryzacji, będzie przydatnym uzupełnieniem systemu czujników parkowania.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5696

Podstawowe parametry:

- pomiar prędkości na podstawie sygnału WEG ze złącza ISO,
- zasilanie: 10...15 V, 30 mA;
- obciążalność styków przekaźnika 2 A, 30 VDC

Wykaz elementów:

Rezystory:

R1, R3: 2,2 kΩ (SMD 0805)
R2: 4,7 kΩ (SMD 0805)

Kondensatory:

C1, C3: ceramiczny 100 nF (SMD 0805)
C2: ceramiczny 330 nF (SMD 0805)
C4: elektrolityczny 10 μF/10 V (obudowa SMD A)

Półprzewodniki:

U1: ATTiny13A (SOIC-08)
U2: 78M05 (DPAK)
T1, T2: BC817 (SOT23)
D1: 1N4148 (MINIMELF)

Inne:

LOAD: gniazdo męskie proste 2 piny typu NS25-W2P (raster 0,1")
PWR: gniazdo męskie proste 3 piny typu NS25-W3P (raster 0,1")
REL: przekaźnik JRC-27F/012
SET: mikroswitch TACT 9 mm

Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie włutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

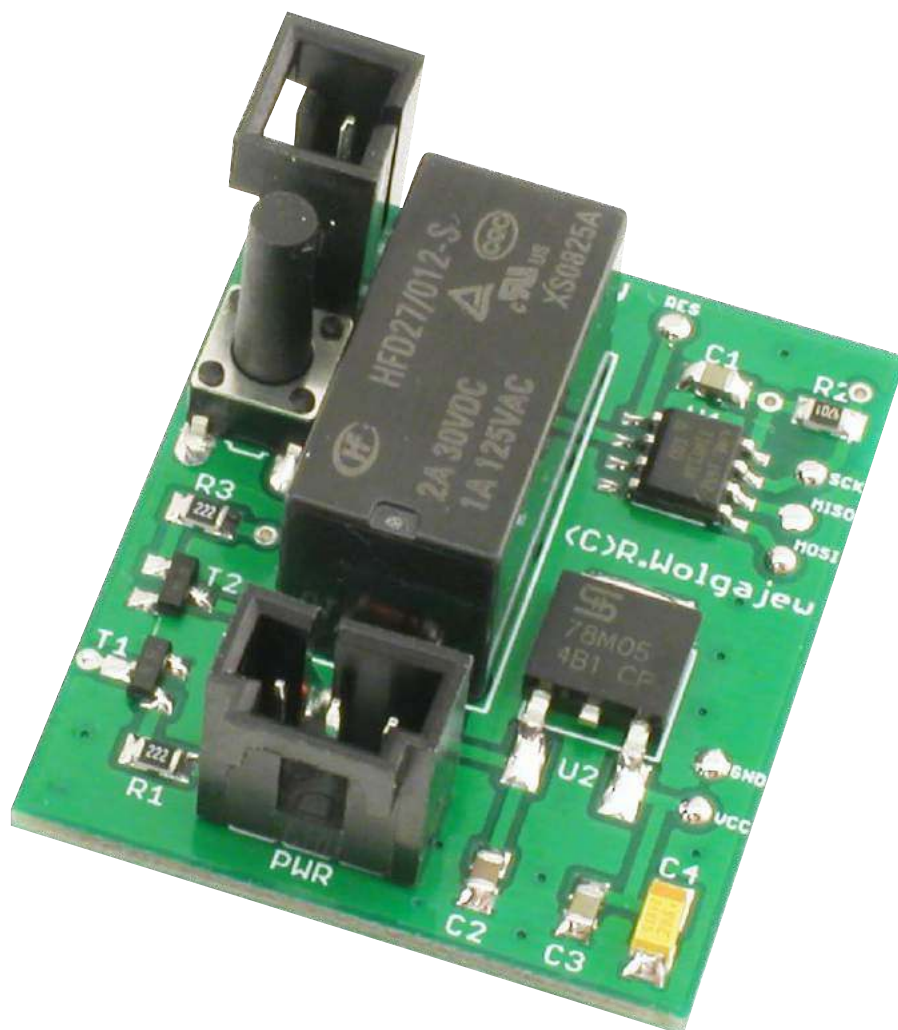
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlotowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
 - wersja [A*] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Stałem przed dylematem skonstruowania prostego systemu automatycznie złączającego przednie czujniki parkowania w aucie. Problem wyglądał następująco: klient kupił 2 komplety czujników parkowania, jeden zamontował z tyłu, a drugi z przodu auta. Tylne czujniki zasilili z obwodu światła wstecznego, co jest standardowym rozwiązaniem, zaś przednie czujniki złącza każdorazowo dedykowanym przyciskiem według potrzeby, co jest rozwiązaniem kłopotliwym i nieergonomicznym. Chciałby, żeby czujniki włączały się automatycznie po przekręceniu kluczyka w stacyjce pojazdu w pozycję ON, działały przy małych prędkościach, gdy pojazd toczy się, parkując i wyłączały powyżej pewnej ustawianej prędkości, by nie



pobierać prądu z akumulatora. Na bazie takich założeń funkcjonalnych powstał projekt speedRelaya, którego schemat ideowy pokazano na **rysunku 1**.

Budowa i działanie

Zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy zbudowany z wykorzystaniem niewielkiego mikrokontrolera firmy Microchip (dawniej Atmel) typu ATTiny13A taktowanego wewnętrznym, wysokostabilnym oscylatorem o częstotliwości 1,2 MHz, którego zadaniem jest realizacja wszystkich założonych funkcjonalności. Mikrokontroler ten realizuje tutaj dwa podstawowe zadania: mierzy prędkość pojazdu, wykorzystując w tym celu zewnętrzne wejście zegarowe układu czasowo-licznikowego Timer0 wbudowanego w strukturę mikrokontrolera oraz steruje przekaźnikiem mocy przy użyciu typowego stopnia tranzystorowego w konfiguracji wspólnego emitera.

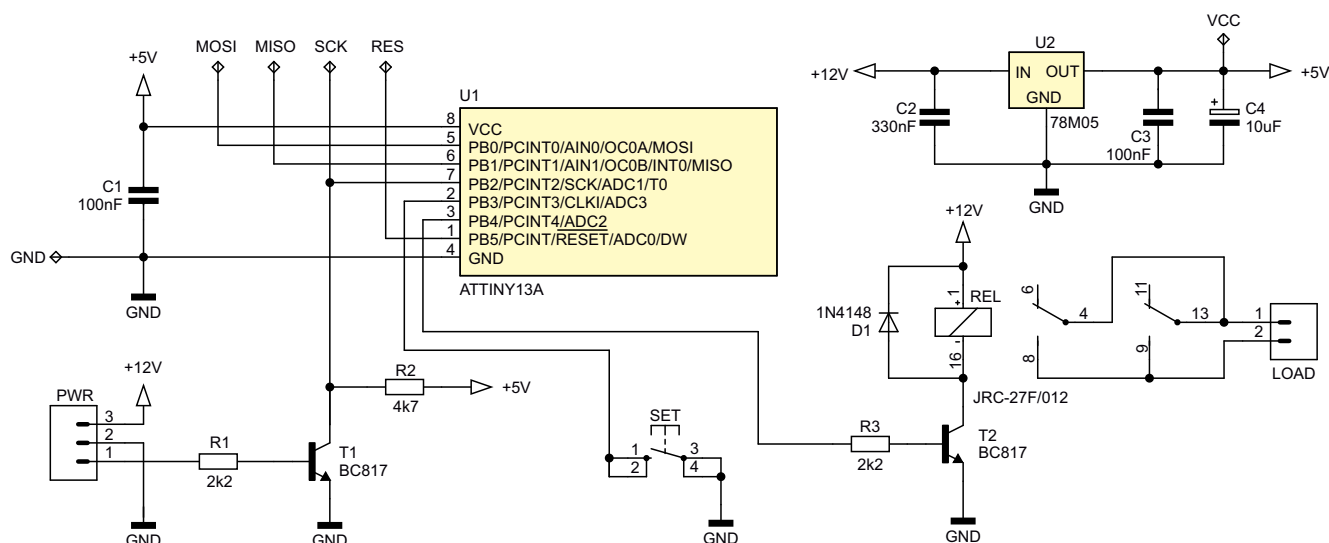
Wspomniany pomiar prędkości pojazdu opiera się na wykorzystaniu sygnału prędkości pojazdu, nazywanego także sygnałem

przetwornika drogi (WEG), który dostępny jest w wielu pojazdach w standardowym (tzw. ISO) złączu radioodbiornika (jest wykorzystywany w tym przypadku do automatycznej regulacji głośności radioodbiornika w funkcji prędkości pojazdu). Wygląd typowych złączy radioodbiornika wraz z zaznaczeniem interesujących nas wyprowadzeń pokazano na **rysunku 2**. Sygnał ten to przebieg prostokątny o częstotliwości proporcjonalnie zależnej od prędkości pojazdu oraz, co oczywiste, typu zastosowanego przetwornika. W ten oto prosty sposób otrzymaliśmy układ pozwalający na pomiar prędkości pojazdu, który w rzeczywistości i w dużym uproszczeniu jest licznikiem impulsów sygnału WEG.

Dodatkowo mikrokontroler ATTiny13A odpowiada za obsługę przycisku SET, który używany jest do zapamiętania

Ustawienia Fuse-bitów (ważniejszych):

```
CKSEL1...0: 10
SUT1...0: 10
CKDIV8: 0
CKOUT: 1
DWEN: 1
EESAVE: 0
```



Rysunek 1. Schemat ideowy urządzenia speedRelay

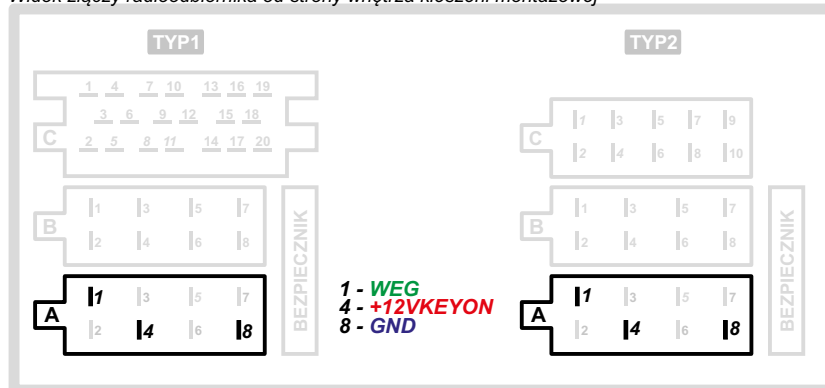
Tabela 1. Przykładowe, zmierzone przez urządzenie speedRelay (w czasie 0,5 s), liczby impulsów WEG

Prędkość [km/h]	Prędkość [m/s]	Liczba impulsów WEG
1	0,28	2
2	0,56	3
3	0,83	5
4	1,11	7
5	1,39	8
10	2,78	17
20	5,56	34
30	8,33	50
40	11,11	67
50	13,89	84

(w nieulotnej pamięci EEPROM układu) maksymalnej prędkości, dla której urządzenie speedRelay podtrzymuje załączenie przekaźnika REL. W świetle tych wszystkich wspomnianych założeń, jak i rozwiązań konstrukcyjnych, powstał program obsługi aplikacji, którego zawartość jest banalna i którą w całości pokazano na **listingu 1**. Z kolei na **listingu 2** pokazano zawartość pliku nagłówkowego programu aplikacji.

Jak widać, wprowadzono bardzo prosty mechanizm pomiaru liczby impulsów, stosując software'owe opóźnienie 500 ms od czasu wyzerowania licznika TCNT0 do czasu odczytu zmierzonej liczby impulsów (timer taktowany jest sygnałem prędkości pojazdu WEG). W praktyce należy unikać takich rozwiązań, jednak w tym programie obsługi, który nie robi kompletnie nic, poza liczeniem impulsów, jest to rozwiązanie dopuszczalne. Zresztą cały program obsługi aplikacji zajmuje tylko 168 bajtów pamięci Flash mikrokontrolera i nie korzysta w ogóle z pamięci RAM. Przykładowe, zmierzone

Widok złączy radioodbiornika od strony wnętrza kieszeni montażowej



Rysunek 2. Rodzaje złączy radioodbiornika wraz z opisem interesujących nas wyprowadzeń

Listing 1. Listing programu obsługi aplikacji speedRelay

```
int main(void)
{
    //Nieużywane porty, jako porty wyjściowe ze stanem „0”
    DDRB |= (1<<PB5)|(1<<PB1)|(1<<PB0);
    //Podciągnięcie wejścia T0 oraz przycisku SET do VCC
    PORTB |= (1<<PB2)|(1<<SET_KEY_NR);
    //Port przekaźnika, jako wyjściowy i nieaktywny
    RELAY_DDR |= (1<<RELAY_NR);
    //Włączenie przekaźnika po włączeniu zasilania
    RELAY_ON;
    //Konfiguracja Timera0, jako zliczającego impulsy z wejścia T0
    //External clock source on T0 pin. Clock on falling edge.
    TCCR0B = (1<<CS02)|(1<<CS01);

    while(1)
    {
        //Pomiar liczby impulsów na wejściu T0 przez czas 0.5s
        TCNT0 = 0;
        _delay_ms(500);
        if(TCNT0 > eeprom_read_byte(&maxSpeed)) RELAY_OFF;
        //Zapamiętanie nowej prędkości granicznej
        if(SET_KEY_IS_PRESSED)
        {
            _delay_ms(30);
            if(SET_KEY_IS_PRESSED)
            {
                eeprom_write_byte(&maxSpeed, TCNT0);
                RELAY_OFF;
            }
        }
    }
}
```

Listing 2. Listing pliku nagłówkowego aplikacji speedRelay

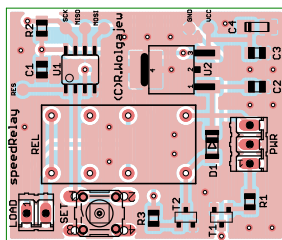
```
#define SET_KEY_PIN PINB
#define SET_KEY_PORT PORTB
#define SET_KEY_NR PB3
#define SET_KEY_IS_PRESSED (!(SET_KEY_PIN & (1<<SET_KEY_NR)))

#define RELAY_PORT PORTB
#define RELAY_DDR DDRB
#define RELAY_NR PB4
#define RELAY_ON RELAY_PORT |= (1<<RELAY_NR)
#define RELAY_OFF RELAY_PORT &= ~(1<<RELAY_NR)
```

przez urządzenie speedRelay (w czasie 0,5 s), liczby impulsów WEG dla pojazdu wyposażonego w przetwornik drogi o stałej 24 impulsów na obrót koła oraz opony o profilu 205/55R16 pokazano w **tabeli 1**.

Montaż

W tym miejscu znamy już wszystkie szczegóły dotyczące sposobu działania sterownika speedRelay, przejdźmy zatem do zagadnień montażowych. Schemat montażowy układu pokazano na **rysunku 3**. Zaprojektowano dość zwarty, dwustronny obwód drukowany o uporządkowanej organizacji ze zdecydowaną przewagą elementów przeznaczonych do montażu powierzchniowego. Co bardzo ważne w przypadku środowisk o sporej ilości zakłóceń, jakim, bez wątpienia, jest instalacja



Rysunek 3. Schemat montażowy sterownika speedRelay

samochodowa, zadbano o odpowiednie prowadzenie masy i sygnałów krytycznych.

Montaż rozpoczynamy od wlutowania elementów typu SMD, czyli w naszym przypadku mikrokontrolera oraz stabilizatora U2. Instalację tego typu peryferiów możemy wykonać przy użyciu typowej stacji lutowniczej, dobrej jakości cyny z odpowiednią ilością topnika oraz plecionki

rozlutowniczej, która umożliwi usunięcie nadmiaru cyny spomiędzy wyprowadzeń układów. Należy przy tym uważać, by nie uszkodzić termicznie elementów. Następnie lutujemy diodę D1, rezystory, kondensatory, mikroprzełącznik SET oraz złącza LOAD i PWR. Na samym końcu montujemy przełącznik wykonawczy REL.

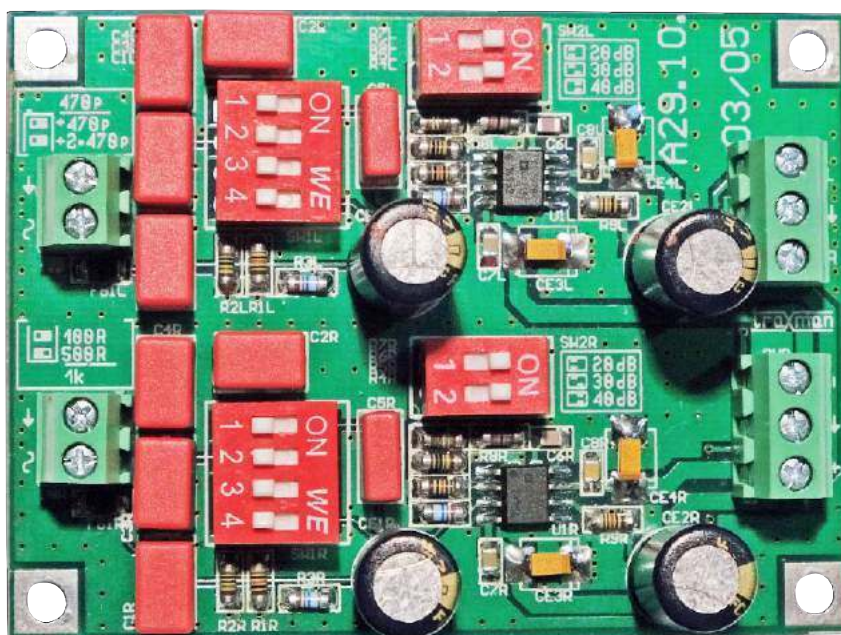
Obstuga

Obsługa niniejszego urządzenia jest bardzo prosta. Tuż po włączeniu zasilania układ speedRelay załącza przekaźnik REL i utrzymuje go w tym stanie do prędkości granicznej. Prędkość graniczną określamy każdorazowo, przyciskając mikroprzekaźnik SET w chwili, kiedy chcemy, by urządzenie wyłączyło przekaźnik.

Robert Wołgajew

Przedwzmacniacz gramofonowy dla wkładki MC

Dla każdego posiadacza gramofonu naturalnym kierunkiem rozwoju i oczywiście zaspokojenia ciekawości w drodze do lepszego dźwięku jest przejście z wkładki MM (ruchomy magnes) na wkładkę MC (ruchoma cewka). Oprócz niebagatelnego wydatku na samą zmianę wkładki, oczywiście o ile ramię gramofonu pozwoli, czeka nas także zmiana pieczętowanie dobieranego pod własne preferencje, przedwzmacniacza gramofonowego. Wkładki MC ze względu na generowany znacznie niższy poziom sygnału oraz wymaganą impedancję obciążenia stawiają inne wymagania przedwzmacniaczom gramofonowym.



Zaproponowany układ przedwzmacniacza liniowego, włączony pomiędzy wkładkę MC, a posiadany przedwzmacniacz MM pozwala wzmocnić sygnał wkładki o +20/30/40 dB oraz dopasować obciążenie wkładki do kilku najczęściej spotykanvch wartości.

Budowa i działanie

Układ oparty jest na wysokiej jakości wzmacniaczu operacyjnym AD797 (Analog Devices). Schemat przedwzmacniacza pokazany jest na **rysunku 1**. Sygnał wejściowy z gniazd IN(L/R) doprowadzony jest poprzez perełkę ferrytową eliminującą zakłócenia w.c.z. do skonfigurowanego SW1 obwodu RC umożliwiającego dobór optymalnego

obciążenia wkładki MC. Kondensator C1 (470 pF) oraz rezystory R3, R4 (2 kΩ, 2 kΩ), podłączone są na stałe, zapewniając dopasowanie wkładek „wysokopoziomowych”. Przełączane kondensatory C2, C3, C4 oraz rezystory R1, R2 pozwalają na wybór optymalnej impedancji obciążenia dla pozostałych wkładek. Model umożliwia regulację pojemności obciążenia $\sim 0,5/1/1,5/2$ nF i rezystancji $\sim 100/500/1000$ Ω. Optymalna jej wartość podana jest najczęściej w karcie katalogowej, pomocne mogą być też zestawienia parametrów wkładek dostępne w sieci. Następnie sygnał poprzez kondensator separujący doprowadzony jest do wzmacniacza nieodwracającego o regulowanym

- REKLAMA

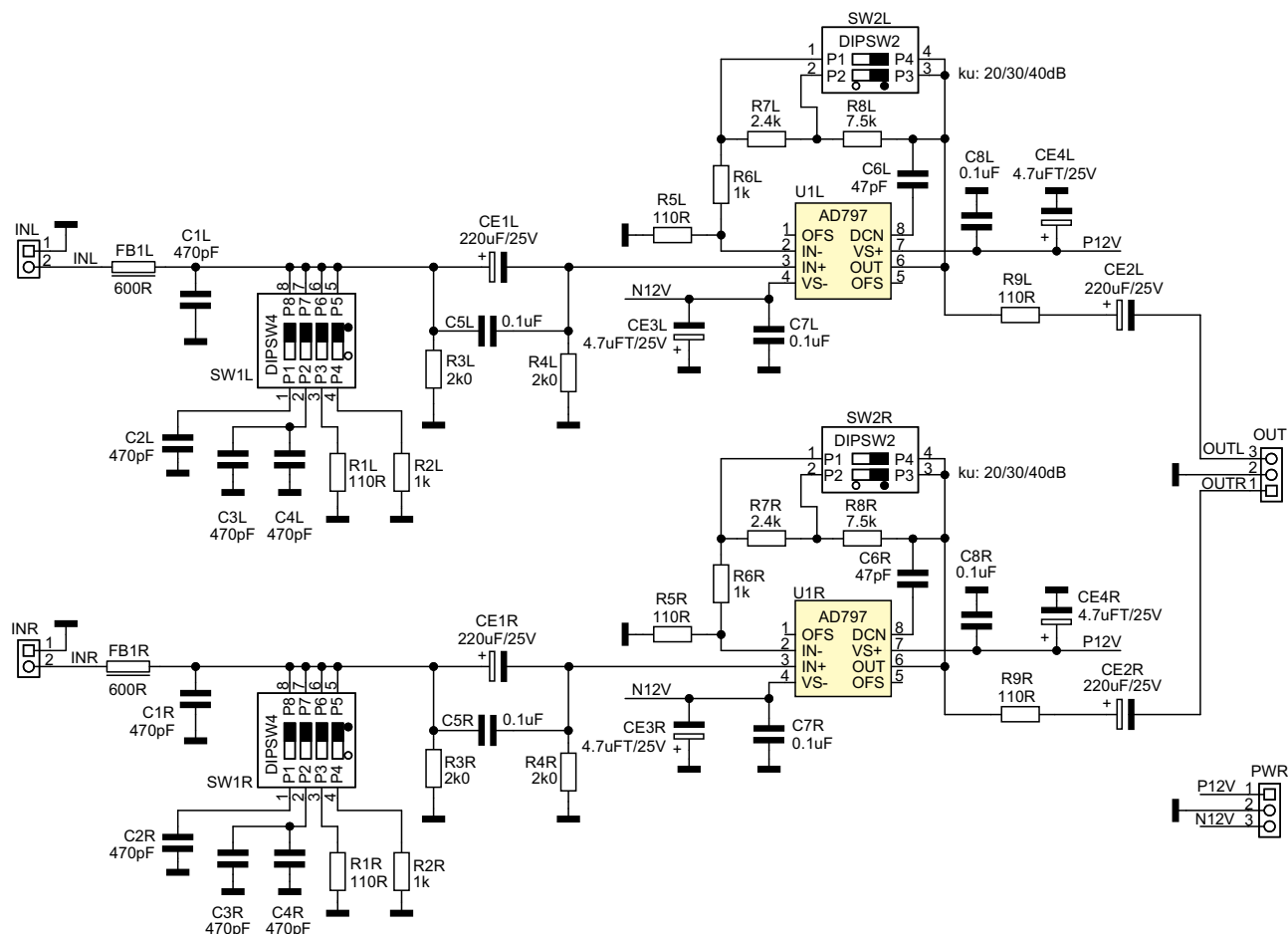
**Specjalistyczne szkolenia
dla elektroników
i automatyków**



techdays@techdays.pl
TECHDAYS.PL



CERTYFIKOWANY
PARTNER
SZKOLENIOWY



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

Dodatkowe materiały do pobrania
ze strony **www.media.avt.pl**

W ofercie AVT* AVT-5697

Podstawowe parametry:

- przedwzmacniacz do wkładki gramofonowej MC,
- wybór wzmocnienia +20/30/40 dB,
- regulacja impedancji do optymalnego dopasowania wkładki,
- zasilanie ± 15 V

Wykaz elementów:

R1L, R1R, R5L, R5R, R9L, R9R: 110 Ω SMD1206
R2L, R2R, R6L, R6R: 1 k Ω SMD1206
R3L, R3R, R4L, R4R: 2 k Ω SMD1206
R7L, R7R: 2,4 k Ω SMD1206
R8L, R8R: 7,5 k Ω SMD1206
C1L, C1R, C2L, C2R, C3L, C3R, C4L, C4R: 470 pF
C7, 2x4, 5P5, 0
C5L, C5R: 100 nF C7, 2x4, 5P5, 0
C6L, C6R: 47 pF SMD0805
C7L, C7R, C8L, C8R: 100 nF SMD0805
CE1L, CE1R, CE2L, CE2R: 220 μ F/25 V
CE3L, CE3R, CE4L, CE4R: 4,7 μ F/25 V tantalowy
U1L, U1R: AD797
FB1L, FB1R: koralik ferrytowy 600 Ω SMD1206
INL, INR: DG381-3.5-2
OUT, PWR: DG381-3.5-3
SW1L, SW1R: DIP5W4
SW2L, SW2R: DIP5W2

*** Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.
Istnieje możliwość zwrotu.

Wymagana umiejętność lutowania!
Podstawowa wersja zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] - zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw

■ wersja [A] płytką drukowaną bez elementów i dokumentacji

Wersja [A] - płytka drukowana bez elementów i dokumentacji
kity w których występuje układ scalony wymagający

- wersja [A+] - płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ

[UK] i dokumentacja

■ wersja [UK] - zaprogramowany układ
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda

wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności

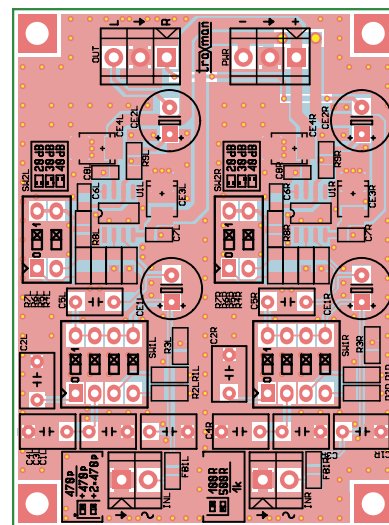
na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płyt drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl

drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kitye@vt.pl.

wzmocnieniu U1. AD797 został wybrany ze względu na wymagany niski poziom szumów przy współpracy ze źródłami o niewielkiej impedancji wewnętrznej. Wartość wzmacnienia wybierana jest przełącznikiem SW2 w zakresie +20/30/40 dB. Wzmocniony sygnał dostępny jest na złączu OUT. Kondensatory C7, C8/CE3, CE4 odsprężają zasilanie. Układ wymaga zewnętrznego niskoszumowego zasilania ± 15 V doprowadzonego do złącza PWR np. AVT5652 z EP10/18. Podane wartości elementów są przykładowe, można oczywiście dopasować je do własnych potrzeb, np. korygując wzmacnienie lub impedancję, aby w łatwy sposób spełnić wymagania nietypowych wkładek MC.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na dwustronnej płycie drukowanej, rozmieszczenie elementów przedstawia **rysunek 2**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga opisu. Należy zadbać tylko o dokładny dobór elementów, warto zastosować kondensatory o tolerancji 2% i wysokiej jakości 1% rezystory metalizowane MiniMelf. Poprawnie zmontowany układ nie wymaga uruchamiania. Całość mieści się w niewielkiej aluminiowej obudowie połączonej z masą układu. Oczywiście wszystkie sygnały audio muszą być doprowadzone wysokiej jakości przewodami



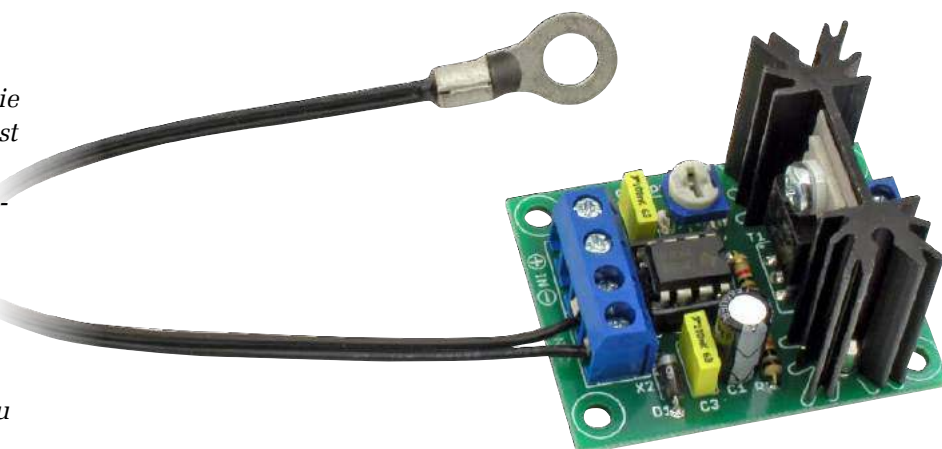
Rysunek 2. Rozmieszczenie elementów

w ekranie. Ekran musi być rzeczywisty, najlepiej składający się z solidnego opłotu miedzianego i warstwy folii, tylko taki przewód zapewnia odpowiednią ochronę przed zakłóceniami, także radiowymi. Dobrze w tej roli sprawdzają się profesjonalne przewody mikrofonowe oraz „radiowe” RG. Położenia przełączników należy ustalić we własnym zakresie w zależności od typu posiadanej wkładki MC. Zmontowana płytka pokazana jest na fotografii tytułowej. Miłego odsłuchu.

Adam Tatus
adam.tatus@ep.com.pl

Sterownik wentylatorów 12 V dużej mocy

Wentylatory są powszechnie stosowane do chłodzenia urządzeń elektronicznych. Mają zastosowanie wszędzie tam, gdzie niemożliwe jest użycie radiatora o odpowiednich wymiarach. Zastosowanie wentylatora umożliwia znaczne zwiększenie wydajności oddawania ciepła do otoczenia. Jednak wentylator włączony na stałe jest rozwiązaniem nieoptymalnym, ponieważ temperatura chłodzonego elementu zależy zwykle od obciążenia.



Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5698

Podstawowe parametry:

- regulacja temp. załączania w zakresie ok. 10...100°C,
- zasilanie 10...18 V,
- obciążenie max. 4 A

Wykaz elementów:

Rezystory:

- R1: 10 kΩ
- R2: 100 Ω (0805)
- NTC: termistor 10 kΩ
- PR1: 10 kΩ

Kondensatory:

- C1: 100 μF
- C2, C3: 100 nF

Półprzewodniki:

- IC1: LM358
- T1: BUZ11

Pozostałe:

- X1...X3: DG301-5.0/2
- Radiator + drobne elementy montażowe

Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

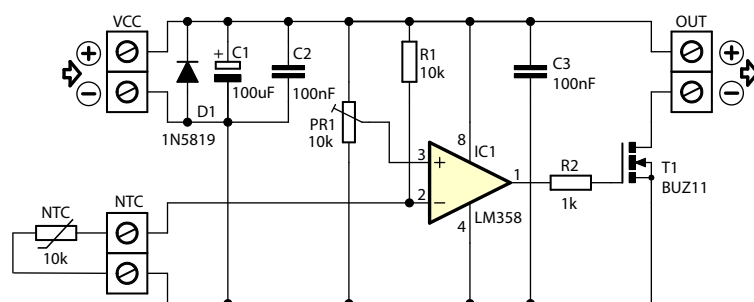
Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
- Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A*] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

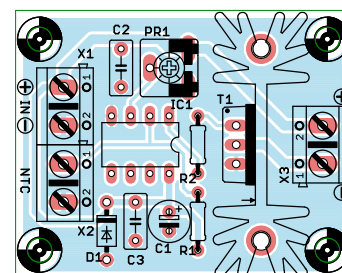
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Schemat układu

Układ pracuje jako termostat, włączając i wyłączając wentylator i tym samym zapewnia nadzorowanemu urządzeniu stabilne warunki pracy. Próg załączenia ustawiany jest przez użytkownika i można go regulować w zakresie od mniej więcej 10°C do około 100°C.

Schemat układu pokazany jest na **rysunku 1**. W układzie zastosowano wzmacniacz operacyjny U1 typu LM358, pracujący w roli komparatora napięcia. Napięcie użytkiwniane z dzielnika z termistorem RT1 porównywane jest z napięciem odniesienia regulowanym potencjometrem PR1. W momencie kiedy pod wpływem temperatury oporność termistora zmaleje poniżej wartości powodującej powstanie na wejściu 2 wzmacniacza napięcia mniejszego od ustawionego na wejściu 3, wyjście wzmacniacza za pośrednictwem tranzystora T1 włączy wentylator. Po zmniejszeniu się temperatury wymuszone chłodzenie wyłączy się.



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Moduł należy zmontować na płytce drukowanej o wymiarach 45×38 mm, której widok z ułożeniem elementów pokazano na **rysunku 2**. Cały układ zawiera niewielką liczbę elementów, a sam montaż jest typowy i nie powinien przysporzyć problemów. Montaż rozpoczynamy od wylutowania w płytkę rezystorów i innych elementów o niewielkich rozmiarach, a kończymy, montując złącza śrubowe i tranzystor uprzednio przykręcony do radiatora. **EB**

REKLAMA

0 projektach, mini i soft dyskutuj
na <https://forum.ep.com.pl>

Clock

Zostałem poproszony o zaprojektowanie układu prostego i taniego zegara czasu rzeczywistego o podstawowej funkcjonalności i niewielkich wymiarach zewnętrznych – tak oto powstał projekt Clock.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5699

Podstawowe parametry:

- napięcie zasilania 3...5 V
- średni prąd obciążenia 70 mA

Wykaz elementów:

Rezystory: (obudowa SMD 0805)

R1: 47 kΩ
R2...R5, R7...R9: 270 Ω
R6: 130 Ω
R10...R13: 2,2 kΩ

Kondensatory: (obudowa SMD 0805)
C1: 100 nF

Półprzewodniki:

U1: ATmega48 (TQFP32)
T1...T4: BC807 (SOT23)
LED: wyświetlacz typu LED-AF5643FS

Inne:

SET, OK: mikroswitch TACT 6 mm
Q1: rezonator kwarcowy SMD 32768 Hz

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawowa wersja zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji
- wersja [UK] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności

na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Budowa i działanie

Schemat urządzenia pokazano na **rysunku 1**. Zaprojektowano dość prosty system mikroprocesorowy zbudowany z wykorzystaniem popularnego mikrokontrolera firmy Atmel typu ATmega48 taktowanego wewnętrznym, wysokostabilnym oscylatorem o częstotliwości 1 MHz, którego zadaniem jest realizacja wszystkich założonych funkcjonalności. Mikrokontroler ten realizuje tutaj dwa podstawowe zadania: obsługę programowego zegara czasu rzeczywistego RTC oraz obsługę wyświetlacza LED.

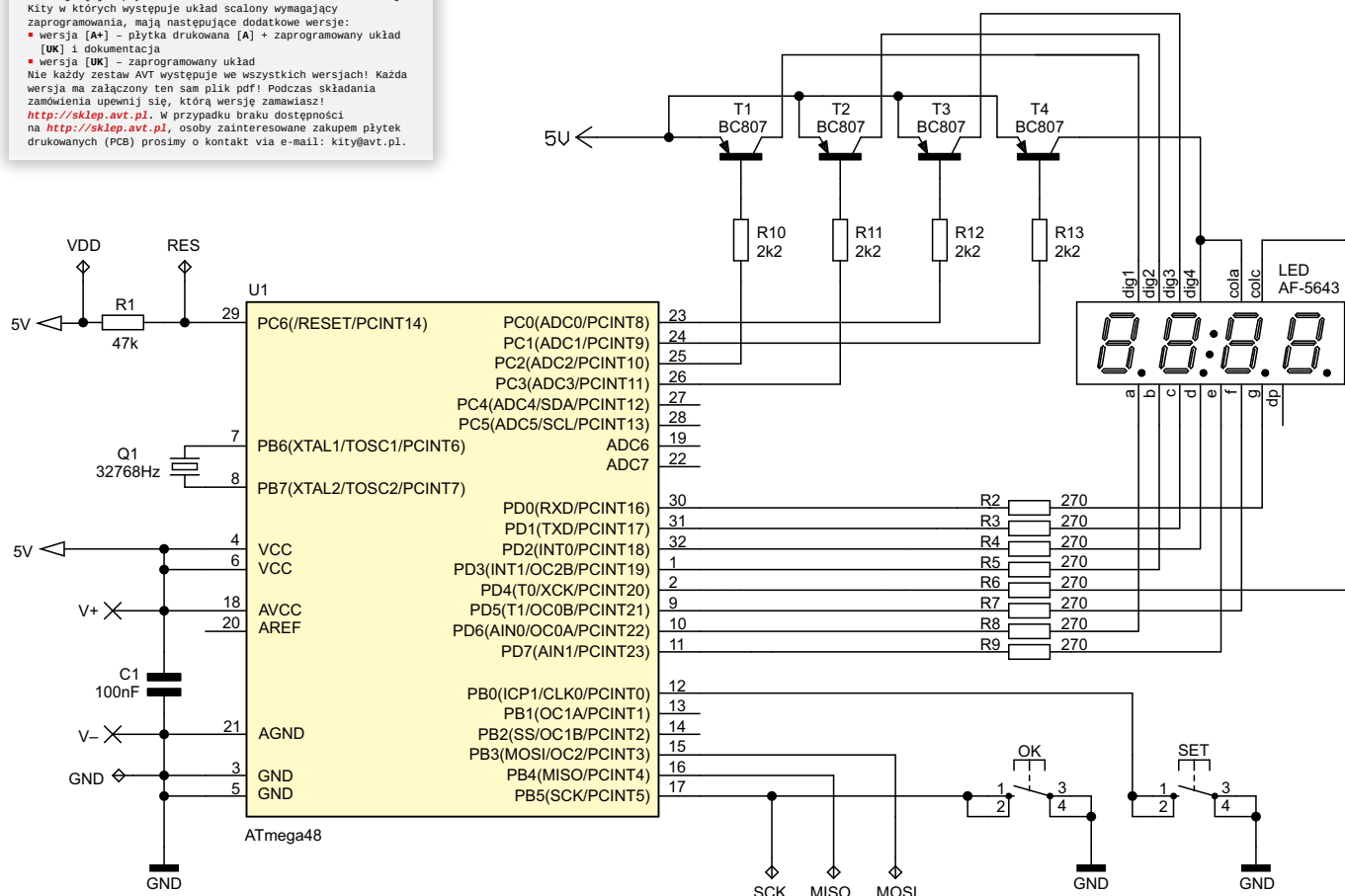
W celu realizacji zegara czasu rzeczywistego, w jego najprostszej formie, wykorzystano układ czasowo-licznikowy Timer2, wbudowany w mikrokontroler, pracujący w trybie asynchronicznym i taktowany przy

udziale zewnętrznego rezonatora kwarcowego o częstotliwości 32768 Hz. Odpowiednio skonfigurowany Timer2 generuje co 1 sekundę przerwanie od przepełnienia licznika, co wykorzystano do programowej realizacji prostego zegara czasu rzeczywistego. Sposób konfiguracji układu czasowo-licznikowego Timer2 w celu realizacji zegara czasu rzeczywistego pokazano na **listingu 1**.

Co ważne, dla przejrzystości realizacji założonej funkcjonalności (zegara czasu

Ustawienia Fuse-bitów (ważniejszych):

```
CKSEL3...0: 0010
SUT1...0: 10
CKDIV8: 0
CKOUT: 1
DWEN: 1
```



Rysunek 1. Schemat ideowy urządzenia Clock

Listing 1. Konfiguracja układu czasowo-licznikowego Timer2 w celu realizacji zegara czasu rzeczywistego

```

void megaRTCinit(void){
    //Timer2 taktowany za pomocą kwarcu 32768Hz podłączonego do wypr. TOSC1/TOSC2
    ASSR |= (1<<AS2);
    //Preskaler = 128, przerwanie przepełnienia co 1s (32768/128/256)
    TCCR2B = (1<<CS22)|(1<<CS20);
    while(ASSR & ((1<<TCN2UB)|(1<<OCR2AUB)|(1<<OCR2BUB)|(1<<TCR2AUB)|(1<<TCR2BUB))); //Oczekiwanie na aktualizację rejestrów
    //Skasowanie ewentualnych flag przerwań (przez wpisanie jedynek do bitów flag)
    TIFR2 = ((1<<OCF2B)|(1<<OCF2A)|(1<<TOV2));
    //Uruchomienie przerwania od przepełnienia licznika TCNT2
    TIMSK2 = (1<<TOIE2);
}

```

rzeczywistego i stopera) wprowadzono 2 zmienne strukturalne, których zastosowanie upraszcza kod wynikowy i jednocześnie czyni go bardziej przejrzystym. Deklaracje wspomnianych zmiennych pokazano na **listingu 2**. Dalej, na **listingu 3**, pokazano ciało funkcji obsługi przerwania od przepełnienia zawartości licznika Timer2 (wywoływane co 1 s), której zadaniem jest realizacja zegara czasu rzeczywistego i prostego stopera.

Pora na przedstawienie drugiego, kluczowego mechanizmu naszego urządzenia. Mowa o obsłudze 7-segmentowego wyświetlacza LED, która realizowana jest w ramach typowego multipleksowania kolejnych cyfr tegoż wyświetlacza. Jest to zwyczajowe rozwiązanie problemu tego typu pozbawione jakiegokolwiek i niepotrzebnej tutaj finezji. Katody poszczególnych wyświetlaczy LED podłączono bezpośrednio do portu PORTD mikrokontrolera, zaś wspólne anody, poprzez tranzystory sterujące (T1...T4), do portu

Listing 2. Deklaracje zmiennych w realizacji zegara czasu rzeczywistego

```

//Definicja typu odpowiedzialnego za obsługę zegara
typedef struct{
    volatile uint8_t Flag, Hour, Minute, Second;
} clockType;

//Definicja typu odpowiedzialnego za obsługę stopera
typedef struct{
    volatile uint8_t Activity, Flag, Minute, Second;
} timerType;

//Zmienne globalne modułu
extern clockType Clock; //Struktura przechowująca dane zegara
extern timerType Timer; //Struktura przechowująca dane timera

```

PORTC tegoż układu. Następnie skonfigurowano układ czasowo-licznikowy Timer0 wbudowany w strukturę mikrokontrolera w taki sposób, by generował stosowne przerwanie 240 razy na sekundę (czyli 60 razy na każdą cyfrę wyświetlacza LED), w ramach którego wyświetlane są kolejne cyfry zegara. Aby uruchomić mechanizm multipleksowania, niezbędne jest odpowiednie skonfigurowanie układu czasowo-licznikowego Timer0, które pokazano na **listingu 4**.

Do kompletu potrzebne są nam jeszcze definicje dwóch tablic upraszczających mechanizm multipleksowania. Pierwsza z nich, DIGITS[], zawiera definicje poszczególnych cyfr wyświetlacza 7-segmentowego (czyli stanów logicznych na porcie katod wyświetlacza), zaś druga, COMS[], zawiera definicje dla portu sterującego wspólnymi anodami wyświetlaczy LED (czyli stanów logicznych na porcie wspólnych anod wyświetlacza). Na koniec, na **listingu 5**, przedstawię ciało funkcji obsługi przerwania układu czasowo-licznikowego Timer0, realizującą mechanizm multipleksowania wyświetlaczy LED.

Jak widać, zaimplementowano dodatkową funkcjonalność w postaci obsługi migania dowolnej cyfry wyświetlacza LED (gdy ustawiony jest najstarszy bit tejże cyfry), co wykorzystywane jest w trybie edycji nastaw zegara czasu rzeczywistego.

Na koniec, już zupełnie dla porządku, należy dodać, że mikrokontroler sterujący odpowiada również za obsługę prostego interfejsu użytkownika w postaci dwóch przycisków umownie oznaczonych jako OK i SET, przy czym, co istotne, obsługiwane

Listing 3. Ciało funkcji obsługi przerwania realizujące funkcjonalność zegara czasu rzeczywistego

```

//Przerwanie od przepełnienia licznika Timer2 wywoływane 1 raz na sekundę (Timer2
//taktowany kwarcem zegarkowym 32768Hz)
ISR(TIMR2_OVF_vect){
    //Obsługa programowego zegara
    Clock.Flag = 1;

    if(++Clock.Second == 60){
        Clock.Second = 0;

        if(++Clock.Minute == 60){
            Clock.Minute = 0;
            if(++Clock.Hour == 24) Clock.Hour = 0;
        }
    }

    //Obsługa programowego timera
    if(Timer.Activity){
        Timer.Flag = 1;

        if(++Timer.Second == 60){
            Timer.Second = 0;
            if(++Timer.Minute == 100) Timer.Minute = 0;
        }
    }
}

```

Listing 4. Konfiguracja układu czasowo-licznikowego Timer0 w celu realizacji multipleksowania

```

void initMultiplex(void){
    //Porty wspólnych anod i katod, jako wyjściowe ze stanami nieaktywnymi
    //na wyjściach
    SEG_BLANK;
    SEG_AS_OUTPUT;
    COM_BLANK;
    COM_AS_OUTPUT;

    //Konfiguracja układu Timer0 w celu generowania przerwania do obsługi
    //multipleksowania wyświetlacza LED (240 Hz)
    TCCR0A = (1<<WGM01); //Tryb CTC
    TCCR0B = (1<<CS01)|(1<<CS00); //Preskaler = 64
    OCR0A = 64; //240 Hz (przerwanie co 4.167ms)
    //Uruchomienie przerwania Output Compare Match A (od porównania)
    TIMSK0 = (1<<OCIE0A);
}

```

REKLAMA



Specjalistyczne szkolenia dla elektroników i automatyków

STM32

TECHDAYS

techdays@techdays.pl
TECHDAYS.PL

CERTYFIKOWANY PARTNER SZKOLENIOWY

Listing 5. Funkcja obsługi przerwania układu czasowo-licznikowego Timer0, realizująca mechanizm multipleksowania wyświetlaczy LED

```
//Przerwanie obsługi wyświetlacza LED wywoływane co 4,167 ms (60 razy na sekundę dla każdej z cyfr)

ISR(TIMER0_COMPA_vect){
    static uint8_t Nr; //Numer kolejnej cyfry przeznaczonej do wyświetlenia
    //Timer programowy 4ms służący do obsługi migania cyfr wyświetlacza LED
    static uint8_t timer4ms;
    uint8_t currentDigit = Digit[Nr]; //Optymalizacja zmiennej volatile

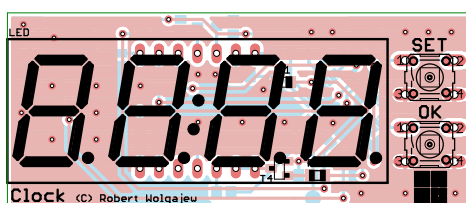
    COM_BLANK; //Wyłączenie wspólnych anod wyświetlaczy LED

    //Sprawdzamy, czy dla danej cyfry uruchomiono funkcję migania (ustawiony najstarszy bit zmiennej)
    if(currentDigit & BLINKING_BIT)
    {
        if(++timer4ms & 0x40) SEG_PORT = pgm_read_byte(&DIGITS[currentDigit & (~BLINKING_BIT)]); else SEG_BLANK;
        //Migamy co 266ms
    }
    //Pobranie kolejnej cyfry na port katod
    else SEG_PORT = pgm_read_byte(&DIGITS[currentDigit & (~BLINKING_BIT)]);

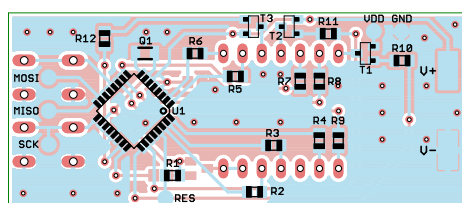
    //Obsługa migania dwukropkiem
    if(++timer4ms & 0x80) SEG_PORT &= ~(1<<SEG_CL);

    //Włączenie odpowiedniej wspólnej anody (aktywny stan „0”)
    COM_PORT &= pgm_read_byte(&COMS[Nr]);

    Nr = (Nr+1) & 0x03;
}
```



Rysunek 2. Schemat montażowy płytki PCB, strona TOP



Rysunek 3. Schemat montażowy płytki PCB, strona BOTTOM

jest zarówno krótkie, jak i długie wciśnięcie każdego z przycisków.

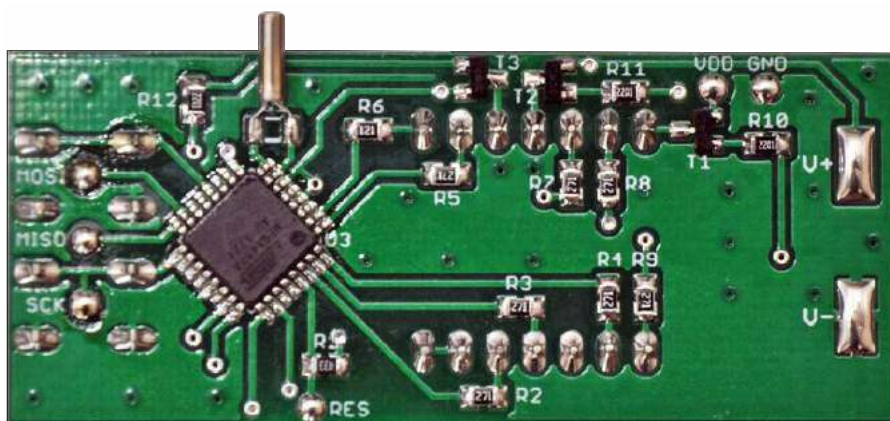
Montaż

Schemat płytki PCB oraz schemat montażowy urządzenia Clock pokazano na **rysunkach 2 i 3**. Zaprojektowano bardzo zwarty obwód drukowany, o wielkości zbliżonej do wielkości zastosowanego wyświetlacza LED, zbudowany ze zdecydowaną przewagą elementów SMD umieszczonych po obu stronach laminatu. Montaż urządzenia rozpoczynamy od warstwy BOTTOM, gdzie w pierwszej kolejności przylutowujemy mikrokontroler sterujący. Następnie lutujemy rezonator kwarcowy SMD, tranzystory sterujące a na koniec elementy bierne. Dalej przechodzimy na warstwę TOP, gdzie montujemy elementy C1, T4 i R13, po czym przylutowujemy wyświetlacz LED. Na koniec przylutowujemy mikroprzełączniki OK i SET. Poprawnie zmontowany układ powinien działać tuż po włączeniu zasilania. Zmontowaną płytkę od strony BOTTOM pokazuje **fotografia 4**.

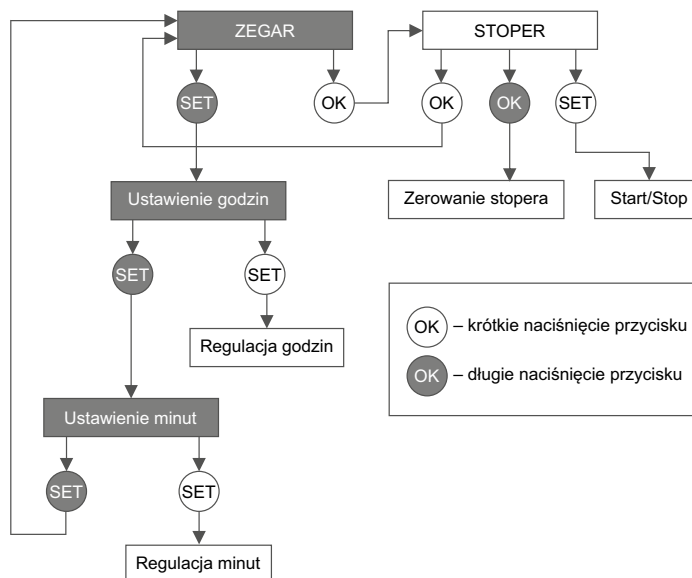
Obsługa

Zgodnie z tym, co napisano wcześniej, interfejs użytkownika naszego urządzenia składa się z dwóch mikroprzełączników umownie nazwanych OK i SET, przy czym obsługiwane jest zarówno krótkie, jak i długie (powyżej 0,5 s) naciśnięcie każdego z elementów sterujących. Diagram obrazujący sposób obsługi urządzenia przedstawiono na **rysunku 5**.

Robert Wołgajew, EP



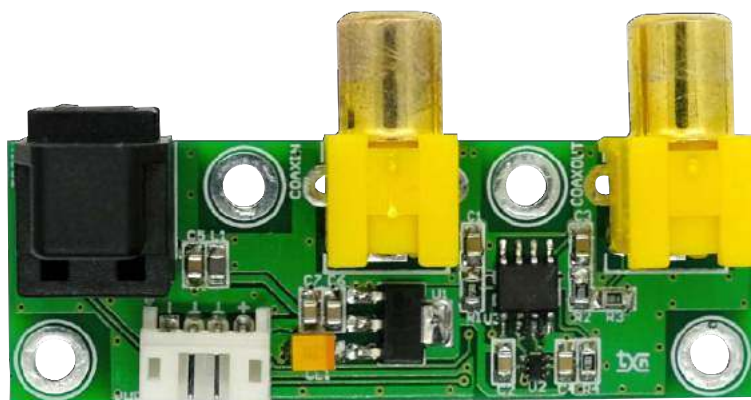
Fotografia 4. Zmontowana płytka od strony BOTTOM



Rysunek 5. Diagram obrazujący sposób obsługi urządzenia Clock

Przełącznik/konwerter TOSLINK/SPDIF

Wiele przetworników DAC ma wejście tylko w standardzie SPDIF (coaxial). Podłączenie do wejścia sygnałów cyfrowych za pomocą światłowodu w standardzie TOSLINK wymaga stosowania zewnętrznych konwerterów i przepinania kabli przy wyborze źródła. Aby pozbyć się tej niedogodności, można zastosować układ przełącznika z konwerterem.



Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5700

Podstawowe parametry:

- wejścia SPDIF oraz TOSLINK,
- wyjście SPDIF,
- zasilanie 5 V, 100 mA.

Wykaz elementów:

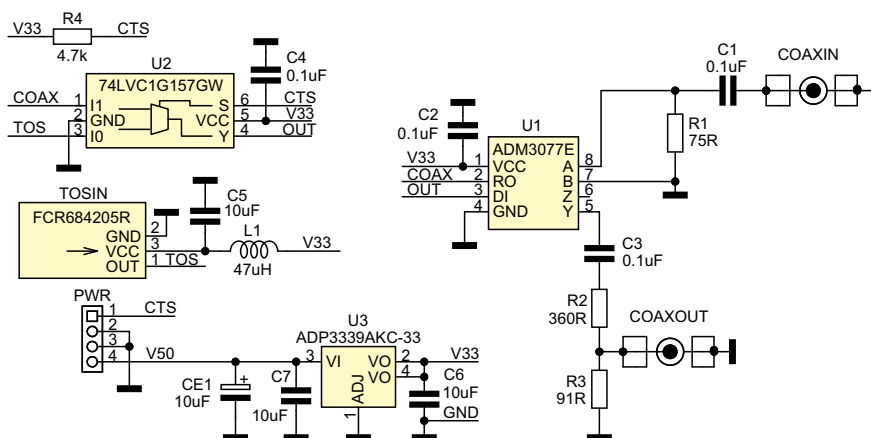
- R1: 75 Ω SMD0805
- R2: 360 Ω SMD0805
- R3: 91 Ω SMD0805
- R4: 4,7 k Ω SMD0805
- C1...C4: 100 nF SMD0805
- C5...C7: 10 μ F SMD0805
- CE1: 10 μ F/16V SMDA
- U1: ADM3077EARZ
- U2: 74LVC157GW
- U3: ADP3339AKC-33
- TOSIN: FCR684205R
- L1: 47 μ H SMD0805
- PWR: złącze 4 pin
- COAXIN, COAXOUT: złącze SPDIF

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

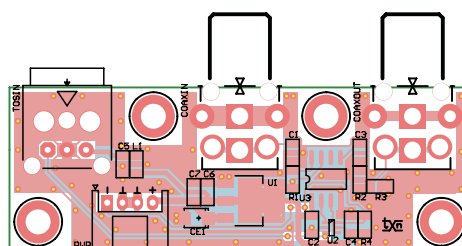
Podstawowa wersja zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
 - wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
 - wersja [Av] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] – zaprogramowany układ
- Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępnego na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Schemat konwertera Toslink-Coax



Rysunek 2. Rozmieszczenie elementów

Schemat urządzenia pokazuje **rysunek 1**. Optyczny sygnał cyfrowy w standardzie Toslink z odbiornika TOSIN typu FCR684205R doprowadzony jest do wejścia I0 multiplexera U2 typu LVC157. Sygnał SPDIF z wejścia COAXIN doprowadzony jest do części odbiornika linii RS422, układu U1 typu ADM3077 i stąd do wejścia I1 multiplexera (U2). Wejście sterujące S

(sygnał CTS) doprowadzone jest do złącza PWR pin 1. Zwarcie wejścia z masą pin 2, 3 złącza PWR wybiera sygnał Toslink, pozostawienie wejścia wyboru niepodłączonego wybiera domyślnie sygnał SPDIF. Rezystor R4 polaryzuje wejście S, wymuszając stan wysoki.

Sygnał OUT z multiplexera doprowadzony jest do układu nadajnika RS422

układu U1, a stąd po dzielniku R2/R3 do wyjścia COAXOUT. Układ zasilany jest napięciem stałym 5 V/150 mA doprowadzonym do złącza PWR. Układ pracuje poprawnie z częstotliwościami próbkowania 32 kHz do 48 kHz. Model przełączał sygnał z odtwarzacza CD i odbiornika TV do wejścia DAC.

Układ nie wymaga uruchomienia, po poprawnym montażu i podłączeniu zasilania jest gotowy do pracy. Rozmieszczenie elementów pokazuje **rysunek 2**, zmontowany układ widać na fotografii tytułowej. Do wyprowadzeń 3 i 4 złącza PWR należy doprowadzić zasilanie 5 V/100 mA, do wyprowadzeń 1 i 2 podłączyć przełącznik ON/OFF służący do wyboru aktywnego wejścia.

Adam Tatus

adam.tatus@ep.com.pl

REKLAMA

KITy AVT na wideo <http://bit.ly/2ScLZTy>

O KIT-ach AVT przeczytasz również na Facebooku <http://bit.ly/2BjVMN7>

--	--	--	--	--	--

Softstart do żarówek samochodowych i nie tylko

Prezentowany układ zapewnia płynne rozjaśnienie dołączonej żarówki, tym samym znacząco przedłużając jej żywotność. Proces rozjaśniania żarówki trwa około 2 sekundy, jest to czas, w którym włókno żarówki w łagodny sposób osiągnie parametry robocze.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5701

Podstawowe parametry:

- czas procesu softstartu ok. 2 s,
- max. moc obciążenia 60 W (bez dodatkowego radiatora),
- zasilanie 10...18 VDC.

Wykaz elementów:

R1, R3: 2,2 kΩ
R2: 1 kΩ
PR1: 10 kΩ
C1, C2: 100 μF/25V
C3, C4: 100 nF
IC1: 78L05
IC2: ATTINY25
T1: IRL2203
LED1: dioda LED
WEJŚCIE, WYJŚCIE: DG301-5.0/2

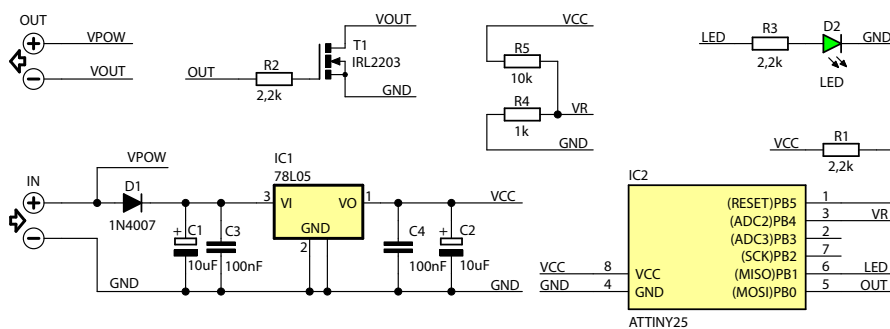
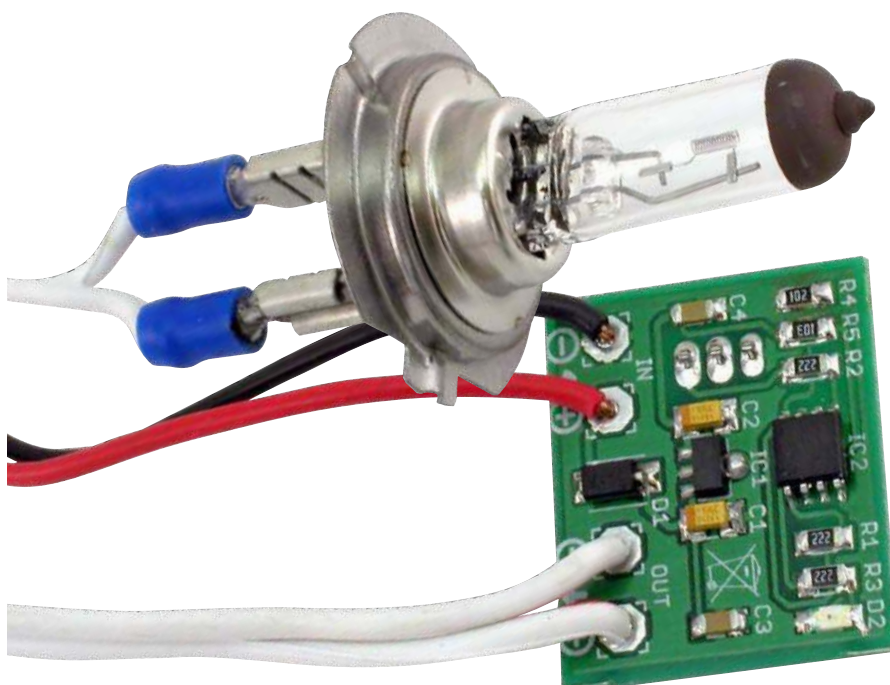
Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętności lutownicza!

Podstawowa wersja zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw
 - wersja [B] (elementy wzlutowane w płytkę PCB)
 - wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
 - wersja [UK] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
 - wersja [A+] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] – zaprogramowany układ
- Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Schemat układu

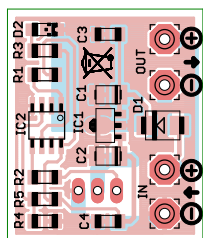
w autach z automatycznym przełączaniem świateł dziennych na światła mijania, kiedy to automatyka w zależności od panujących warunków zewnętrznych potrafi nader często manipulować oświetleniem samochodu.

Budowa i działanie

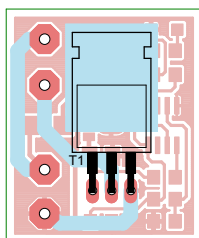
Schemat ideowy urządzenia pokazano na **rysunku 1**. Układ włączany jest między źródło zasilania a odbiornik. Dioda D1 zabezpiecza układ przed dołączeniem go do napięcia o niewłaściwej polaryzacji. Napięcie wejściowe jest podawane na stabilizator IC1

typu 78L05, natomiast kondensatory C1...C4 zapewniają odpowiednią filtrację tego napięcia. Pracą układu steruje mikrokontroler IC2 ATTINY25, a jego praca rozpoczyna się natychmiast po dołączeniu napięcia zasilania.

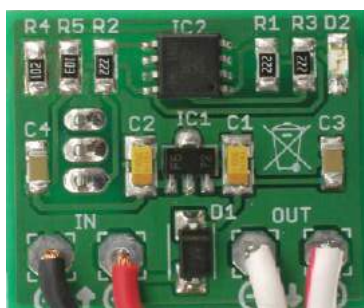
Czas trwania procesu rozjaśniania trwa około 2 sekund, ale w razie potrzeb można dostosować go do własnych potrzeb, zmieniając wartość rezystora R5. W przypadku użycia softstartu w samochodzie czas rozjaśniania nie powinien trwać zbyt długo, tak aby w momencie przełączenia świateł nie zaskoczyło nas kilka sekund ciemności. Cały



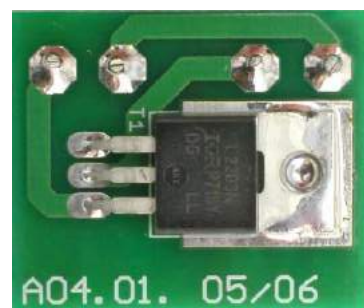
Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów, strona TOP



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów, strona BOTTOM



Fotografia 4. Zmontowana płytkę – strona TOP



Fotografia 5. Zmontowana płytkę – strona BOTTOM

proces rozjaśniania sygnalizowany jest miganie diody LED1, natomiast po jego zakończeniu dioda LED1 będzie świecić światłem ciągłym.

Montaż i uruchomienie

Moduł należy zmontować na płytce drukowanej o wymiarach 31×26 mm, której

schemat pokazano na **rysunkach 2 i 3**. Montaż układu należy rozpocząć od elementów najmniejszych, jako ostatni należy zamontować tranzystor T1. Zmontowana płytka pokazana jest na **fotografiach 4 i 5**, układ jest od razu gotowy do pracy. Montaż modułu w instalacji auta najlepiej przeprowadzić w bezpośrednim sąsiedztwie reflektorów,

stosując po jednym układzie dla każdej żarówki. Przy współpracy z obciążeniami o mocy do 60 W nie jest konieczne stosowanie radiatora i wtedy uchwyt tranzystora T1 można przylutować do płytki jak na **fotografii 5**.

EB

Konwerter enkoder-switcha

W EP 12/13 został opisany układ emulatora enkodera, który generuje sygnał odpowiadający wyjściu kwadraturowemu, po wciśnięciu jednego z przycisków lewo/prawo. Opisane niżej urządzenie działa w drugą stronę, czyli sygnał z mechanicznego enkodera zamienia na ciąg impulsów odpowiadający naciskaniu ręcznie przyciskiem.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5702

Podstawowe parametry:

- zasilanie napięciem stałym 3..5 V
- pobór prądu 1..1,5 mA przy 5 V

Wykaz elementów:

R1, R2, RS, R8, R10: 10 kΩ SMD0805
R3, R4: 330 Ω SMD0805
R9, R11: 1 kΩ SMD0805
C1..C3, C6: 100 nF SMD0805
C4, C5: 10 μF/16 V SMD0805
T1, T2: BC846 lub podobne
U1: Attiny13A-20SSU
J1, J2: goldpin 5 pin męski THT 2,54 mm
RS1: ED1212S-24C24-25F (opis w tekście)

*Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

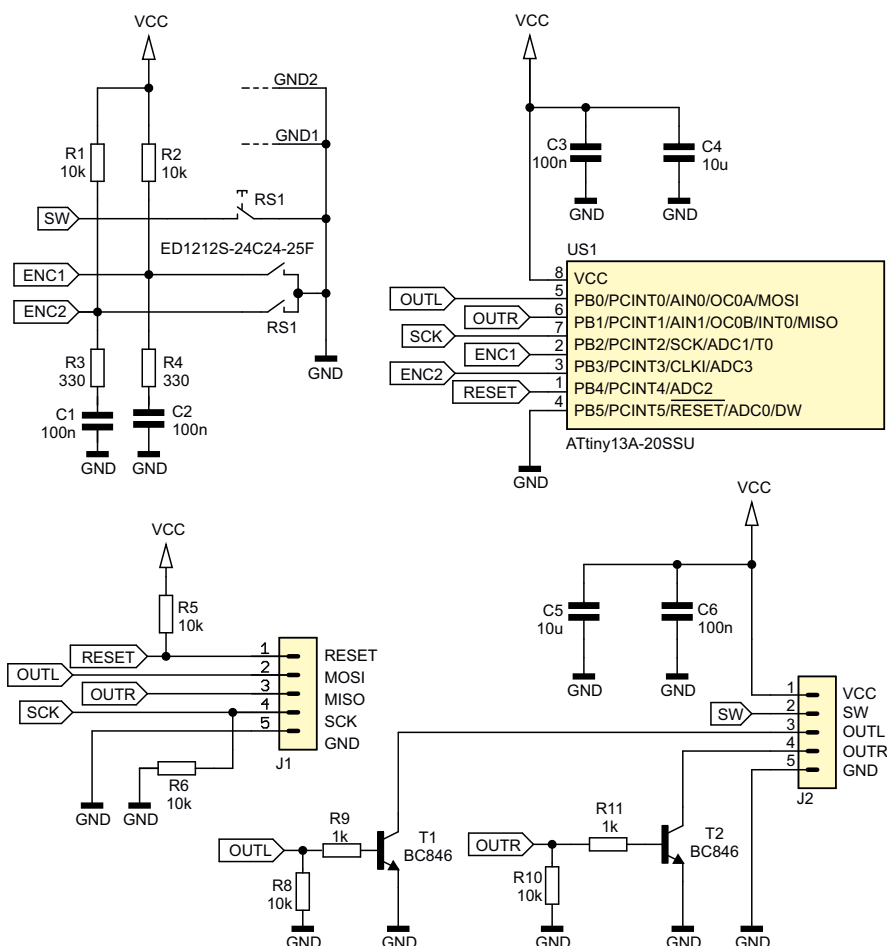
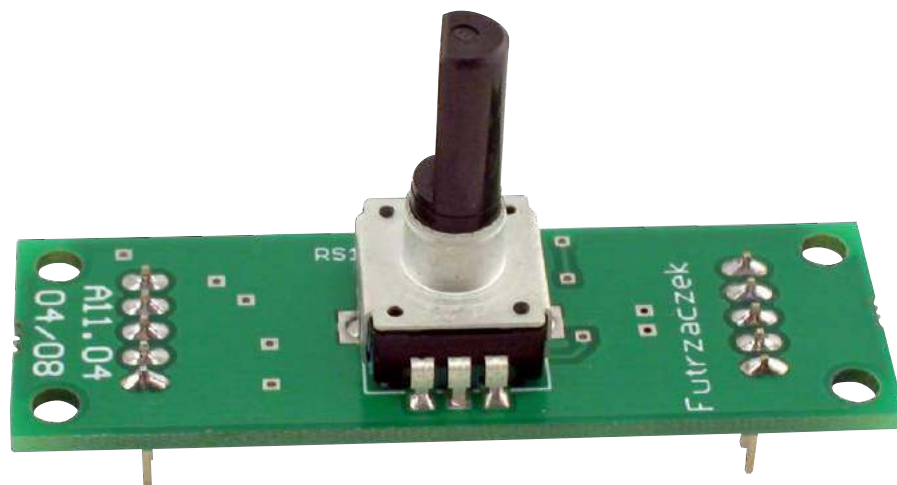
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

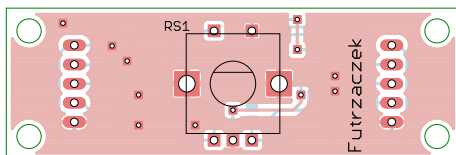
Budowa i działanie

Schemat ideowy układu znajduje się na **rysunku 1**. Styki enkodera są podciągnięte do dodatniego bieguna zasilania przez rezystory R1 i R2, a styk wspólny został podłączony do masy. Zwarcie wymusi zatem niski stan logiczny. Aby zminimalizować wpływ drgania styków podczas przełączania, układ uzupełniono o kondensatory filtrujące ten sygnał, C1 i C2, wraz z szeregowymi opornikami R3, R4.

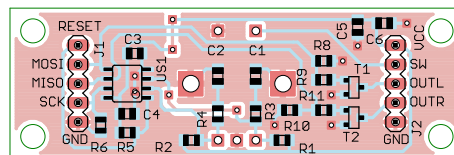
Wyjścia symulujące przyciski mają konfigurację OC (open collector) – czyli w stanie



Rysunek 1. Schemat ideowy konwertera



Rysunek 2. Wzór ścieżek i schemat montażowy płytki PCB, strona TOP



Rysunek 3. Wzór ścieżek i schemat montażowy płytki PCB, strona BOTTOM

aktywnym zwierają do masy. Rezystory R9 i R11 ograniczają prądy baz tranzystorów, zaś R8 i R10 utrzymują je w stanie zatkania.

Podzespołem odpowiedzialnym za interpretację sygnałów wystawianych przez enkoder i generowania sygnałów przycisków jest mikrokontroler ATtiny13A. Ten niewielki układ doskonale się do tego celu nadaje.

Do programowania mikrokontrolera przewidziano złącze J1, na które wyprowadzono sygnały ISP. Potencjały nieużywanych wyprowadzeń RESET i SCK zostały ustalone zewnętrznymi rezystorami R5 i R6.

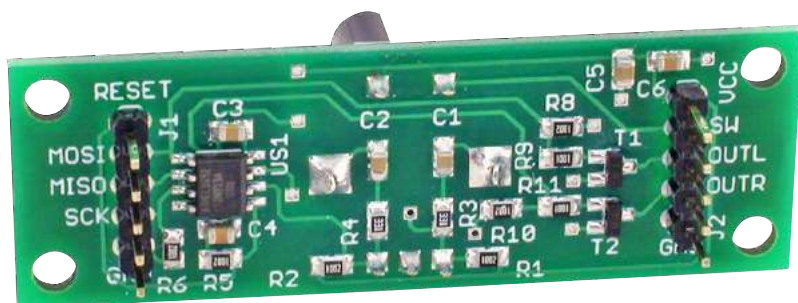
Sygnały wyjściowe konwertera, masa oraz zasilanie znajdują się na wyprowadzeniach złącza J2. Doprowadzono tam również styk

przycisku enkodera, który można dowolnie zagospodarować.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 20×60 mm, której wzór ścieżek i schemat montażowy przedstawiają **rysunki 2 i 3**. W odległości 3 mm od krawędzi znalazły się otwory montażowe. Enkoder położony jest na środku płytki.

Wszystkie elementy montowane powierzchniowo znalazły się po stronie bottom płytki i to od tych elementów należy rozpocząć montaż – **fotografia 4**. Następnie należy wlutować złącza typu goldpin, zaś enkoder na samym końcu, po przeciwnej stronie płytki. Zmontowany układ należy zaprogramować dostarczonym wsadem. Ustawienia fuse-bitów pozostają niezmienione.



Fotografia 4. Widok zmontowanej płytki od strony elementów SMD

Listing 1. Kod źródłowy pętli głównej i procedury obsługi przerwania

```
//-----
// Przerwanie od styków enkodera
//-----
ISR(PCINT0_vect){
    //jeżeli oba impulsy są zakończone
    if(outr == 0 && outl == 0){
        if(bit_is_clear(PINB, PINB3) && bit_is_set(PINB, PINB4)){ enkod[0]++; enkod[1] = 0; }
        if(bit_is_set(PINB, PINB3) && bit_is_clear(PINB, PINB4)){ enkod[1]++; enkod[0] = 0; }
        if(bit_is_set(PINB, PINB3) && bit_is_set(PINB, PINB4)){ enkod[0]++; enkod[1] = 0; }
        if(bit_is_clear(PINB, PINB3) && bit_is_clear(PINB, PINB4)){ enkod[1]++; enkod[0] = 0; }
        if(enkod[0] >= 2){
            outr = PULSE_LEN;
            enkod[0] = 0;
            TCNT0 = 0;
        }
        if(enkod[1] >= 2){
            outl = PULSE_LEN;
            enkod[1] = 0;
            TCNT0 = 0;
        }
    }
}

//-----
// GŁÓWNA FUNKCJA PROGRAMU
//-----
int main(void){
    //konfiguracja wyprowadzeń
    DDRB = (1 << DDB1) | (1 << DDB0); //wyjścia symulujące przyciski
    OUTL_0;
    OUTR_0; //wyłączenie tranzystorów wyjściowych
    //uruchomienie przerw od styków enkodera
    GIMSK = (1 << PCIE); //aktywacja systemu przerw PCINT
    PCMSK = (1 << PCINT4); //przerwanie od pinu PB4

    TCCR0B |= (1 << CS01) | (1 << CS00); //preskaler przez 64

    sei(); //uruchomienie systemu przerw

    while(1){
        //jeżeli licznik TCNT0 nie jest pusty
        if(TCNT0){
            if(outr > TCNT0){ //dopóki trwa odliczanie
                OUTR_1; //zewrzyj wyjście do masy
            } else {
                //w przeciwnym razie, zatkaj tranzystor wyjściowy
                OUTR_0;
                outr = 0; //i zakończ odliczanie
            }

            if(outl > TCNT0){
                OUTL_1;
            } else {
                OUTL_0;
                outl = 0;
            }
        }
    }
}
```

Układ należy zasilac napięciem stałym z przedziału 3...5,5 V. Pobór prądu wynosi ok. 1...1,5 mA przy napięciu 5 V.

Dla ciekawskich

Kod źródłowy programu został napisany w języku C i jego istotny fragment znajduje się na **listingu 1**. Obsługa enkodera odbywa się w przerwaniu zewnętrznym typu PCINT (Pin Change Interrupt). Aby możliwie zminimalizować liczbę błędnych odczytów stanu enkodera, zaimplementowano prosty podział liczby odebranych impulsów przez dwa. Jeżeli zostanie uchwycona nagła

zmiana kierunku ruchu enkodera, zmienna odliczająca dotychczasową wartość zostaje wyzerowana. Dopiero po prawidłowym odliczeniu dwóch następujących po sobie impulsów układ zezwala na wygenerowanie impulsu wyjściowego.

Do odmierzenia długości impulsów wyjściowych służy licznik Timer0. Jego zawartość jest zerowana w momencie rozpoczęcia się impulsu wyjściowego. Zastosowany prescaler przez 64 oraz odliczanie do uzyskania wartości równej 200 przekłada się na impulsy wyjściowe o długości ok. 10 ms. W sytuacji, kiedy oś enkodera obraca się

bardzo szybko, impulsy zlewają się ze sobą, ponieważ kolejny impuls jest generowany tuż po zakończeniu poprzedniego.

Pobór prądu waha się w zależności od tego, w jakim położeniu zatrzymał się enkoder. Jeżeli któryś z jego styków zwiera do masy, to przez rezystor podciągający stale płynie prąd o natężeniu ok. 0,3...0,5 mA (w zależności od napięcia zasilającego). Implementacja trybów oszczędzania energii w mikrokontrolerze nie była zatem celowa, ponieważ jego pobór prądu nie przekracza 1 mA w stanie aktywnym.

Michał Kurzela, EP

Moduł dodatkowych portów IO

Czasami zdarza się, że w konstruowanym urządzeniu potrzebne są dodatkowe porty IO. W takiej sytuacji można użyć scalonego ekspandera, który poprzez dwie linie magistrali PC daje dostęp do wielu linii IO.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5703

Podstawowe parametry:

- komunikacja poprzez interfejs I²C,
- 8 linii I/O pracujących jako wyjścia lub wejścia cyfrowe,
- zasilanie 3,3 V.

Wykaz elementów:

R1..R4: 10 kΩ SMD0805
C1, C2: 100 nF SMD0805
IC1: PCA9507DP TSSOP8
IC2: STMPE801 SO-16
SV1: goldpiny proste 2x8
SV2: goldpiny proste 1x4

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym UKI) – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji
- Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A*] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UKI] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

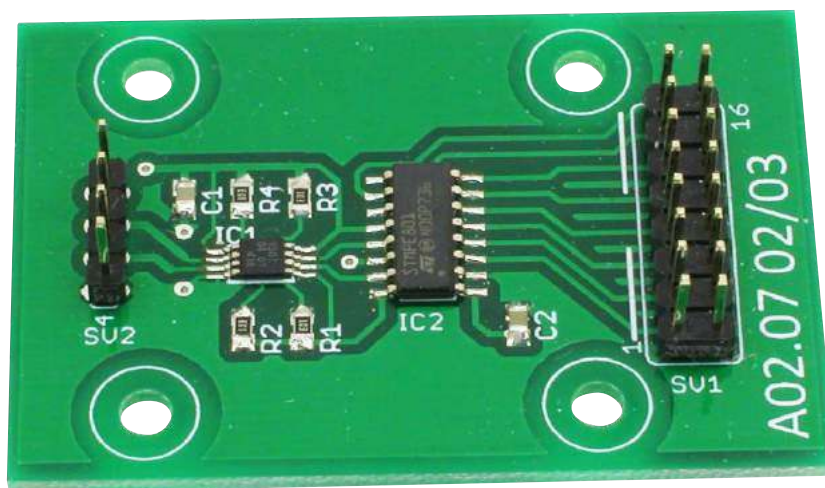
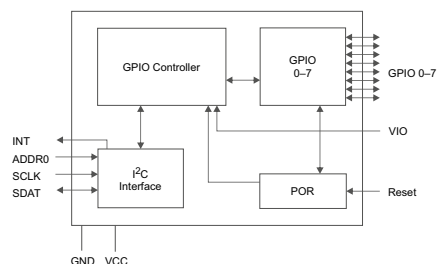


Tabela 1. Zestawienie rejestrów wewnętrznych STMPE801

Nazwa rejestru	Adres	Opis funkcji
Chip ID	0x00	Odczyt: zwraca 16-bitowy kod układu 0x0801
Version ID	0x02	Odczyt: zwraca wartość 0x02
SystemControl	0x04	Zapis: b7 :1 programowe zerowanie układu b6 :1 wyłączenie komunikacji magistralą I ² C. Przywrócenie komunikacji możliwe po ponownym włączeniu zasilania lub podaniu poziomu niskiego na wyprowadzenie RESET b2 :1 włączenie :0 wyłączenie aktywności wyprowadzenia INT b0 :1 polaryzacja wysoka :0 polaryzacja niska wyprowadzenia INT podczas sygnalizacji wystąpienia przerwania
IEGPIOR	0x08	Zapis: b7-0 :1 włączenie :0 wyłączenie zezwolenia na generowanie przerwania przez zmianę poziomu na wyprowadzeniu odpowiedniego portu pracującego w trybie wejścia
ISGPIOR	0x09	Odczyt: b7-0 :1 sygnalizacja przerwania przez odpowiedni port. Po odczycie bity ustawione są automatycznie kasowane
GPMR	0x10	Odczyt: b7-0 sygnalizacja poziomu logicznego na odpowiednim porcie
GPSR	0x11	Zapis: b7-0 :1 ustawienie poziomu wysokiego :0 ustawienie poziomu niskiego na odpowiednim porcie pracującym jako wyjście
GPDR	0x12	Zapis: b7-0 :0 odpowiedni port będzie pracował jako wejście :1 odpowiedni port będzie pracował jako wyjście

STMPE801 – ekspander IO

Układ scalony STMPE801 zawiera 8 portów wejścia/wyjścia o programowanych funkcjach. Jego wewnętrzną strukturę pokazano na schemacie blokowym na **rysunku 1**. Wewnętrzny kontroler układu nadzoruje ustawienia i pracę buforów 8 portów IO. Bufory mogą pracować w trybie wejść lub wyjść. W trybie wyjściowym można ustawić na dowolnym porcie stan wysoki lub niski. W trybie wejściowym dla każdego portu z osobna można odczytywać poziom logiczny



Rysunek 1. Schemat blokowy układu STM-PE801

podawanego z zewnątrz napięcia oraz można uaktywnić generowanie przerwania przy każdej zmianie poziomu napięcia wejściowego. Przerwanie będzie ustawiało bit w wewnętrznym rejestrze układu STMPE801. Przerwanie może być dodatkowo sygnalizowane zmianą stanu wyprowadzenia INT układu.

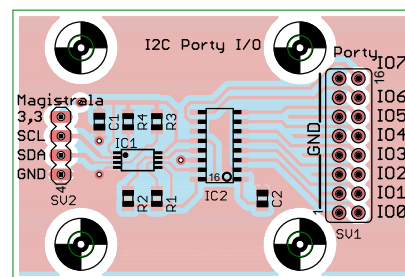
Układ STMPE801 komunikuje się z zewnętrznym sterownikiem poprzez magistralę I²C. Układ reaguje na komunikację magistralą dla jednego z dwu adresów: 0x82 lub 0x88. O wyborze adresu dla układu decyduje ustawienie poziomu logicznego na wyprowadzeniu ADDR0. W systemie do jednej magistrali mogą być jednocześnie podłączone dwa układy STMPE801, każdy

o innym adresie. Ekspander może być zasilany napięciem od 1,65 V do 3,6 V i pracować z poziomami logicznymi odpowiadającymi podanemu zasilaniu.

Sterowanie ekspanderem STMPE801 odbywa się poprzez odczyt i zapis jego wewnętrznych rejestrów. W ten sposób można odczytać poziom logiczny każdego z 8 portów, określić ich funkcję jako wejście lub wyjście, włączać lub wyłączać generowanie przerwania. Odwołanie się do konkretnego rejestru następuje poprzez podanie jego adresu w ramach struktury adresowej ekspandera. Dostęp do rejestrów jest możliwy za pośrednictwem magistrali I²C. Tabela 1 zawiera opis funkcji wszystkich dostępnych rejestrów.

Budowa

Schemat ideowy pokazany jest na rysunku 2. Podłączenie do magistrali I²C realizowane jest poprzez mostek IC1. Wykorzystanie w tej roli układu PCA9507 pozwala przedłużyć magistralę nawet do kilkunastu metrów. Dzięki temu dodatkowe porty można umieścić w znacznej odległości od sterującego ich pracą urządzenia. W zastosowanym rozwiązaniu układ dodatkowych portów będzie reagował na adres 0x82. Podłączone na stałe do zasilania wyprowadzenie RESET



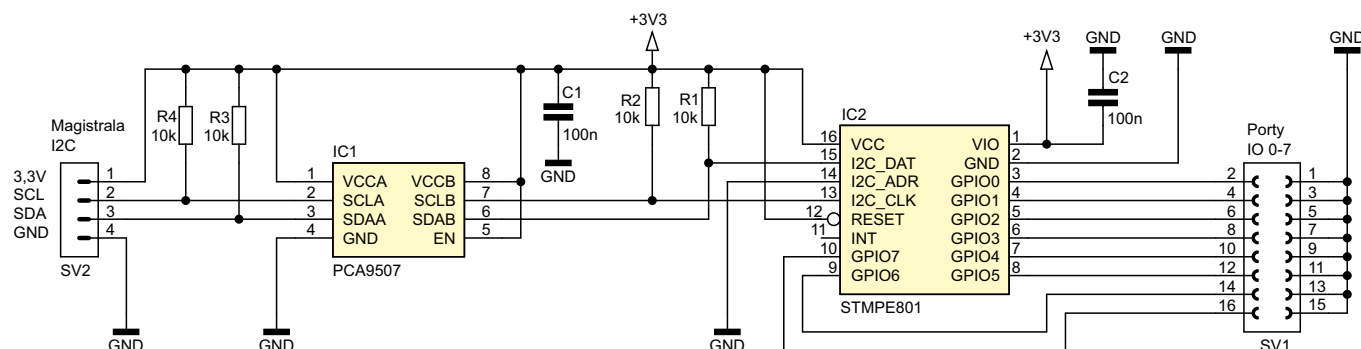
Rysunek 3. Schemat PCB z rozmieszczeniem elementów

jest nieaktywne a wyprowadzenie INT sygnalizujące wystąpienie przerwania nie jest używane.

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów pokazuje rysunek 3. Moduł jest gotowy do pracy od razu po zmontowaniu. Wyprowadzenia portów IO 0...7 są dostępne na złączu SV1. Do złącza SV2 należy podłączyć sygnały SDA i SCL magistrali I²C. Do tego samego złącza trzeba doprowadzić napięcie zasilające o poziomie 3,3 V. Moduł był testowany z magistralą i zasilaniem doprowadzonymi kablami o długości 5 m – działał pewnie i stabilnie.

Ryszard Szymaniak



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu

Programowany układ czasowy 230 V

Prezentowany moduł idealnie sprawdzi się w domowej automatyce jako sterownik oświetlenia, ogrzewania, wentylacji czy sygnalizacji procesów. Jest jednofunkcyjnym przekaźnikiem, który może pracować w jednym z 6 trybów, odtwarzając zaprogramowaną przez użytkownika sekwencję.

Budowa i działanie

Schemat ideowy programowanego układu czasowego 230 V pokazano na rysunku 1. Aby zapewnić pełną separację galwaniczną



Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5704

Podstawowe parametry:

- 6 trybów pracy,
- zapamiętuje i powtarza sekwencję o max. 63 krokach (stanach),
- każdy krok (stan) o czasie trwania od 0,4 s do 1,5 h,
- wyjście przełącznikowe o obciążalności 8 A 250 VAC,
- zasilanie 230 VAC.

Wykaz elementów:

R1, R2: 1 kΩ
R3, R4: 100 kΩ
R5, R6: 3,3 kΩ
C1: 1000 μF
C2: 100 μF
C3...C5: 100 nF
D1: 1N4148
D2: Zener 5,1 V
LD1: LED 3 mm zielona
LD2: LED 3 mm czerwona
M1: DF08
T1: BC547
U1: 7805
U2: ATTINY13
F1: bezpiecznik 100 mA
PK1: RM84, HF115F lub podobny
TR1: 2 VA/6 V
X1...X3: ARK2/7,5 mm
X4: ARK2/5 mm

Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawowa wersja zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wstawić w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw
- wersja [B] (elementy wstawiane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
- wersja [A] – w której występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mający następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

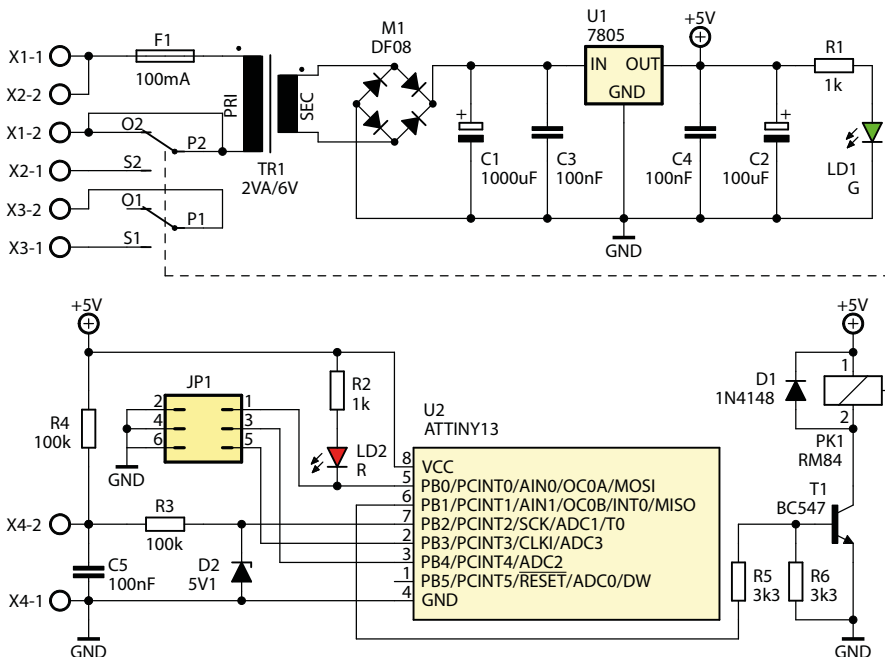
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

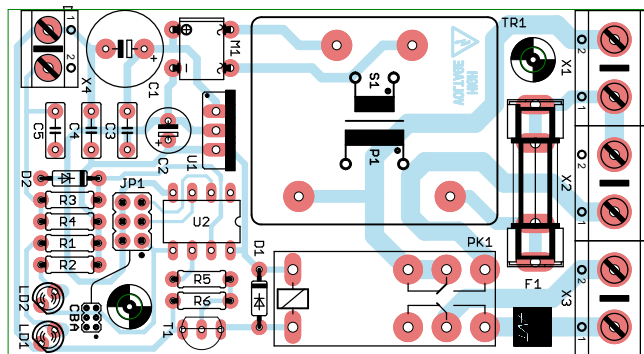
od sieci elektrycznej, w urządzeniu zastosowano transformator małej mocy TR1. Stabilizator U1 dostarcza napięcie +5 V, a kondensatory C1...C4 zapewniają odpowiednią filtrację. Pracą modułu steruje mikrokontroler ATTiny25 (U2) z zawartym w pamięci programem. Urządzenie może działać w jednym z 6 trybów pracy wybieranych ustawieniem zworek na złączu szpilkowym JP1. Poprzez złącze X4 do sterownika jest dołączony przycisk, który służy do uruchomienia procesu odczytania sekwencji. Sekwencja, którą można zaprogramować, może mieć do 63 kroków, a każdy z nich może trwać od około 0,4 sekundy do 1,5 godziny. Diody LED zastosowane w sterowniku świecą w dwóch kolorach, zielonym LD1 i czerwonym LD2. Kolor zielony oznacza dołączenie modułu do sieci, natomiast kolor czerwony załączany będzie w chwili zmiany stanu wejściowego lub wyjściowego oraz podczas programowania. Gdy dioda koloru czerwonego załączana jest na stałe oznacza to, że sterownik znajduje się w trybie programowania. Przełącznik PK1 sterowany jest przez tranzystor T1 z portu PB1 mikrokontrolera.

Montaż i uruchomienie

Układ należy zmontować na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 46×85 mm, której projekt pokazany jest na **rysunku 2**.



Rysunek 1. Schemat układu



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Ułatwieniem podczas montażu będzie fotografia tytułowa. Montaż układu rozpoczynamy od wlutowania w płytkę rezystorów i innych elementów o niewielkich rozmiarach, a kończymy, montując złącza śrubowe przełącznika i transformator. Po zmontowaniu układu trzeba bardzo starannie skontrolować, czy elementy nie zostały wlutowane w niewłaściwym kierunku lub w niewłaściwe miejsca, a przede wszystkim czy podczas lutowania nie powstały zwarcia punktów lutowniczych. Urządzenie zmontowane bezbłędnie, z użyciem zaprogramowanego mikrokontrolera i ze sprawnych elementów, będzie działało od razu po włączeniu napięcia zasilającego. Mając tak przygotowaną płytkę, należy dołączyć układ do sieci elektrycznej (złącze X1) oraz odbiornik np. zasilacz i taśmę LED (złącze X2). Styki przełącznika wyprowadzone na złącza X2 i X3 są od siebie galwanicznie odizolowane. Dodatkowo styki doprowadzone do złącza X3 są bezpotencjałowe. Przycisk ze stykiem zwrotnym należy dołączyć do złącza X4. Płytkę mieści się w obudowie Z-107, która przewidziana jest do montażu na szynie TH35. Wspomniana obudowa ma

szerokość 53 mm, czyli zajmuje trzy moduły/bezpieczniki tzw. S.

Poniżej znajdują się szczegóły pracy każdego z trybów oraz diagramy obrazujące działanie i pozycje zworek odpowiadające ustawianiu każdego z nich. Kolorem szarym zaznaczono pojawienie się napięcia zasilającego, kolorem zielonym stan na wejściu, a czerwonym pracę wyjścia/załączenie przełącznika. Układ wybiera tryb pracy tylko

REKLAMA

Specjalistyczne szkolenia dla elektroników i automatyków



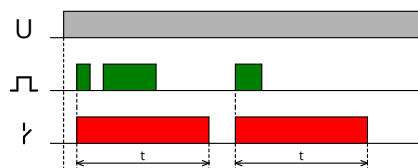
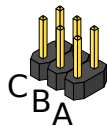
TECHDAYS

techdays@techdays.pl
TECHDAYS.PL

CERTYFIKOWANY PARTNER SZKOLENIOWY

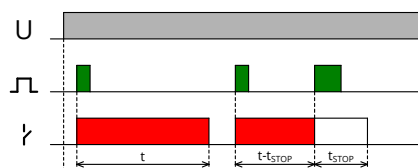
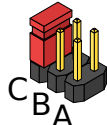
w momencie włączenia zasilania, później stan zworek nie jest sprawdzany przez program zawarty w mikrokontrolerze.

Praca w trybie 1: Włącznik czasowy standardowy. W momencie wciśnięcia przycisku rozpoczyna odliczanie czasu „t” sekwencji. W trakcie odliczania układ nie reaguje na przycisk.

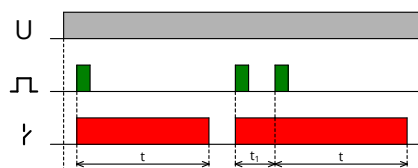


Praca w trybie 2: Włącznik czasowy z zatrzymaniem (STOP). Praca odbywa się jak w trybie pierwszym, ale wciśnięcie przycisku w trakcie odliczania czasu sekwencji powoduje natychmiastowe zakończenie odtwarzania „t – tSTOP”.

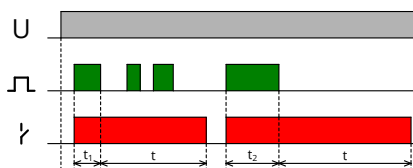
W efekcie odliczanie może zostać przerwane w dowolnym momencie przez ponowne wciśnięcie przycisku.



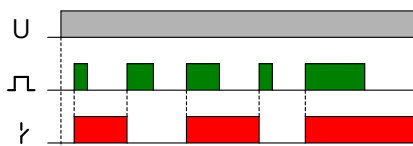
Praca w trybie 3: Włącznik czasowy z przedłużeniem czasu podstawowego „t”. Praca odbywa się jak w trybie pierwszym, ale wciśnięcie przycisku w trakcie odliczania czasu sekwencji rozpoczyna odtwarzanie jej od początku „t1 + t”.



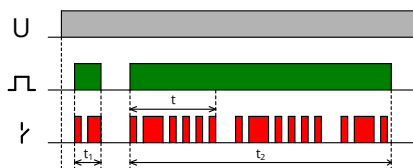
Praca w trybie 4: Włącznik czasowy końcowy. W momencie wciśnięcia przycisku ustawiany jest pierwszy stan sekwencji na wyjściu i układ pozostaje w takim stanie, dopóki przycisk jest wciśnięty – przykład „t1” i „t2”. Po zwolnieniu przycisku rozpoczyna odtwarzanie sekwencji „t”. Dodatkowo w tym czasie nie reaguje na przycisk.



Praca w trybie 5: Przełącznik bistabilny. Każde kolejne wciśnięcie przycisku zmienia stan wyjścia na przeciwny. Zaprogramowana sekwencja nie jest wykonywana.



Tryb pracy 6: Odtwarzanie w pętli. W czasie gdy przycisk jest wciśnięty, na wyjściu występuje zaprogramowana sekwencja odtwarzana w pętli. Zwolnienie przycisku powoduje natychmiastowe zakończenie odtwarzania sekwencji. Ponowne wciśnięcie przycisku rozpoczyna jej odtwarzanie od początku. Kompletna sekwencja oznaczona jest jako „t”.



Tryb programowania sekwencji jest uruchamiany, jeśli zworka będzie ustawiona w pozycji A i zostanie włączone zasilanie układu.



W tym stanie dioda LED LD2 będzie świeciła światłem ciągłym. Kolejne stany (przycisk wciśnięty oraz przycisk zwolniony) występujące na wejściu oraz ich czasy trwania będą zapisywane do pamięci urządzenia. Aktualny stan panujący na wejściu będzie przekazywany na wyjście urządzenia, czyli gdy przycisk będzie wciśnięty, załączony zostanie przełącznik. Programowanie sekwencji zostanie zakończone z chwilą zdjęcia zworki ze złącza JP1 i dioda LED LD2 zaświeci dwukrotnie, po czym wyłączy się. Po tym etapie układ jest gotowy do pracy.

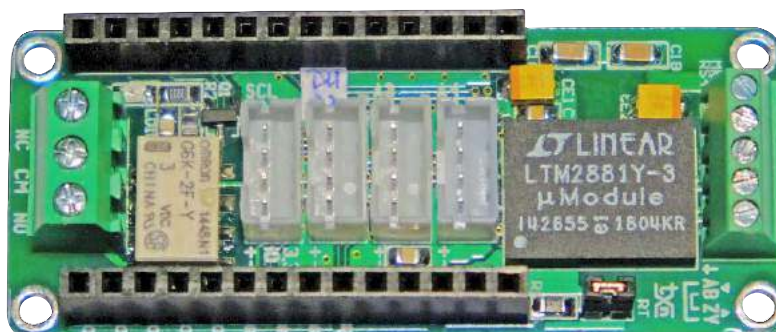
Podczas tworzenia sekwencji należy pamiętać, że stan aktywny na wejściu (wciśnięty przycisk) odpowiada zwarciu wejścia do masy zasilania. Przy programowaniu stanów trwających bardzo długo warto zastąpić przycisk przełącznikiem. Pierwszym stanem sekwencji jest stan z chwili uruchomienia trybu programowania. Dlatego jeśli pierwszym stanem sekwencji ma być stan aktywny (przełącznik załączony), to przycisk musi być wciśnięty jeszcze przed dołączeniem zasilania w trybie programowania. Po zakończeniu sekwencji na wyjściu pozostaje ostatni stan sekwencji. Więc jeśli po zakończeniu sekwencji wyjście ma zostać wyłączone, to ostatnim stanem sekwencji musi być stan nieaktywny (przycisk zwolniony). Po włączeniu zasilania w czasie normalnej pracy (poza trybem programowania), jeśli przycisk jest wciśnięty, to na wyjściu ustawiany jest pierwszy stan zaprogramowanej sekwencji. Jeśli przycisk jest zwolniony, to na wyjściu ustawiany jest ostatni stan zaprogramowanej sekwencji.

Mavin

Izolowany interfejs RS422/485 dla Arduino MKR

Prezentowany układ powstał pod kątem zastosowań w automatyce domowej nowych płytek z serii Arduino MKR, w których procesory z rdzeniem ARM M0+ z powodzeniem zastępują leciwe „Atmegi”.

Płytką umożliwia realizację transmisji w standardzie szeregowym RS422/485 z izolacją galwaniczną, dodatkowo wyposażona



Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5705

Podstawowe parametry:

- rozszerzenie do płytek serii Arduino MKR,
- izolowany interfejs RS422/485,
- wyprowadzone dodatkowe złącza oraz miniaturyowy przełącznik.

Wykaz elementów:

R1: 22 kΩ SMD0805
R2: 2,2 kΩ SMD0805
C1...C3: 100 nF SMD0805
C1A, C1B: 470 pF/1 kV SMD1206
CE1, CE2: 10 μF SMDA
D1: 4148 SMD
LD1: LED SMD0805
Q1: MMUN2214 SOT23
U1: LTM2881CY
RL1: przełącznik 3 V 6K-2F
A01, A23, D34, I²C: złącza proste JST 2 mm
MKR: złącze Arduino 14 pin, 2,54 mm żeńskie
REL: złącze DG 3 pin 3,5 mm
RS485: złącze MPT 2,5 mm 5 pin
RT: listwa SIP2 2 mm + zworka

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

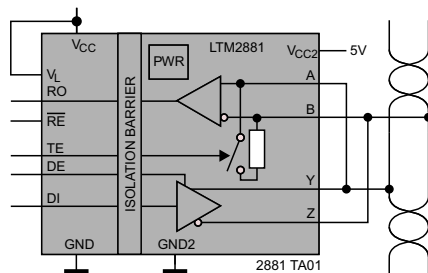
Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawowa wersja zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK]) – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A*] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

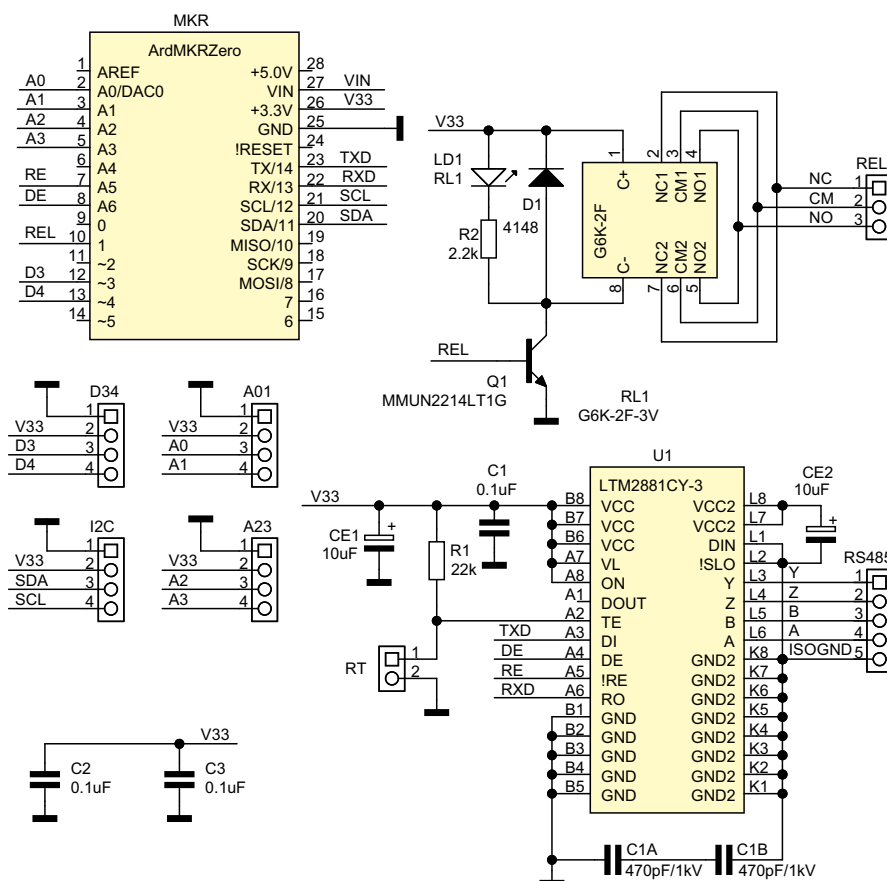


Rysunek 1. Schemat wewnętrzny LTM2881 (za notą AD)

jest w złącza JST4 (2 mm) np. do współpracy z sensorami (A0...A3, D3, D4) i podłączenia magistrali I²C.

Budowa i działanie

Układ izolatora transmisji oparty jest na gotowym module LTM2881 firmy Analog Devices (dawniej Linear Technology), którego schemat wewnętrzny pokazuje **rysunek 1**. Układ zawiera wszystkie niezbędne do realizacji transmisji full/half-duplex wraz z przetwornicą zapewniającą zasilanie części izolowanej i konfigurowanym rezystorem terminującym magistralę. Schemat płytki interfejsu przedstawiony jest na **rysunku 2**. Napięcie zasilania V33, pobierane z płytki MKR, odsprężnięte jest kondensatorami C2

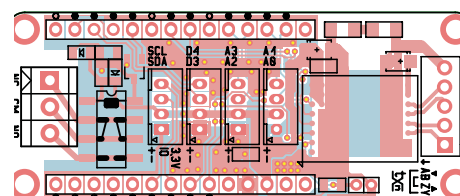


Rysunek 2. Schemat płytki interfejsu

i C3. Moduł izolatora U1 używa sygnałów TXD, RXD oraz dwóch dodatkowych wyjść cyfrowych: DE (A6) aktywujące wbudowany nadajnik (aktywne stanem wysokim) i RE (A5) aktywujące odbiornik (aktywne stanem niskim). Zwora RT (zwarta) wyłącza wbudowany terminator magistrali w torze odbiorczym sygnału. CE1, C1 odsprężają zasilanie U1, CE2 filtruje zasilanie części izolowanej. C1A, C1B oraz płaszczyna miedzi pod układem mają za zadanie redukcję zakłóceń EMI, przy zapewnieniu odpowiedniej bariery izolacyjnej.

Sygnały interfejsu doprowadzone są do złącza RS485. Wyprowadzenia A/B to wejście odbiornika, Z/Y wyjścia nadajnika. Do realizacji magistrali half-duplex RS485 należy zewrzeć zaciski A+Y, B+Z. Do złącza GPIO doprowadzone są 4 porty analogowe A0...A3 (złącza A01, A23), dwie linie cyfrowe D3, D4 (złącze D34) i port I²C (złącze I²C). Ze względu na ograniczoną ilość miejsca złącza GPIO mają raster 2 mm, są to typowe złącza JST 4 pin.

UWAGA: sygnały GPIO zgodne są ze standardem 3,3 V, podłączenie 5 V spowoduje uszkodzenie GPIO.



Rysunek 3. Rozmieszczenie elementów modułu

Dzięki niewielkiemu rozmiarowi modułu U1 możliwe było umieszczenie dodatkowego przełącznika przełączającego RL1, z zachowaniem wymiarów płytek MKR. Przełącznik sterowany jest z wyjścia D1, tranzystor Q1 buforuje pin procesora, załączenie przełącznika sygnalizuje LD1.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, rozmieszczenie elementów pokazuje **rysunek 3**. Montaż nie wymaga szczegółowego opisu, należy tylko poprawnie przyłutować U1. Zmontowana płytka wygląda jak model na zdjęciu tytułowym.

Adam Tatus
adam.tatus@ep.com.pl

REKLAMA

<https://forum.ep.com.pl>

Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED

Nagłe włączenie lub wyłączenie oświetlenia może powodować chwilową dezorientację, zanim wzrok przystosuje się do nowych warunków. Zdecydowanie przyjemniejsze wrażenie wywołuje efekt spowolnionego, płynnego rozświetlania i wygaszania.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5706

Podstawowe parametry:

- sterowanie jednym przyciskiem,
- regulowany czas rozjaśniania i wygaszania w zakresie 3..90 sekund,
- obciążenie wyjścia max. 5 A (ok. 60 W)
- zasilanie 10..18 V.

Wykaz elementów:

R1..R3: 1 kΩ
PR1: 10 kΩ
C1, C2: 100 μF/16 V
C3, C4: 100 nF
IC1: 78L05
IC2: ATTINY25
T1: IRL3705
D1: 1N4007
LED1: dioda LED
SW: DG301-5.0/2
IN, OUT: DG360-7.5/2

Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętności lutowania!

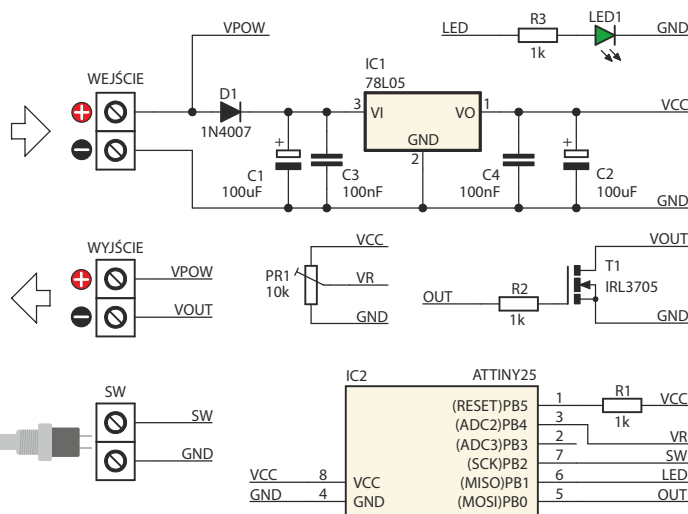
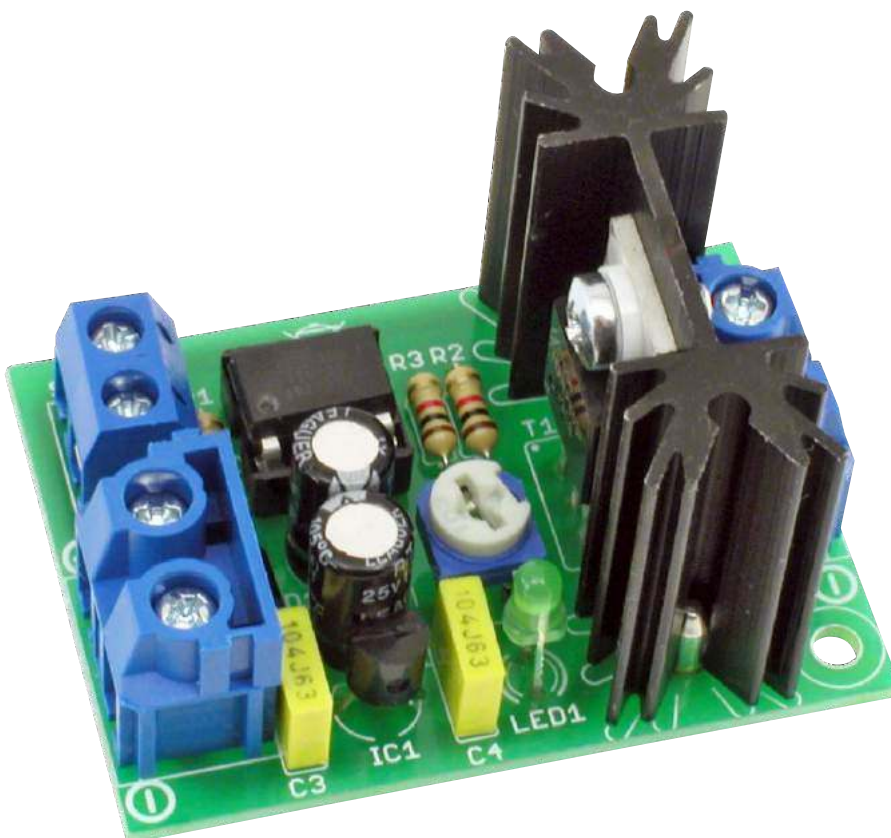
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wstawić w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wstawiane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji
- wersja [UK] – płytki drukowane z dodatkowymi elementami zaprogramowanymi, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A*] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.



Rysunek 1. Schemat układu

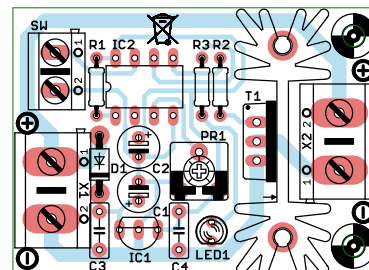
Działanie układu

Prezentowany sterownik polecany jest do taśm LED oraz niektórych żarówek LED pracujących w konfiguracji diody z szeregowym rezystorem (bez układu stabilizującego prąd). Naciśnięcie przycisku uruchamia układ płynnie zaświecający dołączone do wyjścia układu źródło światła. Po ponownym naciśnięciu przycisku nastąpi jego płynne, powolne wygaszenie. Czas rozjaśniania i wygaszania regulowany jest potencjometrem.

Budowa układu

Schemat ideowy sterownika pokazano na rysunku 1. Opisywany układ włączany jest między źródło zasilania a odbiornik. Wymaga zasilania napięciem stałym, może to być akumulator lub dowolny zasilacz o wydajności prądowej odpowiadającej dołączonemu obciążeniu. Dioda D1 zabezpiecza

układ przed dołączeniem go do napięcia o niewłaściwej polaryzacji. Napięcie wejściowe jest podawane na stabilizator IC1 typu 78L05, natomiast kondensatory C1...C4 zapewniają odpowiednią filtrację tego napięcia. Pracą układu steruje mikrokontroler IC2 ATTINY25. Elementem wykonawczym jest tranzystor T1 – IRL3705. Jest to tranzystor typu Logic-Level Gate Drive, dzięki czemu może być sterowany bezpośrednio z mikrokontrolera.

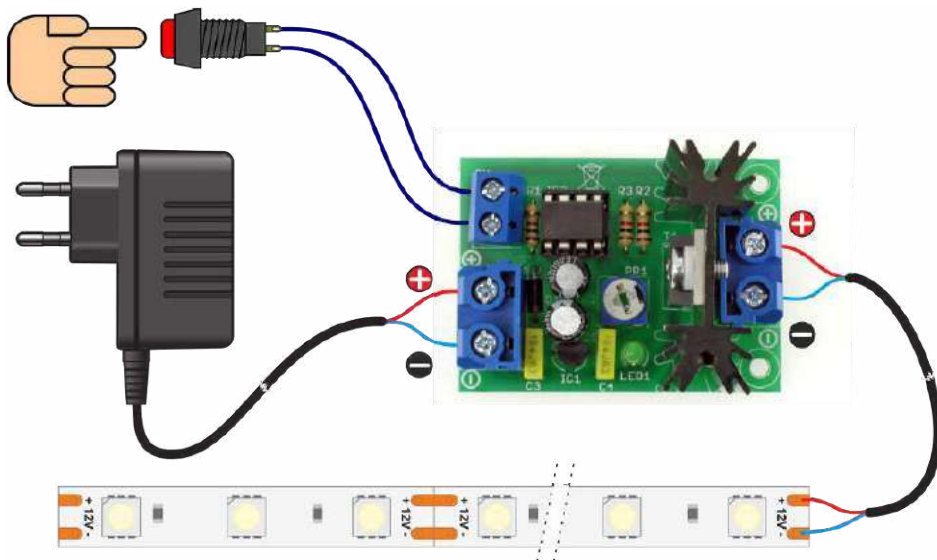


Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

Montaż i obsługa

Moduł należy zmontować na płytce drukowanej o wymiarach 35×48 mm, której schemat montażowy pokazano na **rysunku 2**. Montaż układu rozpoczynamy od wlutowania w płytkę rezystorów i innych elementów o niewielkich rozmiarach, a kończymy, montując podstawkę, kondensatory elektrolityczne, złącza śrubowe oraz tranzystor wraz z radiatorem. Układ po zmontowaniu od razu gotowy jest do pracy. Na **rysunku 3** pokazano sposób podłączenia sterownika.

Czas trwania funkcji rozjaśniania i wygaszania można regulować za pomocą potencjometru PR1 w zakresie od 3 do około 90 sekund. Cały proces sygnalizowany jest migotaniem diody LED1, natomiast po jego zakończeniu dioda będzie świecić światłem ciągłym.



EB Rysunek 3. Sposób podłączenia sterownika

Wyłącznik czasowy ustawiany enkoderem

Wiele urządzeń elektrycznych powinno zostać załączone tylko na określony czas. Niestety, przez zwykłe roztargnienie często zapominamy je wyłączyć. Z pomocą przychodzi elektronika, która odłączy zasilanie po ściśle ustalonym czasie, bez ryzyka wystąpienia pomyłki.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5707

Podstawowe parametry:

- zasilanie napięciem stałym 9...30 V
- załączenie przełącznika na ustalony czas 1...999 min

Wykaz elementów:

R1: 1 Ω SMD0805
R2, R4, R14-R16, R20-R26: 10 kΩ SMD0805
R3: 3,3 kΩ SMD0805
R5...R13: 510 Ω SMD0805
R17...R19: 330 Ω SMD0805
C1: 220 μF/35 V THT
C2: 470 pF SMD0805
C3, C10...C12: 10 μF/16 V SMD0805
C4...C9, C13: 100 nF SMD0805
C14, C15: 15 pF SMD0805
D1...D3: BYS11-90
LED1: AT5636BMR
LED2: zielona 5 mm
T1...T4: IRLML6402
U1: MC34063A S08
U2: ATmega8A TQFP32
J1: ARK 2/5 mm
J2: ARK 3/5 mm
J3: goldpin 5 pin 2,54 mm męski
L1: 330 μH pionowy
PK1: RM50 5 VDC lub podobny
Q1: 16 MHz HC49 SMD
RS1: ED1212S-24C24-25F lub podobny

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu.

Wymagana umiejętności lutowania!

Podstawowa wersja zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw
- wersja [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji

Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:

- wersja [A+] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl> w przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Przedstawiony układ załącza przełącznik na ustalony czas, którego wartość można wygodnie ustawić obrotowym impulsatorem. Zakres regulacji wynosi od 1 min do 999 min z krokiem 1 min. Czas, jaki pozostał do wyłączenia, jest na bieżąco wskazywany na czytelnym, trzycyfrowym wyświetlaczu LED.

Budowa i działanie

Schemat wyłącznika czasowego pokazuje **rysunek 1**. Głównym podzespołem zarządzającym pracą układu jest mikrokontroler Atmega8A. Liczba pinów wejścia/wyjścia, ilość dostępnej pamięci Flash oraz wbudowana nieulotna pamięć EEPROM oraz oscylator do rezonatora kwarcowego to cechy, które doskonale odpowiadają wymaganiom aplikacji.

Dla zapewnienia precyzji odmierzenia czasu częstotliwość sygnału zegarowego jest ustabilizowana rezonatorem kwarcowym Q1, do którego dołączone są kondensatory C14 i C15, ułatwiające jego wzbudzenie. Nieużywane wyprowadzenia zostały spolaryzowane rezystorami R24...R26 do masy. Zasilanie mikrokontrolera zostało dokładnie odsprężnione przy użyciu sześciu kondensatorów ceramicznych C7...C12 a dodatkowo przy wyprowadzeniach doprowadzających zasilanie jest dołączony zestaw kondensatorów 100 nF i 10 μF.

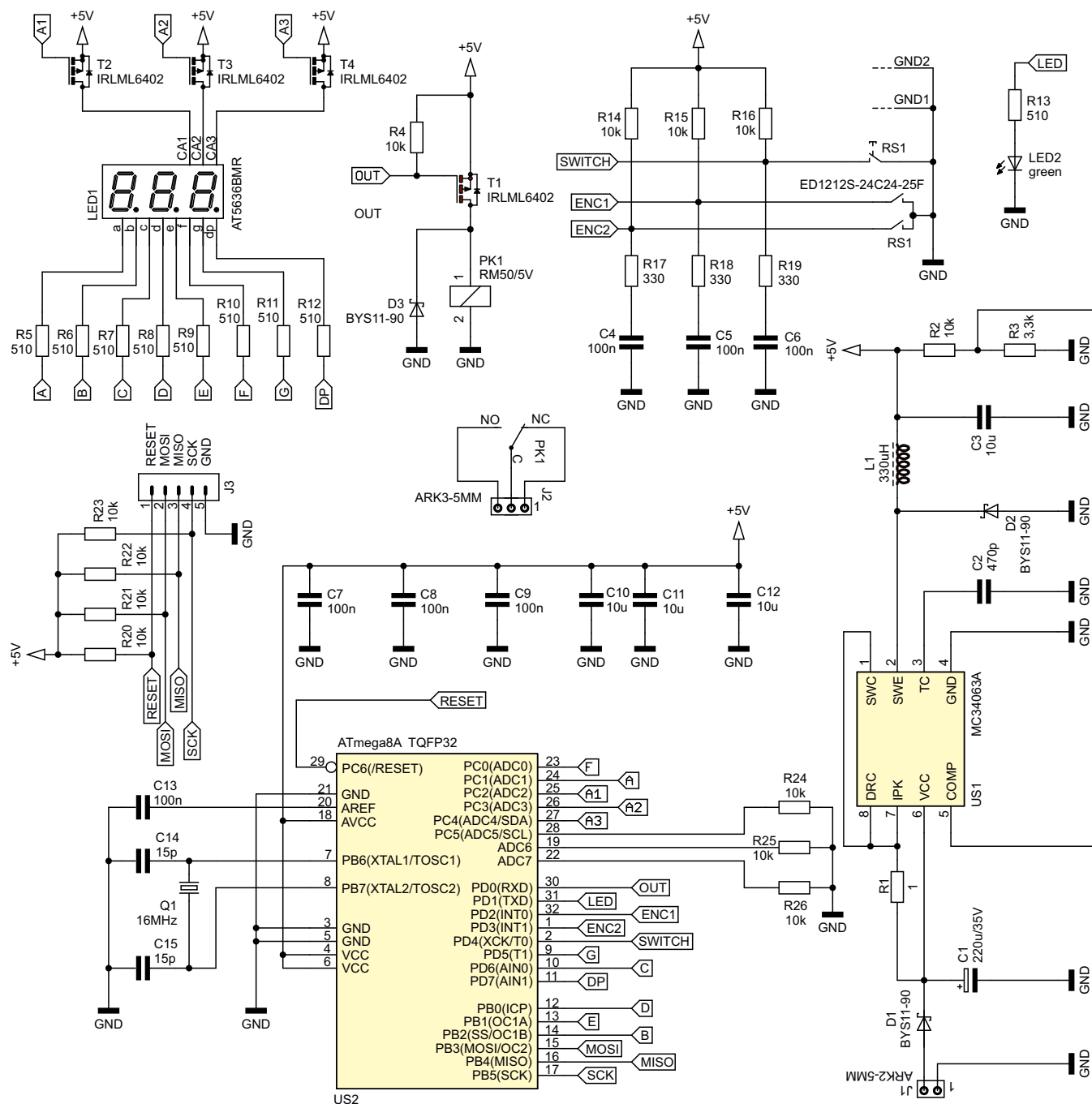
Do zaprogramowania pamięci mikrokontrolera oraz fuse-bitów zostało



przewidziane złącze J3, na które wprowadzono linie sygnałowe przeznaczone dla ISP (In System Programming). Ponieważ nie są używane w czasie pracy układu, zostały podciągnięte do napięcia +5 V poprzez rezystory R20...R23.

Odczyt stanu styków enkodera RS1 odbywa się poprzez przerwania sprzętowe. Dla eliminacji zakłóceń do wyprowadzeń enkodera dodano proste obwody filtrujące, które składają się z szeregowego połączenia rezystora 330 Ω i kondensatora 100 nF. Wysoki stan logiczny na rozwartych stykach zapewniają rezystory podciągające R14...R16.

Wyświetlacz siedmiosegmentowy na diodach LED jest sterowany w trybie multiplexowym. Rezystory R5...R12 ograniczają prąd poszczególnych segmentów do ok. 6 mA.



Rysunek 1. Schemat ideowy układu wyłącznika czasowego

Ponieważ sumaryczny prąd jednej cyfry może wynosić nawet 42 mA, konieczne było dodanie tranzystorów, które będą załączać poszczególne cyfry do dodatniej linii zasilania. Użycie w tej roli tranzystorów MOSFET z kanałem typu P pozwoliło zaoszczędzić miejsce na płycie oraz uprościć układ połączeń, ponieważ nie potrzebują one dodatkowych rezystorów ograniczających prąd bramki. Przy napięciu bramka-źródło na poziomie -5 V rezystancja dren-źródło nie przekracza $65\text{ m}\Omega$.

Wyjściem układu są styki przełącznika typu RM50 – zarówno normalnie zwarty (NC), jak i normalnie rozzwarty (NO). Przełącznik jest włączany po podaniu przez mikrokontroler niskiego stanu logicznego na bramkę tranzystora T1. Aby nie

występowało chaotyczne przełączanie się przekaźnika tuż po włączeniu zasilania, rezystor R4 rozładowuje pojemność bramka-źródło tranzystora sterującego.

Nominalne napięcie zasilania całego układu wynosi 5 V, jednak nie zawsze może być ono dostępne. Dlatego na płycie znalazło się miejsce również na prostą przetwornicę obniżającą napięcie, wykonaną na popularnym układzie MC34063A. Rezystory R2 i R3 realizują ujemne sprzężenie zwrotne i ustalają stabilizowane napięcie o wartości ok. 5 V na wyjściu przetwornicy.

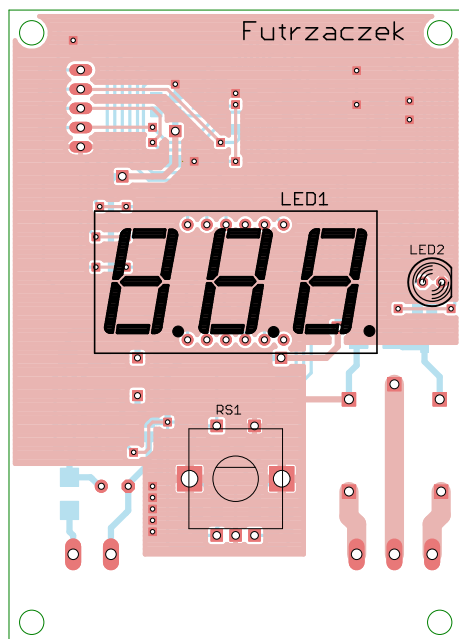
Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 60×84 mm, której schemat montażowy i wzór ścieżek

pokazują **rysunki 2 i 3**. Wszystkie elementy przewlekane, poza enkoderem, wyświetlaczem i diodą LED, zostały umieszczone po spodniej stronie płytki, co szczegółowo pokazuje **fotografia 4**. Dzięki temu inne podzespoły nie utrudniają obsługi urządzenia ani przykręcenia płytki do płyty czołowej obudowy. Kolejność montażu jest dowolna, choć polecam zacząć od elementów montowanych powierzchnijowo.

Dysponując prawidłowo zmontowanym układem, należy podłączyć napięcie zasilające (9...24 V) do zacisków złącza J1 i odpowiednio skonfigurować fuse-bity w mikrokontrolerze, powinny mieć wartości: Low Fuse=0x3F, High Fuse=0xD9.

Ostatnim etapem prac uruchomieniowych będzie zaprogramowanie pamięci Flash



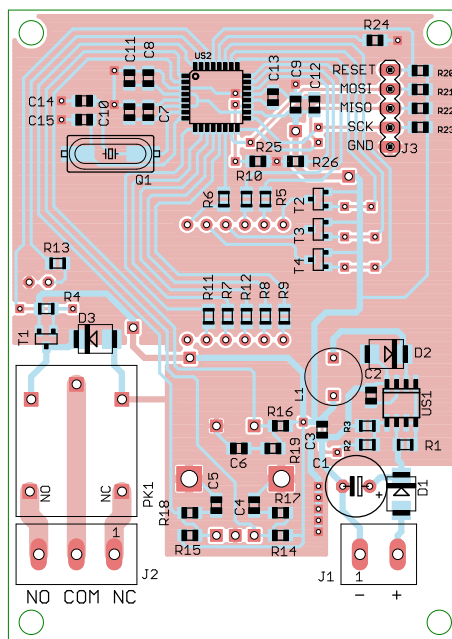
Rysunek 2. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki, strona TOP

układu ATmega8A dostarczonym wsadem. Od tej chwili, układ gotowy jest do pracy.

Eksploatacja

Po włączeniu zasilania wyświetlacz będzie wskazywał „000”, co wskazuje na konieczność ustawieniażądanego czasu do odmierzenia. Wciskając oś enkodera na dłużej (min. 0,5 s) i zwalniając ją, układ wejdzie w tryb ustawiania czasu, co zasygnalizuje miganiem cyfry jedności.

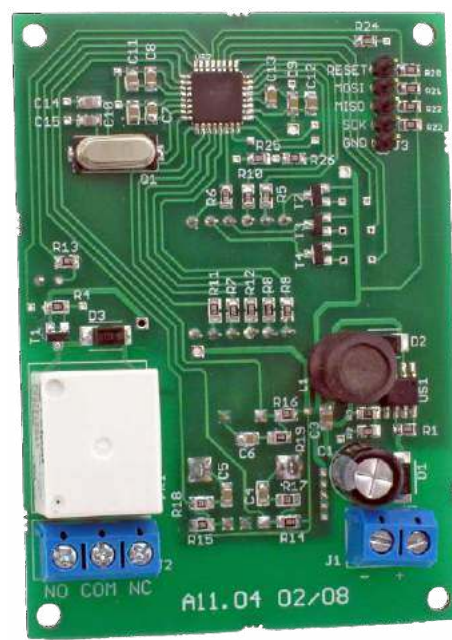
Regulować można tę cyfrę, która aktualnie miga, a przejście do następnej jest możliwe po przyciśnięciu osi enkodera. Przepelnienie



Rysunek 3. Schemat montażowy i wzór ścieżek płytki, strona BOTTOM

danej cyfry powoduje automatyczną inkrementację następnej, np. z „009” licznik przeskoczy na „010”. Po 5 s bezczynności lub po wciśnięciu osi enkodera przy ustawianiu cyfry setek układ zapamiętuje ustawienia w nieulotnej pamięci EEPROM i wraca do trybu normalnej pracy – wtedy żadna cyfra nie miga.

Krótkie przyciśnięcie osi enkodera powoduje załączenie przełącznika i diody LED1, a na wyświetlaczu jest wskazywany pozostały czas (w minutach). Po odliczeniu całego czasu układ wraca do poprzedniego stanu, wyłączając przy tym przełącznik i diodę LED. Możliwe jest wcześniejsze przerwanie



Fotografia 4. Widok spodniej strony płytki po zmontowaniu

odliczania – wystarczy wcisnąć na chwilę oś enkodera. Krótkie wciśnięcie osi przy ustawionym czasie „000” nie spowoduje żadnej reakcji układu.

Pobór prądu przez układ zależy od napięcia zasilania oraz stanu pracy przełącznika. Przy najniższym dopuszczalnym napięciu zasilającym, które wynosi ok. 9 V, pobór prądu wynosi ok. 33 mA/90 mA (przełącznik wyłączony/załączony). Przy 24 V jest to, odpowiednio, 13 mA i 33 mA. Maksymalne napięcie zasilające jest ograniczone przez kondensator C1 do ok. 30 V.

Michał Kurzela, EP

Przedłużacz magistrali I²C

Często obecnie wykorzystywany standard I²C, służy do wymiany danych pomiędzy układami podłączonymi do tej samej magistrali. Zazwyczaj chodzi o grupę układów scalonych w ramach jednego urządzenia, a długość magistrali to kilka – kilkadziesiąt centymetrów. Istnieje jednak sposób, by w razie konieczności połączyć magistralą I²C układy oddalone od siebie nawet o kilkanaście metrów.

Podstawowe informacje o I²C

Magistrala składa się z dwóch linii. Linią oznaczaną najczęściej jako SDA przesyłane są szeregowo bit po bicie dane wymieniane pomiędzy układami. Linią zegarową, często oznaczaną skrótem SCL, przesyłane są impulsy służące



do synchronizacji czasowej przesyłanych linią SDA danych. Obie linie powinny być podciągnięte do napięcia zasilania poprzez oporniki, zazwyczaj o wartości 2...10 k Ω . Układy

korzystające z magistrali są do niej podłączone
wyjściami typu otwarty dren.

Najczęściej do magistrali I²C podłączony jest jeden nadrzędny układ (master) i wiele

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5708

Podstawowe parametry:

- praca z magistralami o napięciach 2,7...5,5 V,
- funkcja konwertera poziomów napięć na magistrali,
- długość magistrali do 18 metrów,
- zasilanie 2,7...5,5 V.

Wykaz elementów:

R1...R4: 10 kΩ SMD0805
C1, C2: 100 nF SMD0805
IC1: PCA9507SO S08
SV1, SV2: goldpiny proste 1x4
JP1: goldpiny proste 1x2

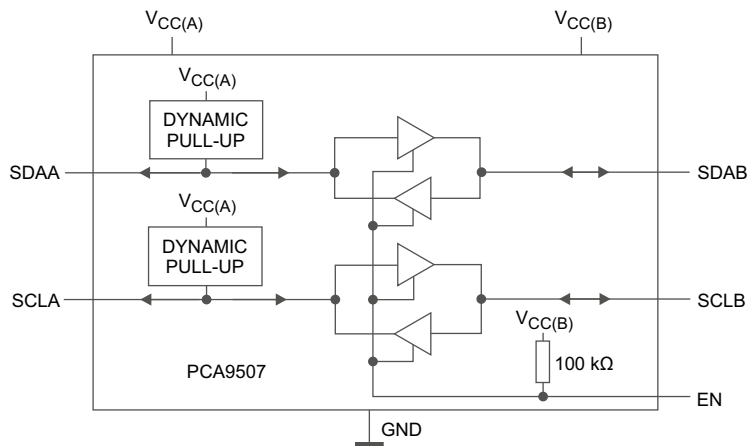
*** Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!**
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
 - wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji Kitu w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatki:
 - wersja [A*] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] – zaprogramowany układ
- Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl> osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

układów podrzędnych, z którymi wymienia dane. W takiej konfiguracji transmisję zawsze inicjuje układ mastera, wysyłając adres wywołanego układu podrzędnego, określając typ transmisji (odczyt lub zapis danych) a także wysyłając na linię SCL impulsy zegara. Standardowa prędkość transmisji może wynosić do 100 kbps a w przypadku tzw. Fast-Mode, do 400 kbps. Przy tak przyjętych założeniach ograniczeniem długości magistrali I²C jest jej szkodliwa pojemność własna, na którą istotny wpływ ma liczba i jakość dołączonych do magistrali urządzeń.

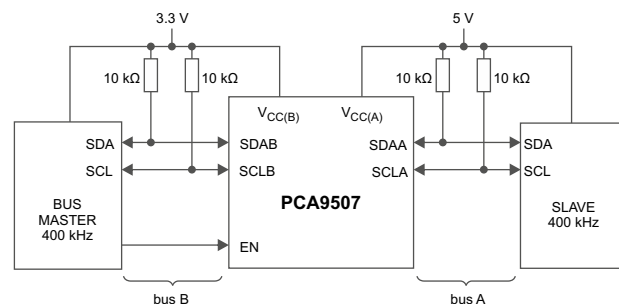
PCA9507 aktywny mostek magistrali I²C

PCA9507 ma dwa dwukierunkowe bufor linii. Jedno z wyjść każdego bufora, ma układy dynamicznego podciągania do napięcia zasilającego (Dynamic Pull-Up) służące do kształtowania i polepszania zboczy przesyłanych impulsów. Każde z wyjść może pracować przy innym poziomie napięcia w zakresie 2,7...5,5 V. Wewnętrzna struktura układu PCA9507 pokazana została na **rysunku 1**.

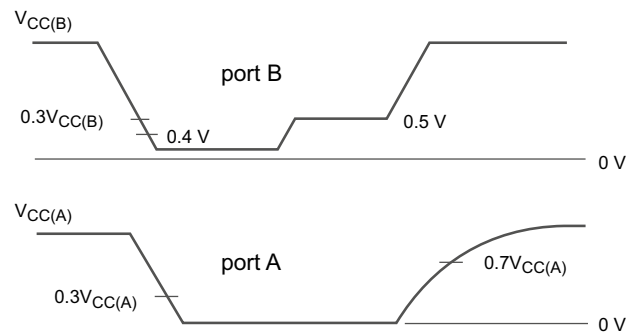


Rysunek 1. Struktura wewnętrzna mostka PCA9507

Dzięki takiemu działaniu układ nadaje się do połączenia ze sobą dwóch części magistrali I²C i będzie służył do dwukierunkowej wymiany sygnałów pomiędzy częściami magistrali. Układ dynamicznego podciągania sprawi, że szkodliwe pojemności będą szybciej przeładowywane, co w efekcie pozwala zwiększyć sumaryczną długość magistrali przy zachowaniu wysokiej szybkości transmisji. Dodatkową korzyścią jest możliwość połączenia ze sobą dwu części magistrali, każda pracująca z innym poziomem napięcia zasilającego. Typowa aplikacja układu PCA9507 przedstawiona została na **rysunku 2**.



Rysunek 2. Typowa aplikacja mostka PCA9507

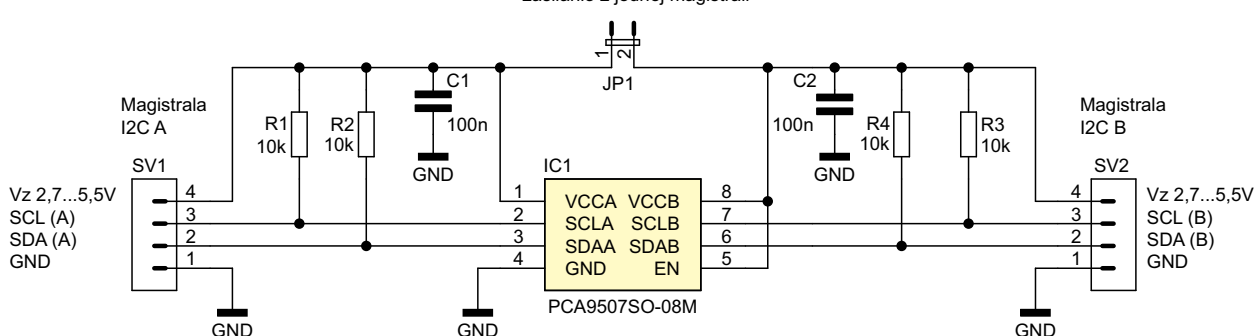


Rysunek 3. Zależności czasowe na wejściu i wyjściu buforu

Na **rysunku 3** pokazane zostały zależności czasowe na obydwu wyjściach (A i B) bufora. Przedstawiona została sytuacja, gdy impuls o ujemnym zboczu jest podawany na wejście B i zostaje odtworzony

na wyjściu A. Ze specyfikacji technicznej układu PCA9507 wynika, że wyjście B radzi sobie z liniami o pojemnościach do 400 pF, a wyjście A zachowuje założone parametry przesyłanego sygnału na liniach obciążonych pojemnościami nawet 1400 pF. Teoretycznie pozwala to przedłużyć magistralę I²C nawet do 18 metrów.

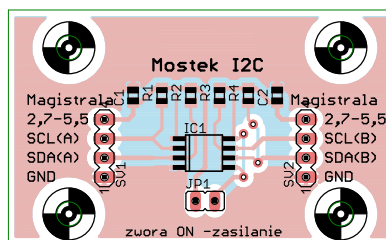
gdy zwora zwarta zasilanie z jednej magistrali



Rysunek 4. Schemat ideowy

Budowa układu

Opracowany miniprojekt oparty został na typowej aplikacji układu PCA9507. Schemat ideowy pokazany został na **rysunku 4**. Wyprowadzenia A i B obydwu buforów podłączone są do osobnych złączy SV1 i SV2 magistrali I²C. Oprócz sygnałów SCL, SDA, GND do obydwu złączy można podłączyć napięcia zasilające. Dzięki temu każda z części mostka IC1 może pracować z innym poziomem zasilania i przy innym poziomie sygnałów. W takiej sytuacji zwora JP1 musi pozostać rozwarta. Istnieje



Rysunek 5. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

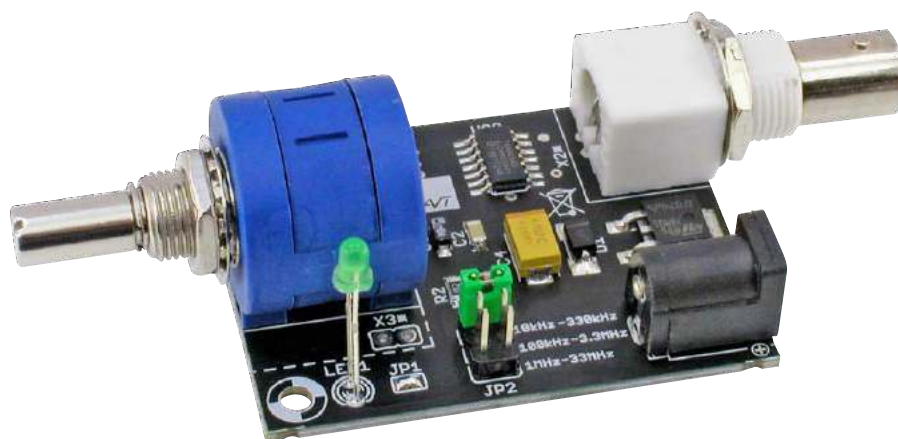
też możliwość zasilania jednej części magistrali przez drugą, co oznacza pracę

z sygnałami o takich samych poziomach. Wtedy zwora JP1 powinna zostać zwarta a napięcie zasilania V_z będzie podawane tylko na jedno złącze SV. Wartość oporników R_1 , R_2 , R_3 i R_4 została wybrana tak, aby jak najmniej obciążać źródło zasilania. Należy zmniejszyć ich wartość (nie mniej jednak niż do 2 k Ω), jeśli przewidywana pojemność magistrali będzie duża. Schemat płytki wraz z rozmieszczeniem elementów pokazuje **rysunek 5**.

Ryszard Szymaniak

Generator przebiegu prostokątnego 10 kHz...33 MHz

Prezentowany moduł idealnie sprawdzi się, jako warsztatowy generator przebiegu prostokątnego. Zbudowany został w oparciu na specjalizowanym układzie LTC1799 firmy Linear Technology. Zakres generowanych częstotliwości zawiera się w przedziale 10 kHz...33 MHz (z możliwością podziału przez 1, 10 i 100) i jest płynnie regulowany. Amplituda sygnału wyjściowego jest bliska 5 V.



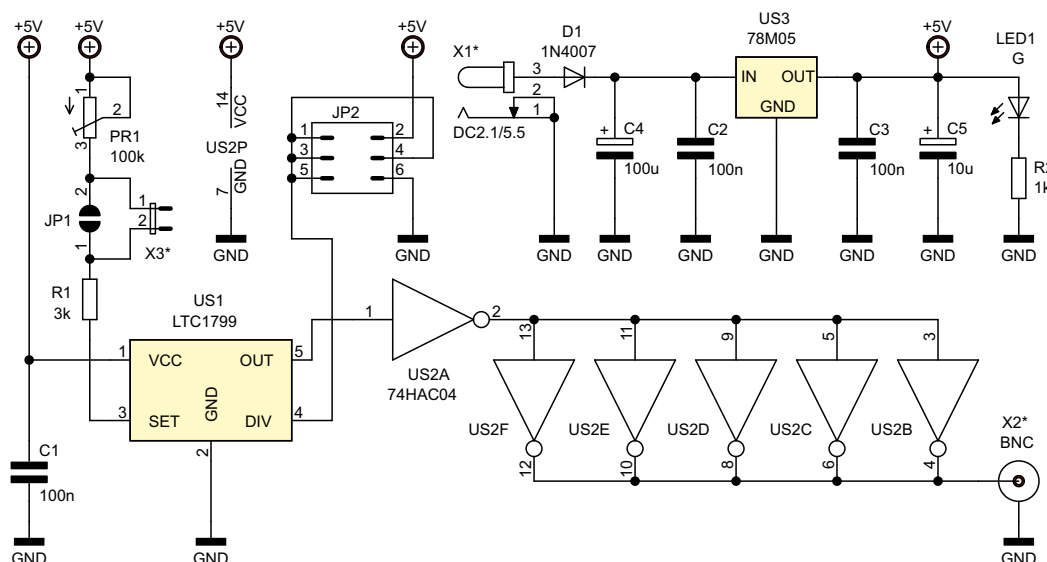
Budowa i działanie

Schemat ideowy generatora przebiegu prostokątnego pokazano na **rysunku 1**. Układ US1 LTC1799 jest programowanym generatorem przebiegu prostokątnego pracującego z wypełnieniem 50%. Częstotliwość

generowanego sygnału jest określana sumą rezystancji $R_1 + PR_1$ podłączoną do wejścia SET. Dla ułatwienia precyzyjnej regulacji zastosowano wieloobrotowy potencjometr PR_1 .

Układ wyposażony jest w konfigurowany dzielnik częstotliwości sygnału wyjściowego

przez 1/10/100, w zależności od napięcia doprowadzonego do wyprowadzenia DIV. Stopień podziału wybierany jest odpowiednim umieszczeniem zwory w złączu JP2. Zwarcie wyprowadzeń 1-2 czyli dołączenie wyprowadzenia DIV do +5 V, ustawia podział : 100,



Rysunek 1. Schemat układu

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5709

Podstawowe parametry:

- regulacja częstotliwości w zakresie 10 kHz...33 MHz,
- zakres regulacji podzielony na 3 podzakresy,
- przebieg prostokątny o wypełnieniu 50% i amplitudzie bliskiej 5 V,
- zasilanie 7...15 V, 100 mA.

Wykaz elementów:

R1: 3 kΩ
R2: 1 kΩ
PR1: 100 kΩ
C1...C3: 100 nF
C4: 100 μF
C5: 10 μF
D1: 1N4007 M7
LED1: 3 mm zielona
US1: LTC1799
US2: 74AHC04
US3: 78M05
JP1/X3*: patrz tekst
JP2: goldpin 2x3
X1: DC2.1/5.5
X2: BNC

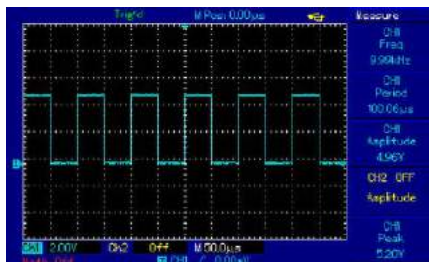
*** Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw
- [B] (elementy wzlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji
- Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ
- [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

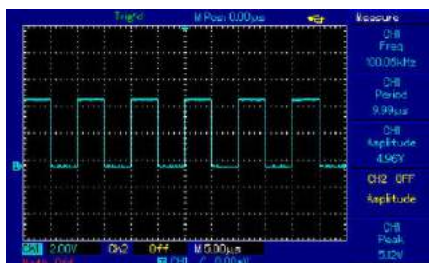
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

zakres przestrajania mieści się w granicach 10 kHz...330 kHz. Założenie zwory w pozycji 3–4 złącza podział: 10, zmieniając zakres przestrajania na 100 kHz...3,3 MHz. Zwarcie wyprowadzeń 5–6, a tym samym dołączenie wyprowadzenia programującego do masy, wyłącza podział, a zakres generowanych częstotliwości mieści się w przedziale 1...33 MHz. Aby zwiększyć wydajność prądową generatora, sygnał z układu US1 trafia na bufor zbudowany z inwerterów zawartych w układzie US2 typu 74AHC04. Kształt przebiegów wyjściowych dla kilku częstotliwości pokazują rysunki 2a, 2b i 2c.

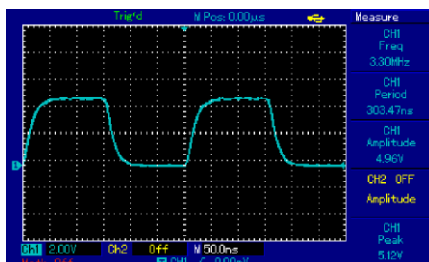
Pomimo zastosowania potencjometru wielobrotowego może zająć potrzeba dokładniejszej regulacji częstotliwości wyjściowej. Można to uzyskać, dołączając dodatkowy potencjometr o mniejszej wartości do złącza X3, rozłączając uprzednio zworkę JP1. Dołączenie



Rysunek 2 a. Oscylogram przebiegu wyjściowego dla częstotliwości 10 kHz



Rysunek 2 b. Oscylogram przebiegu wyjściowego dla częstotliwości 100 kHz



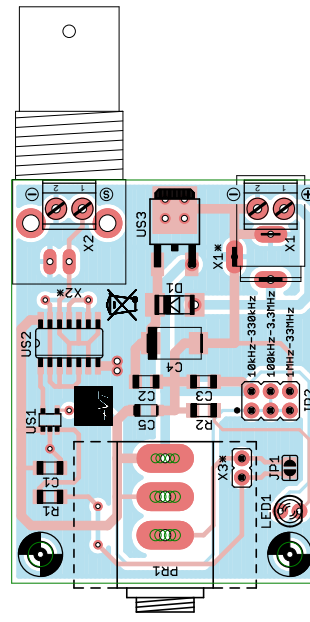
Rysunek 2 c. Oscylogram przebiegu wyjściowego dla częstotliwości 3,3 MHz

natomiast potencjometru o wartości 1 MΩ powoduje, że ulegną zmianie zakresy generowanych częstotliwości na następujące: 1...330 kHz, 10 kHz...3,3 MHz oraz 100 kHz...33 MHz.

Układ stabilizatora napięcia US3 wraz z pojemnościami C2...C5 i diodą D1 zabezpieczającą przed odwrotną polaryzacją tworzy zasilacz +5 V. Wskaźnikiem pojawienia się napięcia zasilającego jest dioda LED1.

Montaż i uruchomienie

Układ należy zmontować na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 53×40 mm, której projekt pokazany jest



Rysunek 3. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

na rysunku 3. Ułatwieniem podczas montażu będzie fotografia tytułowa. Montaż układu rozpoczynamy od wlutowania w płytkę rezystorów i innych elementów o niewielkich rozmiarach, a kończymy montując złącza śrubowe, przełącznik i transformator. Po zmontowaniu układu trzeba bardzo starannie skontrolować, czy elementy nie zostały wlutowane w niewłaściwym kierunku lub w niewłaściwe miejsca, a przede wszystkim czy podczas lutowania nie powstały zwarcia punktów lutowaniczych. Jeżeli układ będzie współpracował jedynie z umieszczonym na płycie potencjometrem wielobrotowym, należy zlutować zworę JP1, która umieszczona jest obok diody LED. Urządzenie zmontowane bezbłędnie i ze sprawnych elementów będzie działało od razu po włączeniu napięcia zasilającego. Płytkę obwodu drukowanego została zaprojektowana do montażu złącza zasilającego w postaci śrubowej lub gniazda typu DC 2.1/5.5, również złącze sygnałowe może mieć postać złączki śrubowej lub gniazda BNC. Generator może być zasilany napięciem 7...15 VDC.

Mavin

Klub Aplikantów Próbek

to inicjatywa redakcji „Elektroniki Praktycznej”. W kontaktach z firmami redakcja często otrzymuje do przetestowania próbki podzespołów, modułów, a nawet całych urządzeń elektronicznych. Są to zwykle najnowsze typy/modeli produktów na rynku. Z chęci podzielenia się z Czytelnikami tymi próbkami zrodziła się inicjatywa pod nazwą Klub Aplikantów Próbek. Członkiem KAP staje się każdy, kto zgłosi chęć przetestowania próbki. Wykaz i krótki opis próbek, którymi dysponuje redakcja EP, można znaleźć na stronie www.ep.com.pl/KAP. Wystarczy wybrać rodzaj próbek i zwrócić się majlmem (na adres: Szefer Pracowni Konstrukcyjnej grzegorz.becker@ep.com.pl) z prośbą o przesłanie bezpłatnych próbek, podając ich nazwę i adres wysyłki. Warto dopisać jaki jest plan zastosowania tych próbek. Nie jest to konieczne, ale może mieć znaczenie przy podziale próbek w przypadku większej liczby zgłoszeń. Mile widziane, choć nieobowiązkowe, jest też przysłanie do redakcji EP opisu wykonanej aplikacji próbek, oczywiście po jej wykonaniu z zastosowaniem otrzymanej próbki. Autorom przysłanych opisów przysługują punkty, które będą im dawały pierwszeństwo przy ubieganiu się o kolejne próbki. Najciekawsze opisy aplikacji opublikujemy na forum ep.com.pl lub na łamach „Elektroniki Praktycznej”.

Dla pełnej jasności jeszcze raz podkreślamy, że próbki przekazujemy bezpłatnie i nie trzeba ich zwracać do redakcji. Z uwagi na ograniczoną liczbę dostępnych próbek i niemałe zainteresowanie nimi, prosimy o opisanie swojego pomysłu na projekt na naszym forum internetowym, w dziale poświęconym Klubowi Aplikantów Próbek <https://forum.ep.com.pl/viewforum.php?f=80>. Ponadto, by zwiększyć swoje szanse na bycie wybranym do realizacji projektu w oparciu o nasze próbki, należy polubić fanpage Elektroniki Praktycznej na Facebooku (<https://web.facebook.com/ElektronikaPraktyczna>) oraz udostępnić post, w którym opisujemy rozdawane próbki. W przypadku podobnie interesujących pomysłów na projekty, będziemy uwzględniać to jako dodatkowe kryterium wyboru.

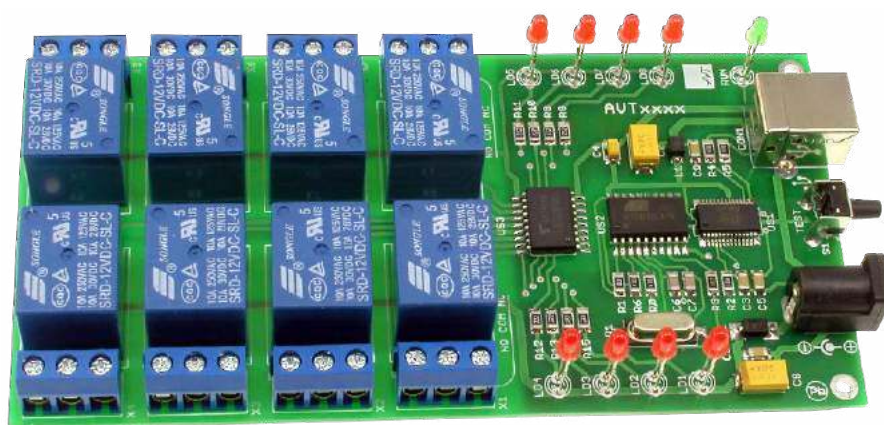
www.ep.com.pl/kap



8-kanalowy moduł przekaźnikowy z USB

Sterowanie urządzeniami elektrycznymi i elektronicznymi z komputera daje nieograniczone możliwości automatyzacji ich pracy w instalacjach inteligentnego budynku czy w systemach automatyki przemysłowej. Dokładny opis komend sterujących będzie stanowił idealny materiał wyjściowy do łatwego stworzenia oprogramowania dla komputerów uwzględniając przy tym własne potrzeby. Moduł pozwala na sterowanie taśmami LED, stycznikami, cewkami elektrozamków, solenoidów itp. elementów wykonawczych.

Na **rysunku 1** przedstawiono schemat ideowy modułu przekaźnikowy sterowanego poprzez port USB. Zasilanie z gniazda USB trafia do filtra złożonego z elementów C1...C4, L1, przez który zasilany jest konwerter USB-UART (US1) oraz mikrokontroler US2. Do poprawnego działania modułu należy dołączyć również zasilacz



o napięciu 12 V DC poprzez złącze J1. Zastosowany mikrokontroler ATTINY2313, jest taktowany zewnętrznym rezonatorem kwarcowym Q1 o częstotliwości 8 MHz. Całością procesu zamiany komend wysyłanych z komputera zarządza program zawarty w mikrokontrolerze. Przetworzone sygnały trafiają poprzez driver ULN2803 (US3) do wybranych przez użytkownika przekaźników. Stan wyjścia sygnalizowany jest przez diody LED (LD1...LD8). Pulsująca dioda LED LD9 sygnalizuje pracę układu oraz transmisję danych z USB. Moduł może sterować maksymalnie 8 obciążeniami. Na płytce, jako układy wykonawcze zastosowano przekaźniki o dopuszczalnym prądzie styków do 10 A przy napięciu 230 V AC.

Montaż i uruchomienie

Układ należy zmontować na płytce, której projekt pokazany jest na **rysunku 2**. Ułatwieniem podczas montażu będzie fotografia tytułowa. Całość została zmontowana na dwustronnej płytce o wymiarach 69×135 mm. Montaż jest

klasyczny i nie wymaga dodatkowego komentarza. W module, jako wyjścia przekaźników zastosowane zostały złącza śrubowe X1...X8 w rastrze 5mm, co w sposób zdecydowany ułatwia aplikację modułu w wymaganym zastosowaniu. Po zmontowaniu układu trzeba bardzo dokładnie skontrolować czy elementy nie zostały wlutowane w niewłaściwym kierunku lub w niewłaściwe miejsca oraz czy podczas lutowania nie powstały zwarcia punktów lutowanych. Układ bezbłędnie zmontowany ze sprawnych elementów od razu będzie poprawnie pracował. Przycisk typu mikroswitch oznaczony, jako TEST służy do niezależnego od komend sterujących modulem awaryjnego włączania wszystkich przekaźników. Załączanie przekaźników następuje z przesunięciem czasowym każdego kolejnego, co pozwala na stopniowe dołączanie obciążeń przez moduł do źródła zasilania. Nagłe załączenie wszystkich obciążeń jednocześnie mogłoby wywołać znaczny pobór prądu, a co za tym idzie spowodować w ekstremalnych warunkach

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.media.avt.pl

W ofercie AVT* AVT-5710

Podstawowe parametry:

- komunikacja poprzez USB, emuluje port szeregowy COM,
- sterowanie prostymi komendami np. z programu typu terminal,
- 8 wyjść przekaźnikowych (styki NC oraz NO),
- wyjścia o obciążalności max. 10 A, 230 V AC.

Wykaz elementów:

R1, R2: 10 kΩ
R3: 1 kΩ
R4...R7: 47 Ω
R8...R12: 2,2 kΩ
C1, C3, C5, C9: 100 nF
C2, C8: 100 μF
C4: 10 μF
C6, C7: 33 pF
D1: 1N4007 M7
LD1...LD8: LED czerwona 3 mm
LD9: LED zielona 3 mm
US1: FT232RL
US2: ATTINY2313
US3: ULN2803
CON1: USB B
J1: DC2.1/5.5
K1...K8: HF3FF, G5LE lub podobny
L1: 10 μH lub koralik ferrytowy
S1: Mikroswitch kątowy
Q1: 8 MHz
X1...X8: ARK3/5.0

Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

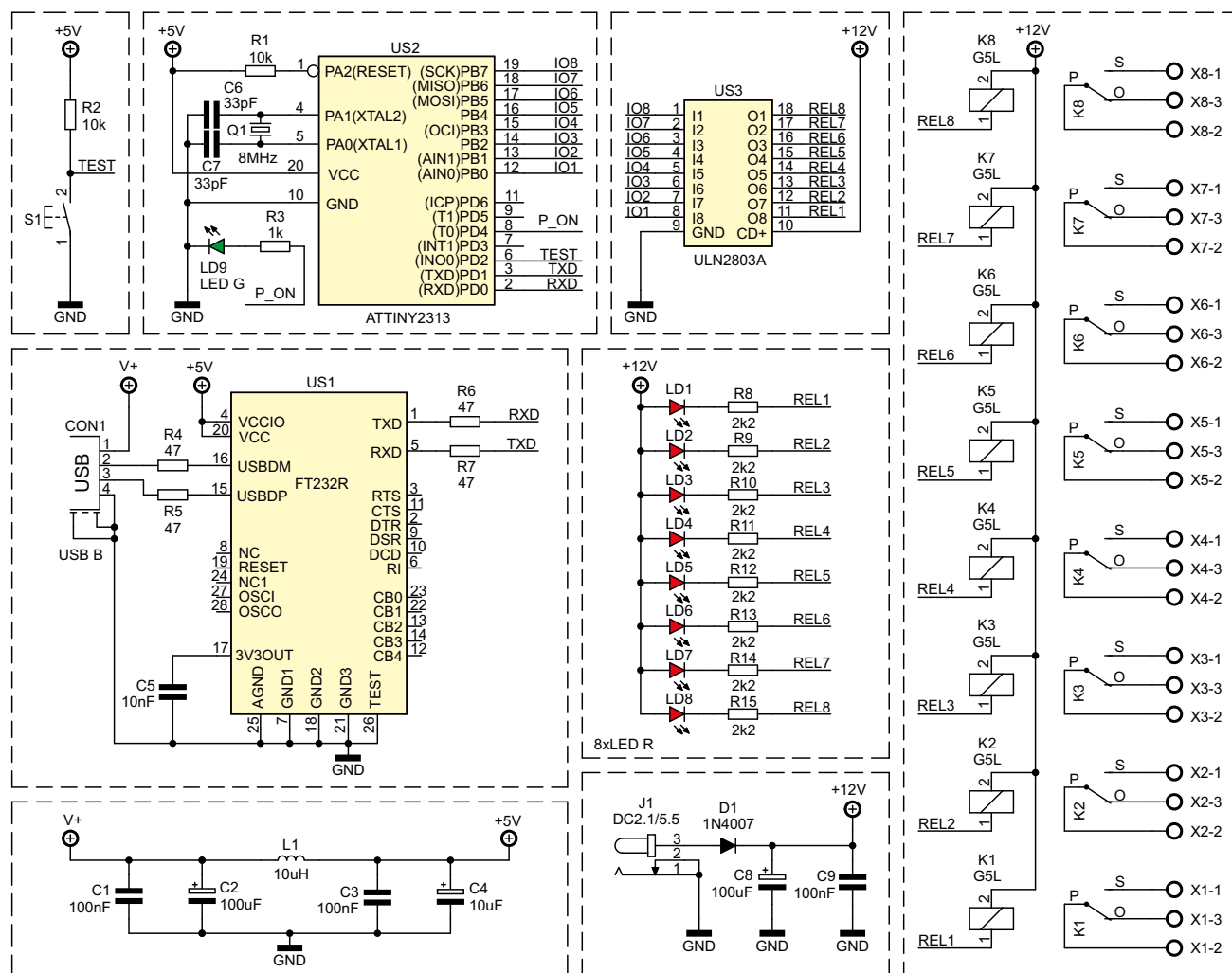
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
 - wersja [A*] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!

<http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Tabela 1. Wykaz obsługiwanych poleceń

Polecenie	Przykład	Odpowiedź
Konfiguracja kierunku pracy portu I/O, 8 bitów wartości odpowiada 8 liniom portu I/O bit o wartości 1 – praca, jako wyjście bit o wartości 0 – praca, jako wejście	P xx np. Esc P FF Enter	Zwraca stan portu, jeśli został zmieniony
Ustawianie portu I/O daną wartością	D xx np. Esc D AA Enter	Zwraca stan portu, jeśli został zmieniony
Żądanie odczytu stanu portu I/O	R np. Esc R Enter	Zwraca stan portu w postaci Rxx np. R FF Enter
Żądanie odczytu konfiguracji portu I/O	G np. Esc G Enter	Zwraca konfigurację portu w postaci G xx
Żądanie odczytu stanu jednej linii I/O	L np. Esc L 4 Enter	Zwraca stan danego pinu w postaci L pin stan np. L 4 0 Enter
Ustawienie danej linii w stan wysoki	S pin np. Esc S 4 Enter	Zwraca stan portu, jeśli został zmieniony
Ustawienie danej linii w stan niski	C pin np. Esc C 4 Enter	Zwraca stan portu, jeśli został zmieniony
Nieobsługiwane polecenie lub błędny parametr		Zwraca sygnał błędu: ! Enter
pin – znak od 1 do 8 określający numer linii, xx – znaki od 00 do FF, odpowiada wartościom hex=0...255, bin=00000000...11111111, np. AA=10101010, stan – znak 0 lub 1; 0 – stan niski, 1 – stan wysoki		



Rysunek 1. Schemat układu

zawieszenie przetwornicy zasilacza impulsowego, a w klasycznym zasilaczu transformatorowym mogłoby zadziałać zabezpieczenie przeciążeniowe. W przypadku wykorzystywania maksymalnej obciążalności styków przekaźników należy dodatkowo poczynić odkryte ścieżki na spodzie obwodu drukowanego.

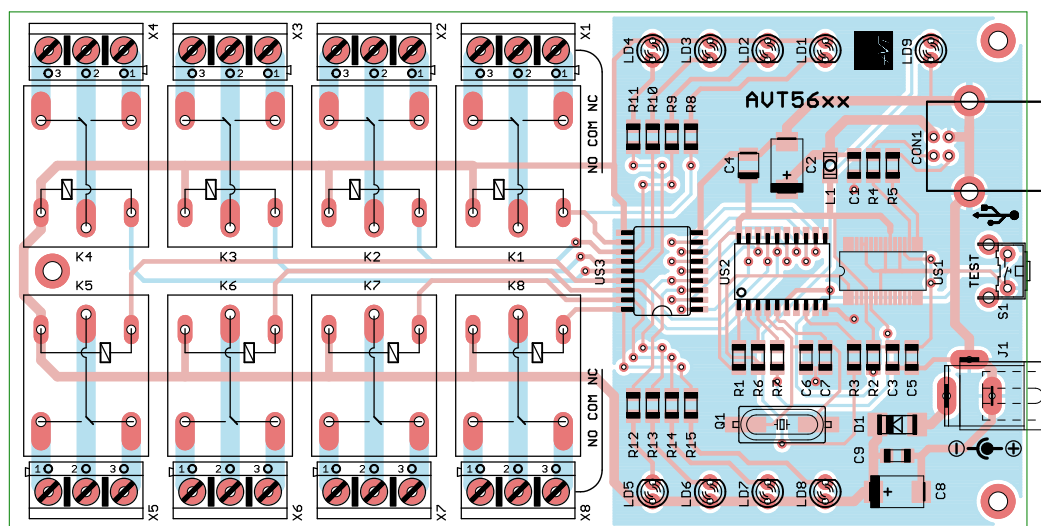
Sterowanie

Moduł dołączony do portu USB komputera zostanie wykryty przez system, jako FT232RL USB UART. Dalej nastąpi instalacja sterowników urządzenia, gdzie należy wykorzystać sterowniki dostarczane bezpłatnie przez firmę FTDI (producenta układu FT232RL). W systemie operacyjnym urządzenie będzie rozpoznawane, jako wirtualny port szeregowy (COM), co pozwala na sterowanie modulem przekaźników przy pomocy programu typu terminal lub własnego oprogramowania. W przypadku sterowania modulem za pomocą programu typu terminal należy ustawić parametry komunikacji: prędkość transmisji 19200 kbps, data bits=8,

stop bits=1, parity=none. W przypadku tworzenia własnego oprogramowania do obsługi urządzenia, należy pamiętać o właściwym ustawieniu parametrów komunikacji, a także o tym, aby zachować odpowiednią postać polecenia. Znak Esc poprzedzający każde polecenie odpowiada wartości 0x1B w tablicy ASCII, a Enter kończący każde polecenie to wartość 0x0D. W tabeli 1 opisane zostały wszystkie wymagane polecenia do obsługi komunikacji.

W przypadku konfiguracji kierunku pracy opisywanego modułu należy ustawić w pierwszej kolejności port I/O jako wyjście poleceniem Esc P FF Enter. Każda zmiana stanu portu I/O powoduje automatyczne dwukrotne zwrócenie nowego stanu w postaci „Rxx” w odstępie czasu ok. 0,2 s. Takie rozwiązanie pozwala wyeliminować zakłócenia i drgania styków obwodów dołączonych do urządzenia.

Mavin



Rysunek 2. Schemat płytki PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przysyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

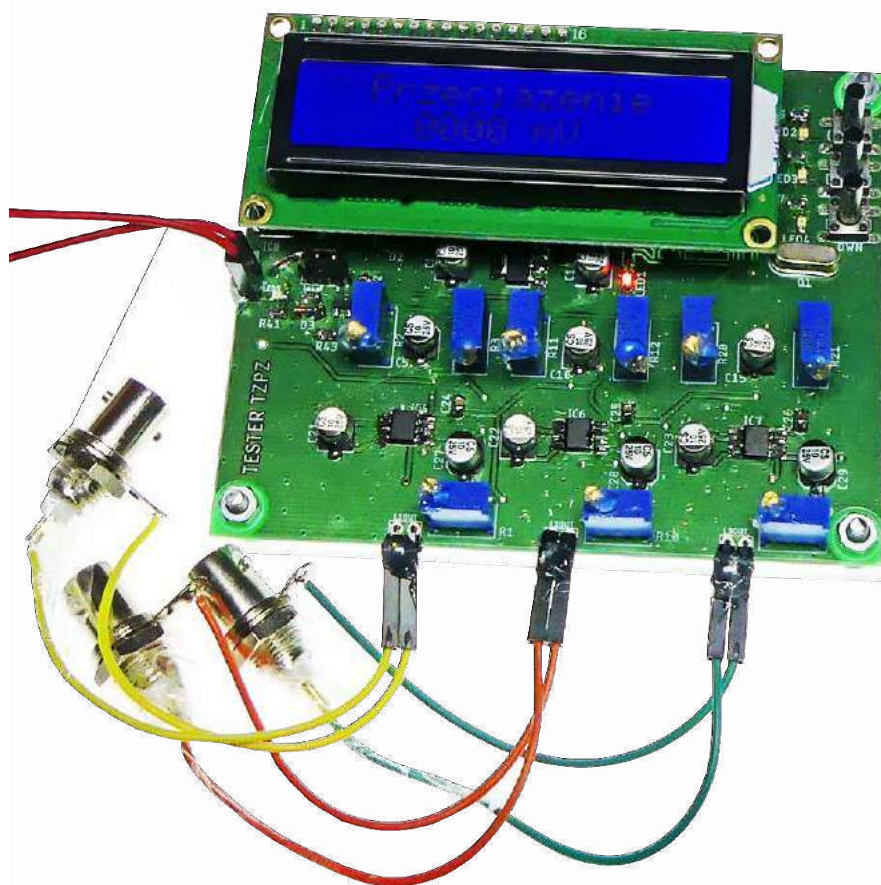
**PROJEKT
NR 244**

TZPZ

– tester zabezpieczeń przeciążeniowo-zwarciovych

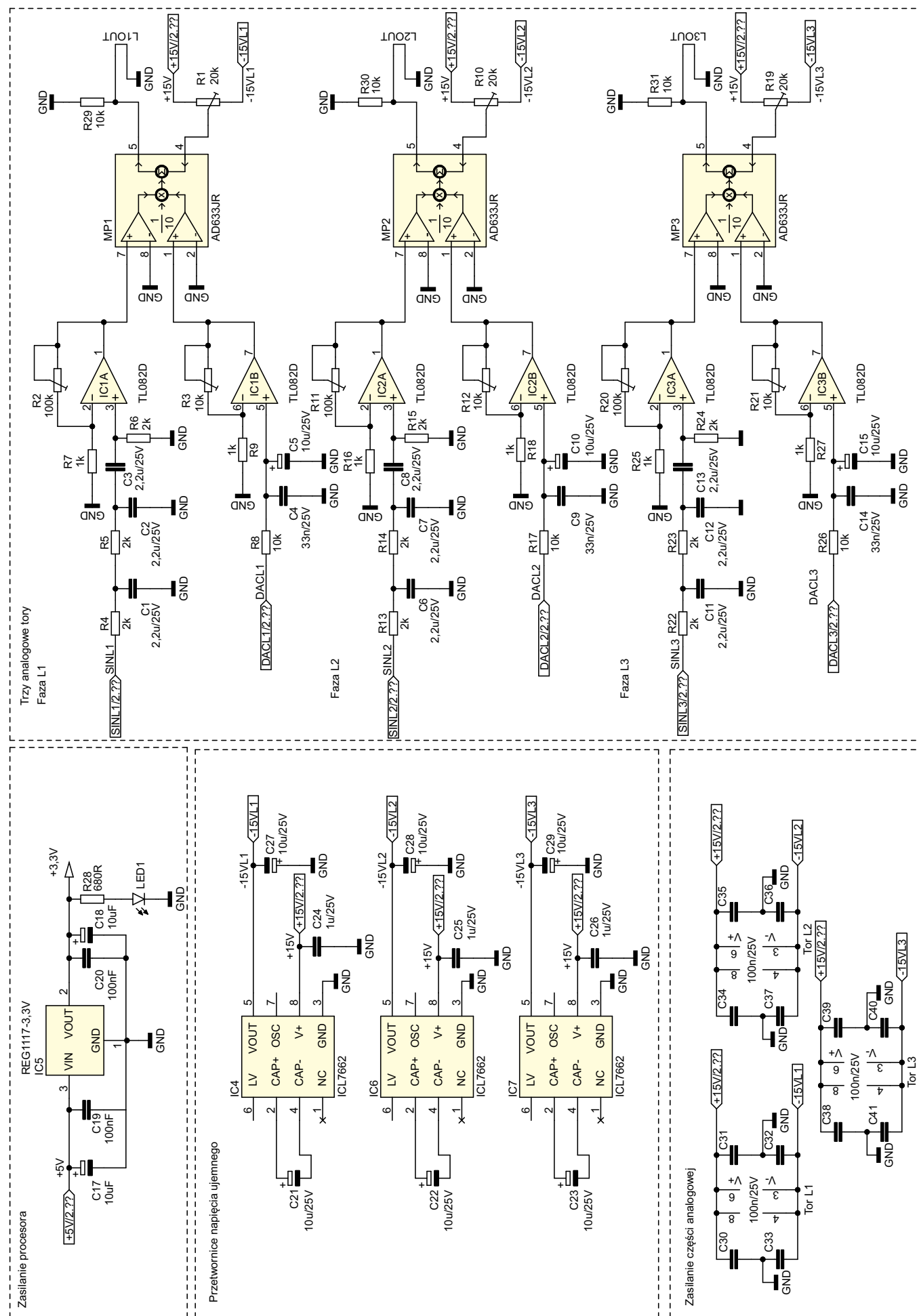
Pomysł na projekt narodził się z konieczności sprawdzenia prawidłowości działania oraz nastawienia elektronicznych zabezpieczeń przeciążeniowo-zwarciovych stosowanych w sieciach IT (sieciach z izolowanym punktem neutralnym). Sieci tego rodzaju są wykorzystywane głównie w zakładach przemysłowych a zabezpieczenia nadprądowe przekątnikowe mają wbudowane lub współpracują z zewnętrznymi przetwornikami prądowo-napięciowymi o różnych przekładniach. Przetworniki mają najczęściej przekładnie o wartości 1 mV/A, 3 mV/A, 10 mV/A a same zabezpieczenia mają zakres 0...10 V.

Sprawdzenie poprawności działania polega na podaniu na wejścia pomiarowe zabezpieczenia trzech sygnałów sinusoidalnych przesuniętych w fazie względem siebie o 120°, częstotliwości 50 Hz (częstotliwość sieciowa) oraz o odpowiedniej wartości skutecznej zależnej od nastawionej wartości prądu przeciążeniowego lub zwarciovego. Po załączeniu sygnału symulującego przeciążenie lub zwarcie należy mierzyć czas aż do zadziałania zabezpieczenia (występowanie przekątnika zabezpieczenia odpowiedzialnego za wykrycie zwarcia lub przeciążenia). Otrzymany czas należy sprawdzić, czy jest zgodny z logarytmiczną charakterystyką czasowo-prądową, którą



podaje producent zabezpieczenia. Oczywiście czas nie musi się idealnie zgadzać z charakterystyką, ponieważ charakterystyki są pasmowe. W praktyce w celu zasympulowania przeciążenia najczęściej podaje się na zabezpieczenie 1,5-krotny, 2-, 3- oraz 6-krotny sygnał znamionowy. Natomiast

dla sprawdzenia poprawności nastawienia członu zwarciovego na zabezpieczenie podaje się sygnał zwarciovym przemnożony przez współczynnik 0,8 oraz 1,2. Dla sygnału ze współczynnikiem 1,2 zabezpieczenie powinno zadziałać w możliwie krótkim czasie (z reguły około 50 ms), natomiast dla sygnału

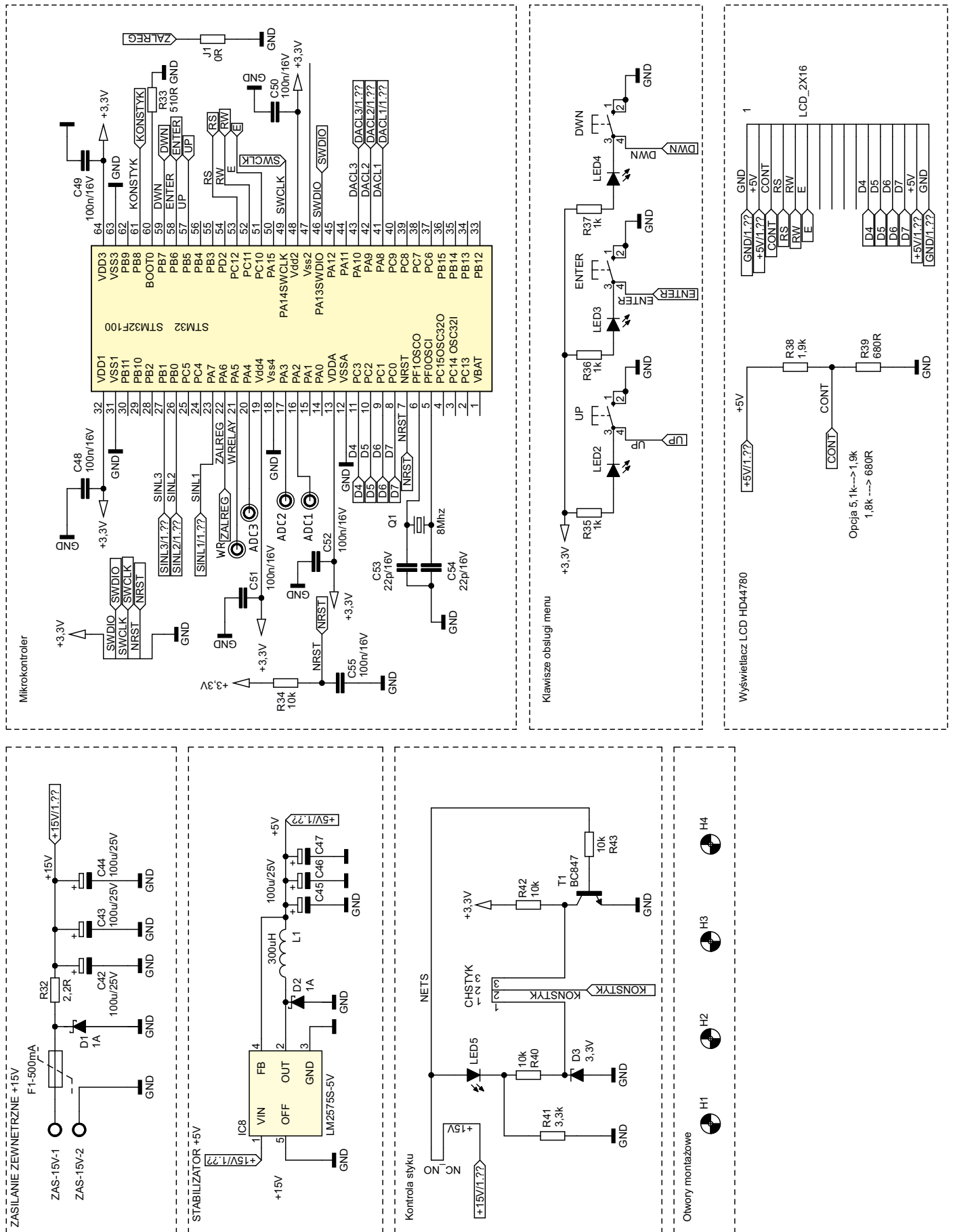


Rysunek 1. Schemat układu, tor analogowy

ze współczynnikiem 0,8 człon zwarciovych zabezpieczenia nie powinien zadziałać. Spowodowane jest to faktem, że w sieciach

przemysłowych (kopalnie, huty) stosowane są najczęściej silniki indukcyjne, których prąd rozruchowy wynosi (6...7) -krotności

prądu znamionowego. Gdyby człon zwarciovych zabezpieczenia zadziałał przy współczynniku 0,8, wtedy każdy rozruch silnika



Rysunek 2. Schemat układu, tor cyfrowy

indukcyjnego powodowałby zadziałanie zabezpieczenia. Dla przykładu założmy, że mamy zabezpieczenie współpracujące z przetwornikiem 3 mV/A, którego nastawa wynosi 100 A/1200 A. Dla takiego przypadku w celu zasymulowania przeciążenia o wartości trzykrotnej prądu znamionowego należy podać sygnał 900 mV ($3 \cdot (3 \text{ mV/A}) \cdot 100 \text{ A}$). Natomiast dla prądu zwarcowego o współczynniku 1,2 należy podać sygnał o wartości skutecznej 4320 mV ($1,2 \cdot (3 \text{ mV/A}) \cdot 1200 \text{ A}$).

Zabezpieczenia nadprądowe najczęściej mają dodatkowo człon wykrywający asymetrię w sieci. Żeby sprawdzić poprawność działania tego członu, należy wyłączyć jeden z trzech sygnałów, co spowoduje symulację całkowitego zaniku jednej fazy w sieci.

W projektowanym testerze zabezpieczeń po załączeniu należy ustawić wartość prądu znamionowego oraz zwarcowego odpowiednio przeliczoną na wartość w mV zależną od przekładni przetwornika oraz nastawy zabezpieczenia. Po załączeniu sygnałów sinusoidalnych na wyjściu testera na wyświetlaczu załącza się stoper liczący czas. Liczenie czasu zostaje zatrzymane w momencie zwarcia lub rozwarcia (w zależności od ustawienia zworki) styku przełącznika danego członu zabezpieczenia. Najczęściej przełącznik członu przeciążeniowego jest zwarty i w momencie wykrycia przeciążenia następuje jego otwarcie, natomiast dla członu zwarcowego przełącznik jest normalnie otwarty NO a w momencie wystąpienia zwarcia następuje jego zamknięcie.

Zaprojektowany tester może także użytkownikowi posłużyć jako trójfazowy generator sinusoidalny o częstotliwości 50 Hz, w którym możemy regulować amplitudę sygnału od 0 do 14,2 V (wartość skuteczną w zakresie od 0 do 10 V) oraz w którym wszystkie sygnały są przesunięte względem siebie o 120°. Kwant regulacji amplitudy w testerze wynosi 1 mV. Po drobnych zmianach w programie użytkownik może zmienić częstotliwość każdego sygnału z osobna. Tak samo zmieniając odpowiedni fragment kodu, można zmienić przesunięcie fazowe pomiędzy sygnałami.

Użytkownik, zmieniając na potencjometrach wzmocnienia sygnału sinusoidalnego, ma możliwość zmiany, czy wartość zaprogramowanego napięcia będzie się dotyczyć wartości skutecznej, czy amplitudy sygnału. Dodatkowo w testerze zastosowano trzy potencjometry dzięki którym do każdego sygnału wyjściowego można dodać składową stałą i uzyskać odpowiedni offset.

Tester może posłużyć także jako stoper wyzwalany przyciskiem natomiast zatrzymywany otwarciem lub zamknięciem danego styku. W takim przypadku użytkownik nie musi włutowywać na płytkę mnożników sygnałów, inwerterów napięcia oraz wzmacniaczy operacyjnych. Pozwoli to na obniżenie

kosztów montażu urządzenia, gdyż mnożniki sygnałów AD633 oraz inwertery napięcia ICL7662 nie są tanimi układami scalonymi.

Przed przejściem do opisu budowy testera należy zaznaczyć fakt, że producenci zabezpieczeń przeciążeniowo-zwarcowych często mają w swojej ofercie także urządzenia do ich sprawdzania, lecz kosztują one niekiedy kilkakrotnie więcej niż samo zabezpieczenie.

Budowa

Na rysunkach 1 oraz 2 jest widoczny schemat testera. Układ należy zasilac ze stabilizowanego zasilacza 15 V. Tor zasilania zabezpieczony został bezpiecznikiem termicznym 500 mA. Dioda D1 zabezpiecza układ przed podaniem napięcia o odwrotnej biegunowości. Kondensatory C42...C44 oraz rezystor R32 mają za zadanie buforowanie prądu oraz dodatkowe filtrowanie składowej stałej w przypadku zasilania stabilizowanym zasilaczem impulsowym. Napięcie 15 V służy do zasilania wzmacniaczy operacyjnych, inwerterów napięcia oraz mnożników sygnałów. Za pomocą układu LM2575 jest wytwarzane napięcie 5 V służące do zasilania wyświetlacza LCD 2×16 (z kontrolerem zgodnym z HD44780). Ponieważ układ LM2575 jest typową przetwornicą obniżającą BUCK, musi współpracować z elementami takimi jak: dioda Schottky'ego D2, dławik pionowy L1 300 µH oraz kondensatory C45...C47. Z napięcia 5 V za pomocą regulatora LM1117-3,3 V jest wytwarzane napięcie o wartości 3,3 V służące do zasilania mikrokontrolera STM32F100R8T6. Za pomocą przetwornicy ICL7662 wytwarzane jest napięcie ujemne -15 V służące do zasilania wzmacniaczy operacyjnych oraz mnożników sygnałów. W testerze zastosowano dla każdej fazy osobny inwerter, ponieważ wydajność prądowa inwertera jest mała (około 20 mA) a każde wyjście sygnałowe powinno mieć obciążalność prądową około 10 mA. Na każdym wyjściu sygnałowym nie zastosowano dodatkowych wtórników napięciowych, ponieważ

Wykaz elementów:

Rezystory:

R1, R10, R19: 20 kΩ Helitrim
R2, R11, R20: 100 kΩ Helitrim
R3, R12, R21: 10 kΩ Helitrim
R4...R6, R13...R15, R22...R24: 2 kΩ 1% SMD0805
R7, R9, R16, R18, R25, R27: 1 kΩ 1% SMD0805
R8, R17, R26: 10 kΩ 1% SMD0805
R28, R39: 680 Ω SMD0805
R32: 2,2 Ω SMD1206
R33: 510 Ω SMD0805
R35...R37: 1 kΩ SMD0805
R38: 1,9 kΩ SMD0805
R29...R31, R34, R40, R42, R43: 10 kΩ SMD0805
R41: 3,3 kΩ SMD0805

Kondensatory:

C1...C3, C6...C8, C11...C13: 2 µF SMD0805
C4, C9, C14: 47 nF SMD0805
C24...C26: 1 µF SMD0805
C19, C20, C30...C41, C48...C52, C54, C55: 100 nF SMD0805
C5, C10, C15, C17...C23, C27...C29: 10 µF/25 V
C42...C47: 100 µF/25 V

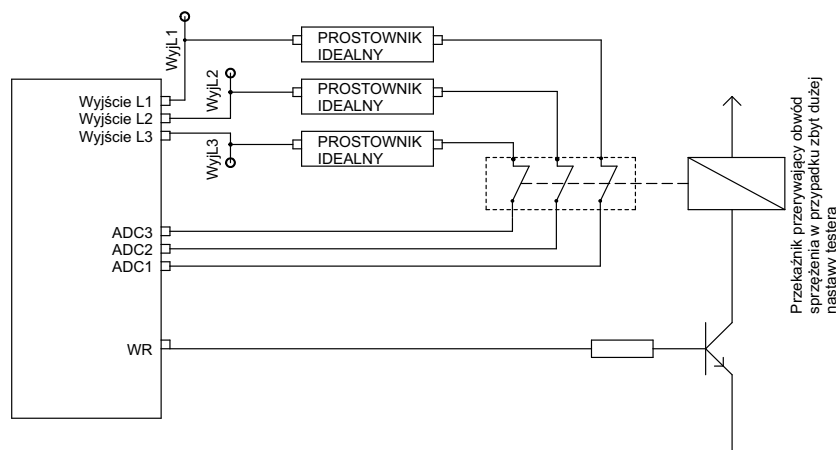
Półprzewodniki:

D1, D2: diody Schottky SMB 60 V 1 A
D3: dioda Zenera 3,3V S080C
LED1...LED5: LED 0805
T1: BC847B SOT23
stm32: STM32F100R8T6 LQFP64
IC1...IC3: TL082 S08
IC4, IC6, IC7: ICL7662 S08
IC5: 1117-3,3V SOT223
IC8: LM2575-5V D2PAK
MP1...MP3: AD633 S08

Pozostałe:

L1: Dławik 0,5 A 300 µH pionowy
F1: Bezpiecznik termiczny 500 mA
Przyciski: microswitch 3 szt.
Wyświetlacz: LCD 2×16 HD44780 1 szt.
Listwa goldpin: 2,54 mm + 1 szt. zworka
Złącze podwójne: ARK 5 mm
Rezonator kwarcowy: 8 MHz HC49/S

mnożniki AD633 mają je w swojej strukturze, natomiast **należy szczególnie uważać, żeby nie zewrzeć wyjść sygnałowych do masy**. Kondensatory C21...C23, C27...C29 tworzą typową aplikację podawaną w nocie ICL7662. Kondensatory C24...C26 filtrują napięcie zasilające inwertery. Dioda LED1 wraz z rezystorem R28 informuje o podłączeniu zasilania. Kondensatory od C30 do C40 filtrują zasilanie wzmacniaczy operacyjnych oraz mnożników sygnałów. Rezystory R35...R37 wraz z diodami LED2...LED4 tworzą układ informujący o naciśnięciu jednego z trzech przycisków typu microswitch. Złącze LCD 2×16 służy do podłączenia wyświetlacza z kontrolerem zgodnym z HD44780.



Rysunek 3. Schemat podłączenia dodatkowych modułów służących do wykorzystania regulacji automatycznej

Za pomocą drabinki rezystancyjnej R38, R39 jest ustalany kontrast wyświetlacza. Złącze PROGR służy do podłączenia programatora ST-Link. Procesor jest taktowany zewnętrznym rezonatorem kwarcowym Q1 o częstotliwości 8 MHz. Rezystor R34 oraz kondensator C55 tworzą układ zewnętrznego resetu procesora po załączeniu zasilania. Kondensatory C48...C52 filtrują zasilanie mikrokontrolera.

Na płycie testera umieszczono pady WR, ADC1...ADC3 potrzebne w przypadku uruchomienia automatycznej regulacji wyjścia. Należy wtedy zbudować prostownik idealny i na jego wejście podać sygnał wyjściowy testera. Wyprostowany sygnał należy przepuścić przez styk NC przekaźnika i przyłutować go do padu ADC1, ADC2 lub ADC3. Wszystkie trzy przekaźniki muszą być sterowane sygnałem z padu WR. Żeby uruchomić automatyczną regulację, należy włutować zworkę J1. Schemat poglądowy podłączenia dodatkowego układu pokazano na **rysunku 3**. Oczywiście nie jest konieczne używanie funkcji automatycznej regulacji i dlatego zworkę J1 pozostawiono nieprzyłutowaną a pady WR, ADC1...ADC3 pozostały nieużywane.

Układ generowania sygnału sinusoidalnego jest taki sam dla każdej z trzech faz, dlatego w dalszej części opisano fazę L1. Budowa toru L2 oraz L3 jest analogiczna jak toru L1. W mikrokontrolerze STM32F100R8T6 nie ma trzech układów DAC, dlatego z mikrokontrolera jest generowany sygnał PWM o zmiennym wypełnieniu. Zmiany wypełnienia odbywają się zgodnie z zawartą w programie tablicą funkcji sinus. Z sygnału PWM przechodzącego przez filtr RC drugiego rzędu (R4, C1, R5, C2) jest generowana funkcja sinus mająca składową stałą. Składowa stała jest usuwana na filtrze górnoprzepustowym C3, R6. Jako że sygnał po przejściu przez układ filtrów ma małą wartość skuteczną (około 200 mV), zostaje on wzmacniony za pomocą wzmacniacza w układzie nieodwracającym IC1. Za pomocą potencjometru R2 można regulować wzmacnienie sygnału.

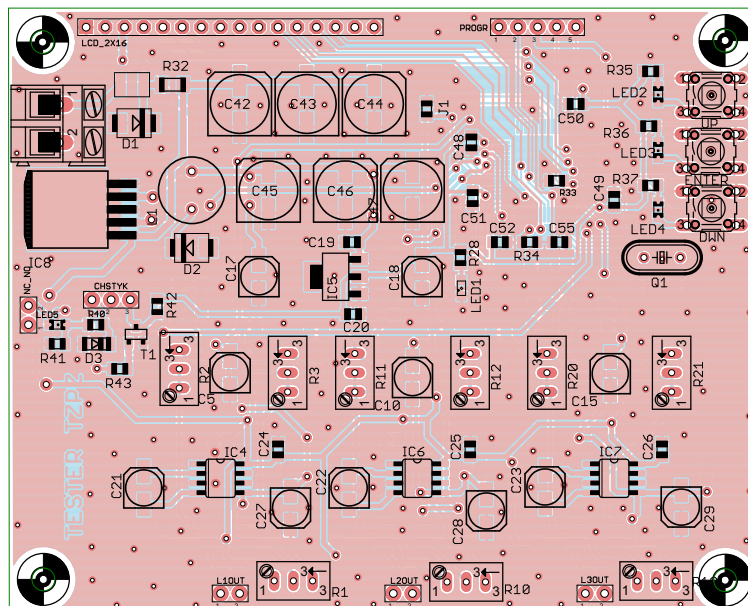
Z drugiego sygnału PWM, po przepuszczeniu przez filtr dolnoprzepustowy R8, C4, C5, wytwarzany jest sygnał, który także jest odpowiednio wzmacniany za pomocą wzmacniacza operacyjnego w układzie nieodwracającym. Wzmacnienie sygnału ustala się potencjometrem R3. Sygnały z obu wzmacniaczy są mnożone w układzie

Listing 1. Domyślne ustawienia przesunięcia fazowego

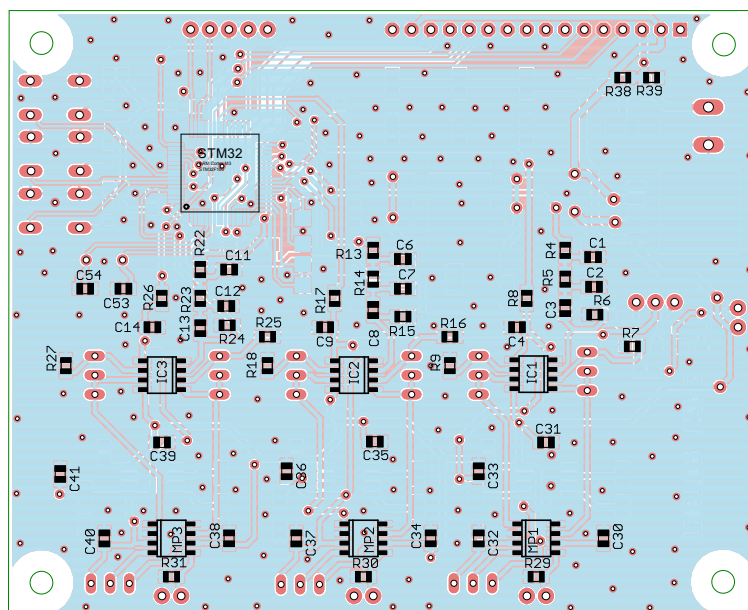
```
fi1=0;  
fi2=240;  
fi3=480;
```

Listing 2. Sposób zmiany częstotliwości sygnału wyjściowego

```
fi1=fi1+40;  
fi2=fi2+40;  
fi3=fi3+40;
```



Rysunek 4. Strona TOP płytki testera



Rysunek 5. Strona BOTTOM płytki testera

AD633. Do przemnożonego sygnału dodawana jest składowa stała ustalona za pomocą potencjometru R1. Ogólny wzór mnożenia dwóch sygnałów ma postać:

$$W_{yij} = \frac{DAC \cdot A \sin(t)}{10} + k$$

gdzie:

DAC – wartość wzmacnionego napięcia DAC,
A – amplituda wzmacnionego sygnału sinusoidalnego,

k – składowa stała ustalona za pomocą potencjometru R1.

Wyjście układu AD633 dodatkowo obciążono rezystorem R29 po to, żeby nie pozostało niepodłączone.

Złącze NC_NO służy do podłączenia styku przekaźnika członu zabezpieczenia wykrywającego asymetrię, przeciążenie lub zwarcie. Za pomocą złącza CHSTYK oraz zworki wybieramy, czy stoper ma się zatrzymać w momencie rozwarcia styku (zwarte

piny 1,2) lub ma się zatrzymać w momencie zwarcia styku (zwarte piny 2,3). W pierwszym przypadku za pomocą diody Zenera D3 oraz rezystora R40 jest stabilizowane napięcie 3,3 V podane na port procesora w momencie, gdy styk zabezpieczenia jest zamknięty. W drugim przypadku tranzystor T1 wraz z rezystorami R42, R43 działa jako negacja, dzięki czemu w chwili otwarcia styku na porcie procesora pojawia się napięcie 3,3 V.

Program

Najistotniejszą część programu dotyczy możliwości doregulowania częstotliwości oraz przesunięcia fazowego pomiędzy fazami. Na **listingu 1** przedstawiono fragment odpowiedzialny za zmianę przesunięcia fazowego. Gdy chcemy ustawić przesunięcie fazy L2 na np. 30 stopni, to do zmiennej fi2 należy wpisać wartość pomnożoną przez dwa, czyli

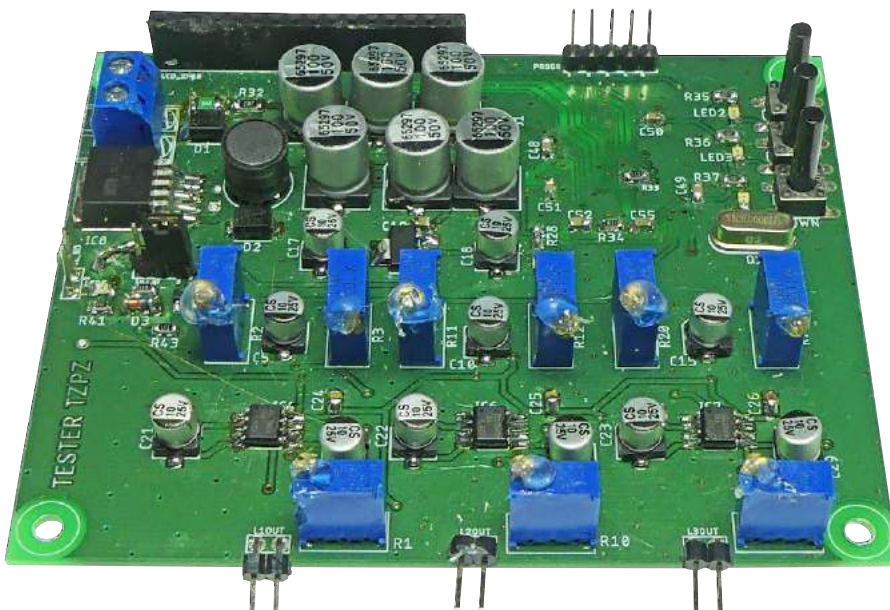
60, ponieważ tablica, w której jest zdefiniowana funkcja sinus ma 720 elementów, czyli każdy element odpowiada połowie stopnia. Domyślnie każda faza jest przesunięta o 120 stopni, dlatego wartości wpisane wynoszą 240 oraz 480.

Na **listingu 2** pokazany jest fragment, w którym możemy zmienić częstotliwość każdego sygnału wyjściowego. Zwiększenie wartości np. o 40 powoduje wzrost częstotliwości natomiast zmniejszenie tej wartości powoduje zmniejszenie częstotliwości wyjściowej.

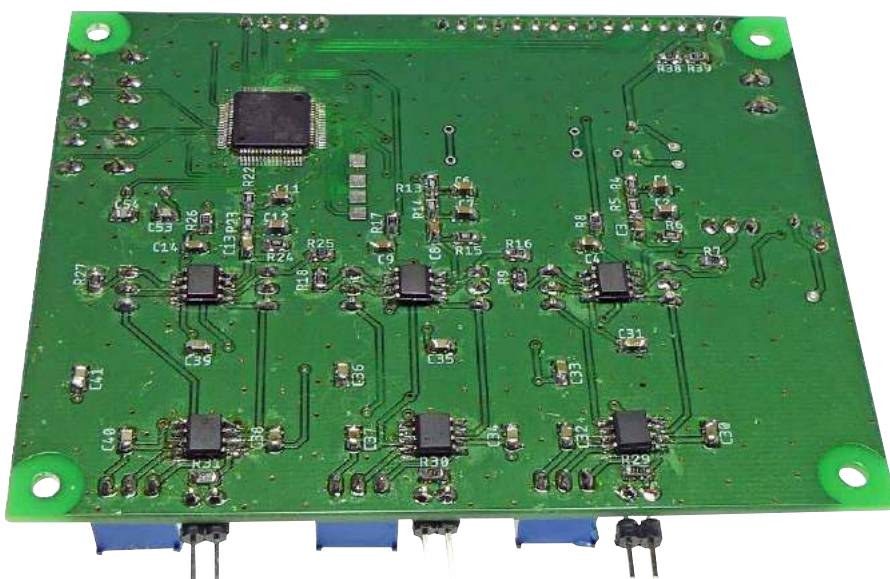
Montaż i uruchomienie

Głównym założeniem przy projektowaniu płytki PCB było zachowanie niedużych rozmiarów, dlatego masa na płytce nie została rozdzielona na masę cyfrową oraz masę analogową. W celu lepszego ekranowania na stronie TOP oraz BOTTOM wylano pole masy. Na każdym rogu płytki umieszczono otwory montażowe o średnicy 3 mm, które ułatwią umieszczenie testera w obudowie. Stronę TOP płytki pokazuje **rysunek 4**, natomiast stroną BOTTOM – **rysunek 5**.

Montaż testera należy rozpocząć od przylutowania elementów zasilania. Po przylutowaniu stabilizatora impulsowego, dławika L1, diody D2 oraz kondensatorów C45, C46, C47 należy podłączyć zasilanie i sprawdzić, czy na wyjściu stabilizatora LM2575-5V znajduje się 5 V. Następnym krokiem jest wlutowanie stabilizatora 1117-3,3 V oraz kondensatorów C19, C20 i sprawdzenie, czy na jego wyjściu po załączeniu napięcia jest 3,3 V służące do zasilania mikrokontrolera. Po sprawdzeniu całego zasilania można przejść do wlutowania mikrokontrolera. Jako, że obudowa LQFP64 ma mały raster, zaleca się użycie do lutowania grotu typu minifala. Po wlutowaniu zaleca się sprawdzenie multimetrem, czy nie ma zwarcie pomiędzy nóżkami procesora oraz czy wszystkie nóżki zostały prawidłowo przylutowane do padów. Dalszym etapem jest wlutowanie wszystkich układów ICL7662 wraz z towarzyszącymi im kondensatorami a następnie podłączenie testera do zasilania i sprawdzenie, czy na każdej piątej nóżce układu jest ujemne napięcie -15 V. Jeżeli wszystkie napięcia dodatnie oraz ujemne mają prawidłową wartość, można przejść do wlutowania wzmacniaczy operacyjnych oraz mnożników sygnałów. Ostatnią czynnością jest wlutowanie wszystkich pozostałych elementów w wersji SMD, a następnie wszystkich elementów przewlekanych tj. potencjometrów, dławika, złącza goldpin, złącza ARK, rezonatora kwarcowego. Przed uruchomieniem należy wgrać program, używając np. programatora ST-Link oraz programu ST-Link Utility. Po tych czynnościach można uruchomić tester i przejść do sprawdzenia układu kontroli styku przekąźnika. W tym celu w menu



Fotografia 1. Zmontowany układ, strona TOP



Fotografia 2. Zmontowany układ, strona BOTTOM

należy ustawić dowolny prąd znamionowy oraz dowolny prąd zwarciový a następnie uruchomić stoper, klikając Enter. Stoper powinien się zatrzymać w momencie rozwarcia złącza NC_NO w przypadku ustawienia zworki na pozycji 1–2 złącza CHSTYK. W przypadku ustawienia zworki na pozycji 2–3 złącza CHSTYK uruchomiony stoper powinien się zatrzymać w momencie zwarcia złącza NC_NO. Na **fotografiach 1** oraz **2** pokazano zmontowany tester od strony TOP oraz BOTTOM.

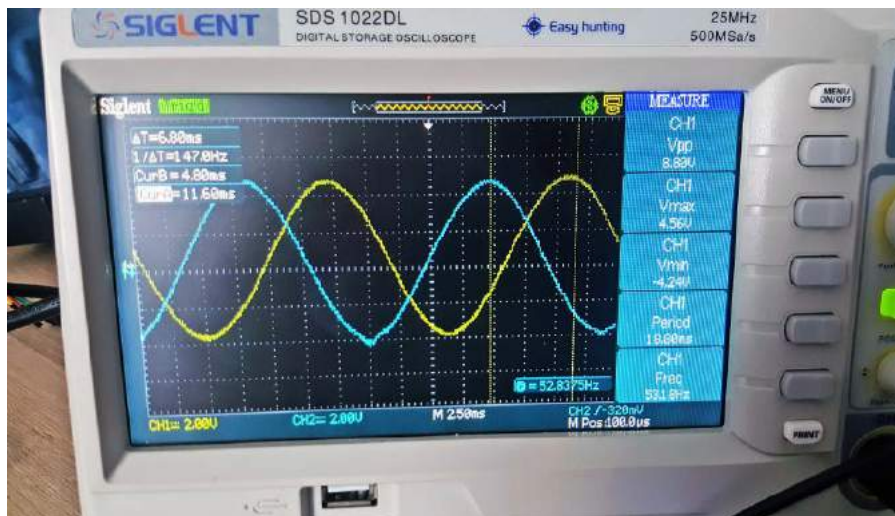
Kolejnym krokiem jest regulacja amplitudy generowanego sygnału, do tego celu potrzebny jest oscyloskop oraz multimetr (najlepiej taki, w którym można wyłączyć funkcję TRMS).

Aby dokonać regulacji, pierwszą czynnością, jaką należy wykonać, jest ustawienie offsetu na zero. W tym celu ustawiamy multimetr na pomiar napięcia stałego a następnie przykładamy sondy pomiędzy masę a nóżkę

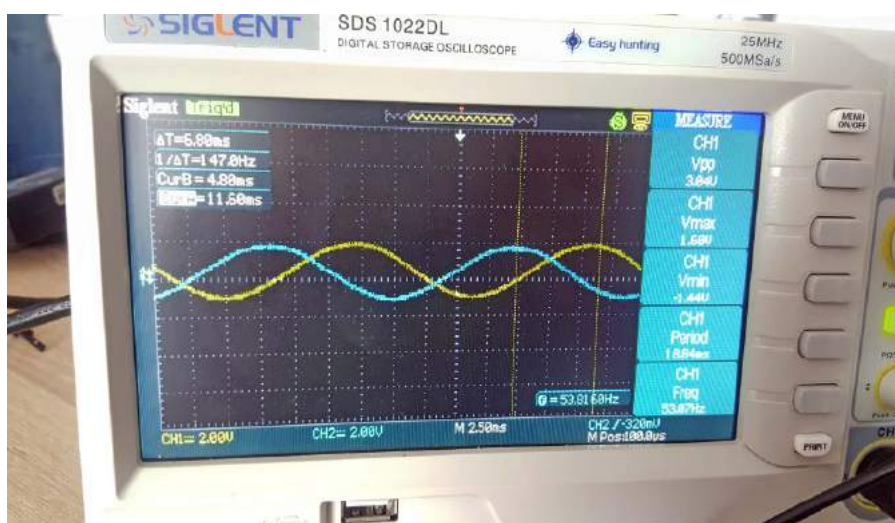
potencjometru oznaczoną jako S. Potencjometr regulujemy w taki sposób, żeby napięcie na nóżce S pokazywało około 0 V (offset równy 0). Takiej regulacji należy dokonać dla wszystkich torów sygnałowych, używając trzech potencjometrów R1, R10, R19.

Następną czynnością będzie wyregulowanie wzmocnienia sygnału sinusoidalnego. W tym celu podłączamy sondę oscyloskopu pomiędzy masę a nóżkę 7 obudowy układu TL082. Patrząc na oscyloskop, należy zwiększać wzmocnienie za pomocą potencjometru R2 do momentu, aż sygnał będzie ulegał przeregulowaniu (obcinanie szczytów przebiegu sinusoidalnego). W chwili wykrycia przeregulowania wzmocnienie trzeba trochę zmniejszyć. Takiej regulacji należy dokonać dla pozostałych dwóch torów, używając do tego potencjometrów R11, R20.

Ostatnią czynnością będzie ustawienie w menu 1000 mV dla prądu znamionowego a następnie uruchomienie menu „PRĄD



Fotografia 3. Sygnały wyjściowe testera mierzone oscyloskopem



Fotografia 4. Sygnały wyjściowe testera dla innej wartości



Fotografia 5. Wygląd ekranów menu użytkownika

ZNAMIONOWY”. Multimetr należy podłączyć pomiędzy masę a pin wyjściowy toru pierwszego. Zmieniając wzmocnienie sygnału DAC, potencjometrem R3 trzeba regulować tak, aby multimetr także wskazywał 1000 mV. Taką regulację należy przeprowadzić dla pozostałych dwóch torów, używając do tego potencjometrów R12, R21.

Po tych czynnościach trzeba sprawdzić kilka innych ustawionych wartości prądu

znamionowego wskazanie multimetru. Należy także sprawdzić częstotliwość sygnałów wyjściowych, a na oscyloskopie przesunięcia fazowe pomiędzy sygnałami. W przypadku konieczności regulacji trzeba dokonać wcześniej opisanych zmian w programie.

Na koniec należy dodać, że w momencie, gdy użytkownik zdecyduje się na zastosowanie dodatkowego układu ze sprzężeniem zwrotnym, polegającym

na pomiarze i automatycznej regulacji każdej fazy, musi pamiętać o wlutowaniu zworki J2. W przeciwnym razie nie należy jej wlutowywać.

Na fotografiach 3 oraz 4 pokazano sygnał wyjściowy mierzony oscyloskopem dla dwóch różnych wartości.

Obsługa

Po uruchomieniu testera należy w pierwszej kolejności ustawić wartość prądu znamionowego (wartość w mV zależna od stosowanego przetwornika prądowo-napięciowego). Zmian wartości napięcia dokonuje się przyciskami UP oraz DOWN. Pojedyncze naciśnięcie zmienia wartość o 1 mV. Naciśnięcie i trzymanie przycisku UP lub DOWN powoduje ciągle zwiększanie lub zmniejszanie wartości ustawianego napięcia. W programie napisano trzy stopnie prędkości zmiany ustawianego napięcia w momencie ciągłego trzymania przycisku microswitch. Im dłużej użytkownik trzyma naciśnięty przycisk, tym szybciej dokonuje się zmiana napięcia na wyświetlaczu.

Po ustawieniu określonej wartości prądu znamionowego należy ją zatwierdzić przyciskiem Enter a następnie analogicznie jak opisano powyżej ustawić wartość prądu zwarciovego, po czym również nacisnąć przycisk Enter w celu zatwierdzenia. Po tych ustawieniach użytkownik znajdzie się w głównym menu, w którym ma do wyboru załączenie na wyjściu testera prądu znamionowego przemnożonego przez odpowiedni współczynnik (Przeciążenie $\times 1,5$, Przeciążenie $\times 3$, Przeciążenie $\times 6$) oraz prądu zwarciovego także przemnożonego przez określony współczynnik (Zwarcie $\times 0,8$, Zwarcie $\times 1,2$, Zwarcie $\times 1,5$). Ponadto użytkownik może zasymulować zanik jednej fazy w sieci poprzez wybranie menu Asymetria L1, Asymetria L2, Asymetria L3. Na fotografii 5 pokazano wygląd okien menu użytkownika.

W przypadku, gdy użytkownik będzie korzystał z automatycznej regulacji, wtedy należy najpierw przeprowadzić regulację opisaną powyżej a dopiero potem wlutować zworkę J1. Po wlutowaniu zworki w lewym dolnym rogu wyświetlacza może pojawiać się literka R – oznaczająca, że w chwili obecnej jest przeprowadzana automatyczna regulacja.

Na zakończenie artykułu należy zwrócić uwagę, że gdy użytkownik testera TZPZ zechce zmieniać offset za pomocą potencjometrów R1, R10, R19, wtedy wzmocnienie sygnału sinusoidalnego nie może być zbyt duże. Przy zbyt dużym wzmocnieniu istnieje możliwość przesterowania sygnału sinusoidalnego, gdy offset jest różny od zera.

Krzysztof Miękus
Lordwest1989@tlen.pl



Krótki serwomotor BLDC o średnicy 16 mm

Kompaktowa siła napędowa do wymagających zastosowań

1645...BHS ten bezszczotkowy serwomotor DC od firmy Faulhaber ustanawia poprzeczkę w swojej klasie w postaci ekstremalnie krótkiego czasu reakcji, dużej prędkości oraz dużego dopuszczalnego obciążenia promieniowego. Odnosząca sukcesy seria BHx o średnicy 16 mm zyskała ulepszenie w postaci bardziej kompaktowej wersji o długości zaledwie 45 mm. Podobnie jak pozostałe produkty ten niezwykle mocny napęd BLDC charakteryzuje się także niskim poziomem drgań i wytwarzania ciepła. Tym samym jest idealny do zastosowań wymagających sporej mocy w ograniczonej przestrzeni.

Więcej informacji:

Faulhaber Polska sp. z o.o.
ul. Górki 7, 60-204 Poznań
tel. +48 61 278 72 53, faks +48 61 278 72 54
info@faulhaber.pl, www.faulhaber.com



Seria BHx obejmuje bezluzowe, bezszczotkowe silniki o dużej wydajności, wykonane w technologii dwubiegunowej, o średnicy 16 mm. Przy 100000 obr./min nowa wersja serii 1645...BHS osiąga znacząco wyższą prędkość w porównaniu do znajdujących się na rynku silników o podobnych rozmiarach. Uzyskuje ona także najwyższe wartości przy maksymalnym obciążeniu promieniowym (18 N), gęstości mocy (58,5 W) i momencie obrotowym (8 mNm). W połączeniu z dopasowaną przekładnią planetarną silnik może pracować z bardzo wysokim momentem obrotowym rzędu 800 mNm, przy zaledwie 12000 obr./min. przy pracy ciągłej.



Fotografia 1. Krótki serwowmotor BLDC o średnicy 16 mm

Seria 1645...BHS oferuje znacznie więcej korzyści. Dzięki 90% wydajności oraz minimalnemu wytwarzaniu ciepła i drgań silnik jest niezwykle energooszczędny. Bardzo niska stała mechaniczna czasu uruchomienia oraz małe wartości bezwładności wirnika, a także bardzo duże przyspieszenie kątowe pozwalają na uzyskanie niezwykle krótkiego czasu reakcji. Dodatkowo dzięki płaskiemu spadkowi krzywej charakterystyki n/M (429 rpm/mNm) silnik osiąga zdolność do optymalnej pracy, co przekłada się na precyzyjne czasowo dostosowanie się do zmiennych wymogów wydajności.

Napęd ma wbudowane czujniki cyfrowe Halla. Opcjonalnie dostępny jest wbudowany enkoder przyrostowy. Do różnych zastosowań dobierać można komponenty spośród szerokiej gamy opcjonalnych akcesoriów, od sterowników prędkości i ruchu po elementy sterowania i przekładnie. Wytrzymała i kompaktowa budowa silnika oraz jego wyjątkowe parametry eksploatacyjne sprawiają, że produkt ten jest idealny do wymagających i przestrzennie ograniczonych zastosowań. Napęd ten stosowany jest w chwytakach elektrycznych, niewielkich końcówkach narzędziowych, systemach robotów, automatach przemysłowej oraz we wszelkiego rodzaju aparaturze mechatronicznej.

„Więksi bracia” 1645...BHS – czyli serie 1660...BHS i BHT – mają zastosowanie w przypadku większej przestrzeni instalacyjnej. Serie te także oferują najwyższe parametry eksploatacyjne produktów w swojej klasie. Wersje są zoptymalizowane do pracy z dużą prędkością (BHS) oraz dużym momentem obrotowym (BHT).

FAULHABER BHx

Wysoka wydajność, która mieści się w dłoni



Bezczotkowe serwowmotory FAULHABER DC z serii 1660 ... BHx

- Bezczotkowe silniki z samonośnym uzwojeniem o wysokich osiągnięciach, predestynowane do rękojeści urządzeń medycznych o wysokich wymaganiach w zakresie mocy przy zastosowaniach o ograniczonej przestrzeni montażowej
- Seria 1660 ... BHS – to wysokie prędkości obrotowe do 100.000 obr./min z mocą do 96 W
- Seria 1660 ... BHT – ciągły moment obrotowy 18,7 mNm i maksymalnie do 30 mNm przy pracy impulsowej
- Duża sztywność oraz bardzo płaska charakterystyka prędkości obrotowej do momentu wynosząca 95 min⁻¹/mNm
- Niskie drgania oraz niewielkie wydzielanie ciepła

Więcej informacji: www.faulhaber.com/p/bhx/en
FAULHABER Polska sp. z o.o. · info@faulhaber.pl

NOWOŚĆ



WE CREATE MOTION

Zmiany na rynku złączy

Rynek połączeń międzysystemowych jest trudną dziedziną branży elektronicznej, zarówno dla osób zajmujących się projektowaniem elektroniki, jak i dla odpowiedzialnych za zaopatrzenie. Dłuższe czasy dostaw, wycofywanie produktów, większe ilości minimalne, a także ogromna różnorodność produktów i wariantów to standardowe problemy, z którymi trzeba się zmierzyć. Firma Heilind dysponuje bogatym asortymentem złączy. Oferuje swoim klientom doradztwo w zakresie oferty, jak również pełne wsparcie w zakresie dodatkowych usług.

Heilind – wyspecjalizowany dystrybutor złączy i komponentów elektromechanicznych, informuje o coraz wyższym tempie zmian i rozwoju w branży. Towarzyszy temu niemała dezorientacja wśród przedsiębiorców i menedżerów produktu. Zastosowania dla złączy stają się coraz bardziej zróżnicowane i skomplikowane. Szczególny nacisk stawiany jest na zwiększenie znamionowych mocy, przy jednoczesnym osiągnięciu mniejszych rozmiarów.

„Tempo innowacji w przypadku komponentów jest bardzo wysokie. Specjalne złącza, dotychczas wykorzystywane w niszowych zastosowaniach, obecnie są również wykorzystywane w całkiem innych obszarach. Jako wyspecjalizowany dystrybutor mamy świetny przegląd rynku, a więc możemy oferować kompleksowe doradztwo techniczne”, wyjaśnia Stefan Barrig, kierownik działu zarządzania produktem w Heilind. Wspomina o trendzie rozwoju lekkich złączy, takich jak te używane w dronach czy w zastosowaniach transportowych. Z drugiej strony, istnieją zwiększone wymagania dotyczące bardzo dużych i solidnych złączy, które znajdują zastosowanie m.in. w produkcji maszyn rolniczych. Spektrum produktów staje się coraz bardziej zróżnicowane.

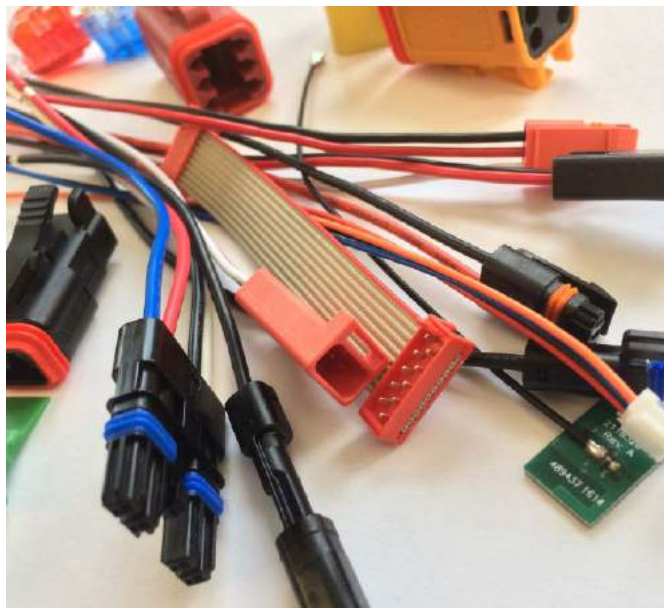
Dystrybutor opisuje także zaobserwowane trendy produktowe. Przede wszystkim instaluje się coraz więcej elektroniki z zastosowaniem złączy. Materiał na złącza staje się lżejszy i coraz bardziej solidny, znacząco poprawia się jego charakterystyka.

Tendencja tworzenia kompletnych pakietów rozwiązań

Barrig przytacza przykład łączenia potężnych modułów czujników o kilku funkcjach. Na płytach instalowane są czujniki różnych typów, które równocześnie zapisują wartości charakteryzujące



Fotografia 2. Magazyn w Heilind – bliższa integracja łańcucha dostaw pomiędzy dystrybutorem a klientem dodatkowo wpływająca na większe bezpieczeństwo po stronie klienta. W Heilind coraz częściej lokalizowane są magazyny komponentów przeznaczone dla konkretnych klientów



Fotografia 1. Złącza do zastosowań przemysłowych – różnorodność złączy staje się coraz bardziej dezorientująca dla przedsiębiorców i menedżerów produktu

Więcej informacji:

Heilind Electronics SP. z o.o.
03 Business Campus
ul. Opolska 114, 31-323 Kraków
tel. +49 8024 9021 300, vertrieb@heilind.com
www.heilind.com



np. temperaturę, wilgotność, światło lub ruch. Takie rozwiązanie stwarza nowe możliwości w dziedzinie automatyzacji budynków, w których każde pomieszczenie może niezależnie „myśleć” i staje się częścią inteligentnego systemu. To kolejna branża, w której trudno jest użytkownikowi zorientować się w różnych wariantach. „Oferujemy czujniki wodoodporne, dodatkowo powlekane, będące bardzo solidnymi i wyjątkowo małymi komponentami” mówi Barrig.

„Funkcje GPS w kombajnach zbożowych, czy czujniki temperatury w biurach, tworzą szeroki zakres dodatkowych funkcji w tradycyjnych obszarach. Tutaj producent złączy oferuje zintegrowane warianty komponentów, jak również pakiety kompletnych rozwiązań”, twierdzi Stefan Schumacher, menedżer produktu złączy w Heilind. Istnieje faktyczne zapotrzebowanie na doradztwo techniczne firmy w celu znalezienia właściwego rozwiązania wśród różnorodnych wariantów z szerokiej gamy w ofercie dystrybutora.

„Jednym z przykładów jest rynek domów inteligentnych. Wspieramy użytkowników w zakresie wstępnie zmontowanych elementów i kabli. Takie pakiety zawierają również oprogramowanie sterujące przeznaczone do konkretnego zastosowania. Klienci otrzymują komponenty gotowe do zamontowania”.

Standardowe komponenty stają się niewystarczające

Heilind planuje nieprzerwanie poszerzać swoją ofertę i możliwości na rynku europejskim. „Nasi klienci pracują pod ogromną presją czasu i kosztów. Jednocześnie obserwujemy niedobory niemal wszystkich komponentów. Jako dystrybutor możemy chronić naszych klientów przed wydłużonymi czasami dostaw”, mówi Stefan Schumacher,

opisując potrzebę działania. Wąskie gardło dostaw jak dotąd było całkiem dobrze kompensowane przez znacznie wyższy poziom zapasów magazynowych. Jednak to wyzwanie wydłuża się w czasie. Dlatego Heilind radzi swoim klientom, aby starali się planować długoterminowo swoją produkcję.

Bliższa integracja łańcucha dostaw pomiędzy dystrybutorem a klientem również dodatkowo wpływa na większe bezpieczeństwo po stronie klienta. W Heilind coraz częściej lokalizowane są magazyny komponentów przeznaczone dla konkretnych klientów. W ten sposób dystrybutor dostarcza komponenty potrzebne bezpośrednio do produkcji, zgodnie z aktualnym zapotrzebowaniem. Nadrzędnym celem firmy jest zautomatyzowanie kolejnych podprocesów w systemie elektronicznego przetwarzania zamówień, co znacząco wpłynie na cenę produktu i przyczyni się do redukcji kosztów klientów. „To jeden ze sposobów w jaki dbamy o naszego klienta. Z kolei my odnosimy korzyści dzięki zwiększonej lojalności klienta”, twierdzi Barrig, opisując obopólne korzyści.

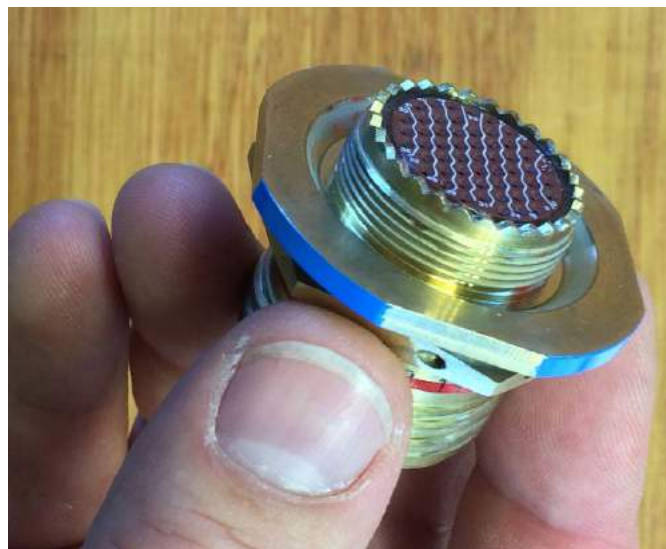
Tendencja zamawiania minimalnych ilości

Zachodzi również wiele zmian dotyczących producentów komponentów. Bezpośrednie dostawy coraz bardziej ograniczają się do kilku głównych/kluczowych klientów. Jeśli chodzi o pozostałych, liczba zamówień minimalnych drastycznie wzrosła. Poza tym wielu producentów ogranicza swoją listę dystrybutorów do kilku partnerów. „Wprowadza to dodatkową niepewność dla naszych klientów. Z drugiej zaś strony rynek stał się znów bardziej wiarygodny. Na przykład, nikt nie chce zamawiać dużych opakowań po 10000 szt., jeśli potrzebuje tylko 800 komponentów. Dlatego jako dystrybutor, jeszcze bardziej poszerzamy zakres naszych usług. Gwarantujemy naszym klientom możliwość nabywania takich ilości, jakie są im niezbędne do zapewnienia ciągłej produkcji” wyjaśnia Barrig.

Menedżerowie produktu wskazują, że Heilind jest dostawcą nr 1 złączy międzysystemowych w Ameryce Północnej, a także, że firma pozostaje w bardzo bliskich relacjach z ponad 100 wiodącymi producentami z branży. W 2018 roku grupa Linecard for Europe liczyła 25 dostawców, ta liczba powinna wzrosnąć do około 30 producentów. Jeśli chodzi o dalszy rozwój, liczba pracowników w samych Niemczech wzrosła do ponad 100, co jest ponad 50% wzrostem zatrudnienia.

Więcej usług

„W Stanach Zjednoczonych i Azji obserwujemy ciągły wzrost rozwoju usług. Na przykład oznaczamy złącza kolorami lub przycinamy



Fotografia 3. Złącze z własnej linii produkcyjnej Heilind: „Nasza certyfikowana produkcja złączy stanowi usługę mającą duże wzięcie” mówi Stefan Barrig, kierownik działu zarządzania produktem w Heilind

końcówki styków do montażu i wiele więcej”, wyjaśnia Schumacher. „Nasz własny zakład produkcji złączy ma już mocno ugruntowaną pozycję w Niemczech. Nasza certyfikowana produkcja złączy stanowi usługę mającą duże wzięcie. Na przykład w naszej ofercie mamy złącze, które można skonfigurować indywidualnie do wielu różnych konkretnych elementów. W tym przypadku czas dostawy od producenta wynosi 16 tygodni lub dłużej. Potrzebujemy mniej niż tydzień na przeprowadzenie produkcji, jak również możemy dostarczać bardzo małe ilości”, twierdzi Stefan Barrig, podkreślając atuty świadczonych usług. Menedżerowie produktu jako dalsze przykłady podają przepakowywanie dużych pakietów producenta na mniejsze lub przerabianie produktów. W przypadku wielostykowych złączy PCB istnieje możliwość dostosowania liczby styków do specyfikacji dostarczonej przez klienta. Ponadto firma w oparciu o zestawienie materiałów, tworzy kompletne zestawy komponentów potrzebnych w procesie produkcji klienta.

Firma Heilind utworzyła także własny dział etykietowania i pakowania. Tutaj oznaczane są produkty lub produkowane etykiety na obudowę, z oznaczeniami bezpieczeństwa i kodami kreskowymi.

REKLAMA

Cześć Polsko!

Jako wiodący dystrybutor złączy wtykowych, czujników i podzespołów elektromechanicznych prowadzimy **współpracę z ponad 40 producentami**, oferując szerokie portfolio produktów. Dzięki aktualizowanemu na bieżąco podglądowi stanów magazynowych możesz od razu zweryfikować dostępność produktów i producentów, a także złożyć **zamówienie już od jednej sztuki**. W przypadku pytań nasz dział sprzedaży jest przez cały czas do dyspozycji i wspiera klientów osobiście na miejscu, udzielając merytorycznej pomocy.

Skorzystaj z szybkiej dostępności produktów, wsparcia technicznego i wysokiego poziomu obsługi. Jesteśmy zadowoleni dopiero wtedy, gdy nasi klienci są zadowoleni.

DISTRIBUTION AS IT SHOULD BE.



info@heilind.pl

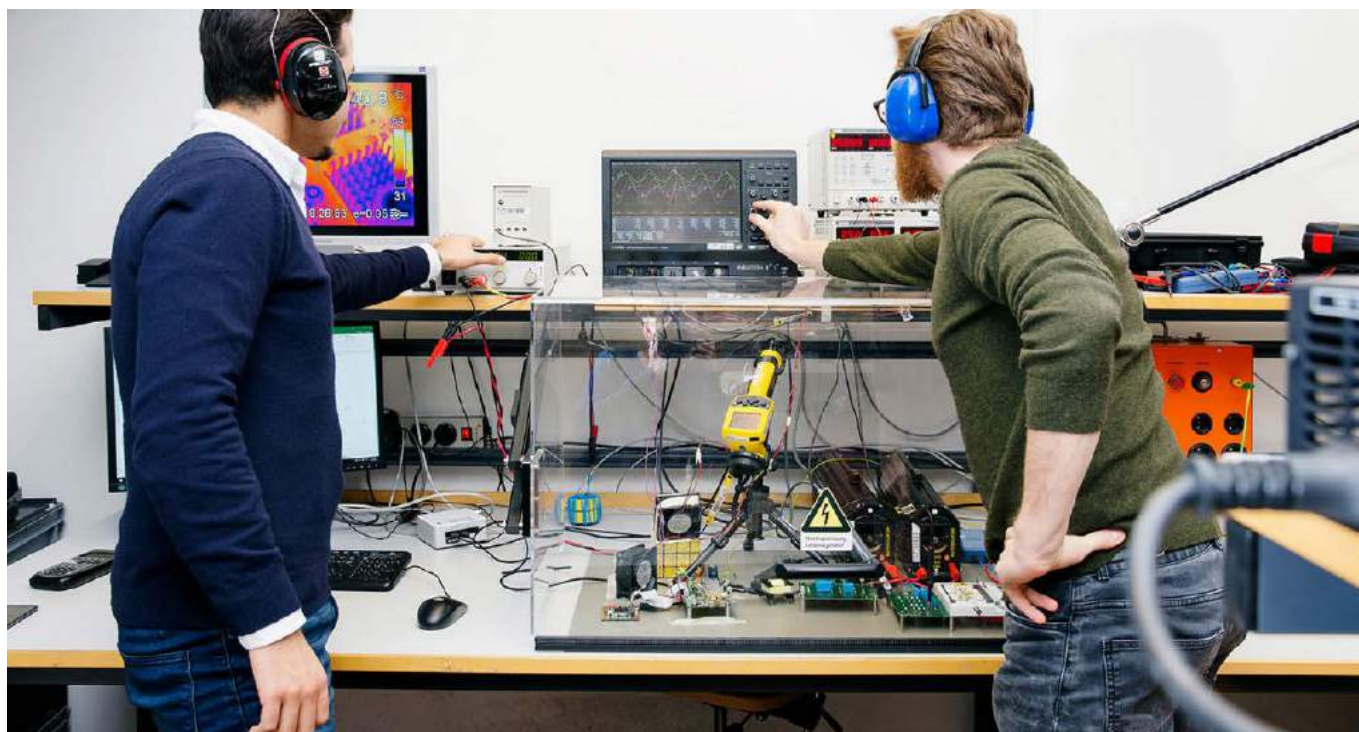


www.heilind.pl

HEILIND

Performance. Trust. Innovation.

**sprawdź
teraz!**



Warsztat konstruktora

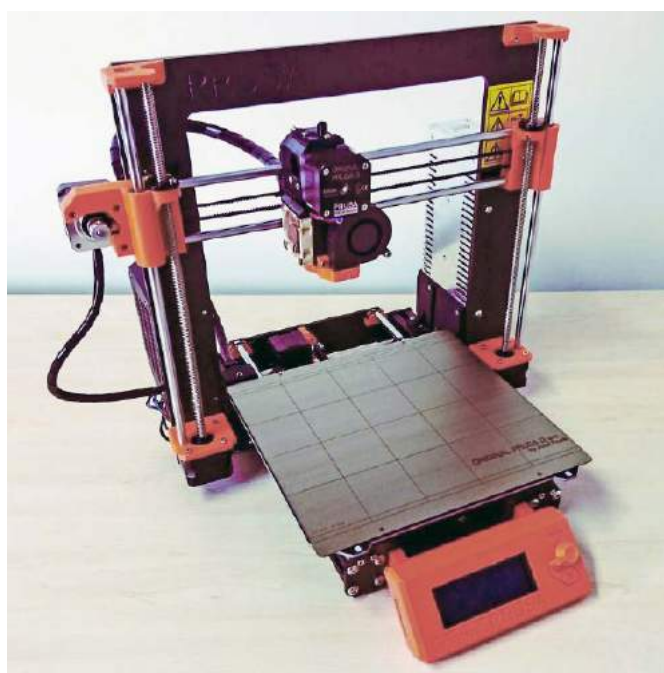
Kiedyś elektronik konstruktor, modelarz lub majsterkowicz wykonywali większość prac ręcznie. Od projektu płytki, poprzez naniesienie ścieżek na laminat miedziany, montaż, wykonanie obudowy aż do sprawdzenia funkcjonowania gotowego urządzenia. Dziś większość czynności jest – zwłaszcza przez młodsze pokolenie – wykonywana zupełnie inaczej, co niekiedy prowadzi do starcia z „purystami”, zwolennikami dawnych rozwiązań. Nie da się jednak ukryć, że osiągnięcia techniki pozwalają na zaoszczędzenie czasu, który można przeznaczyć chociażby na naukę innych umiejętności.

W warsztacie konstruktora jako pierwszy znalazł miejsce komputer. Współcześnie służy on do projektowania obwodów elektronicznych, modelowania ich pracy oraz tworzenia plików produkcyjnych projektu, które są wysyłane do producentów płytek, obudów, detali mechanicznych. Komputer pozwala na wirtualne dopasowanie części składowych, zanim zostaną one wykonane za pomocą jakiejś technologii.

Z komputerem i jego oprogramowaniem są ściśle związane inne urządzenia, które dawniej kosztowały krocie, a współcześnie dosłownie trafiły pod przysłowiowe strzechy. Wśród ważniejszych wymienilibym analizatory stanów logicznych, programatory/debuggerzy oraz frezarki CNC (Computerized Numerical Control) i drukarki 3D. Nie sposób nie zauważyć, jak ogromny wpływ mają one na pracę współczesnego konstruktora. Oczywiście, nie zgodzą się z tym twierdzeniem osoby, które nadal używają tradycyjnych środków produkcji, ale każdy, kto posmakował nowych technologii, dobrze wie, co mam na myśli.

Oprogramowanie projektowe i do symulacji

Jak niegdyś wyglądała praca nad prototypem? Po pierwsze, należało narysować schemat lub skądś go skopiować. Typowymi źródłami takich schematów były instrukcje serwisowe oraz prasa specjalistyczna, z których takie schematy były najczęściej kopiowane ręcznie. Następnie wykonywało się prototyp. Zwykle w tym celu posługiwano



Fotografia 1. Drukarka Original Prusa i3 MK3S (najlepsza zdaniem wielu użytkowników)

się płytką uniwersalną, do której wlutowywało się elementy po to, aby połączyć ich wyprowadzenia za pomocą cienkich drutów w licy lub innych, podobnych, niewymagających usuwania izolacji (izolacja topiła się podczas lutowania). Tę samą metodę wiele osób stosuje też współcześnie, ponieważ pozwala ona w razie potrzeby na łatwą zmianę połączeń, dodanie nowych obwodów lub elementów.

Następnie przystępowało się do projektu płytki drukowanej. Bez względu na stopień skomplikowania obwodów taką płytkę projektowało się ręcznie. Najczęściej w tym celu wirtualnie rozmieszczało się elementy na kawałku papieru, rysując ich podstawki z odbiciem lustrzanym. Te podstawki można było również wstępnie połączyć liniami odpowiadającymi połączeniom na schemacie. Później przyklejało się taki rysunek do płytki, punktowało otwory, wierciło je,



Fotografia 2. Drukarka Creality Ender 5 (wybór #1 redaktorów portalu)

malowało ścieżki i trawiło płytkę w chlorku żelaza lub rozcieńczonym kwasie azotowym. Była to żmudna praca, przy której mieliśmy możliwość popełnienia mnóstwa pomyłek, ale przy odrobinie wprawy można było w miarę szybko osiągnąć trwałą, zadowalający efekt.

Jeśli płytką była projektowana dla urządzenia przeznaczonego do produkcji masowej, to projekt płytki drukowanej był wykonywany w skali umożliwiającej pracę projektantom oraz wykonanie kliszy z mozaiką ścieżek o wystarczająco dobrej jakości. Posługiwano się przy tym wyklejkami – rodzajem biblioteki naklejek z podstawkami komponentów i wielokrotnie sprawdzano pracę, porównując projekt ze schematem. Trudno w to dziś uwierzyć, ale jeszcze w latach dziewięćdziesiątych projektowano w ten sposób płytki do krajowych tunerów, wzmacniaczy, magnetofonów i innego sprzętu RTV.

Tę sytuację zmieniło wprowadzenie do biur projektowych komputera oraz oprogramowania EDA (Electronic Design Automation). Możliwość narysowania schematu, a następnie zaprojektowania płytki

drukowanej na podstawie wygenerowanej listy połączeń była dosłownie rewolucją w pracy. Jako pierwsze skorzystały z niej zakłady przemysłowe, a dopiero stamtąd, po upowszechnieniu się takich urządzeń, jak drukarki laserowe, kserokopiarki oraz drukarki atramentowe, rozmaite technologie wykonywania płytek drukowanych trafiły do warsztatów niewielkich firm oraz ich biur konstrukcyjnych. W tym zakresie pomysłowość społeczności skupionej wokół różnych metod produkcji małoseryjnej nie miała sobie równych. Wydruki z drukarek laserowych prasowano do płytek miedziowych, z atramentowych kserowano i prasowano, stosowano jako klisze i naświetlano, traktowano jako wzory dla rysunku ręcznego itp.

Pierwsze programy projektowe EDA umożliwiały utworzenie biblioteki komponentów, narysowanie schematu, wygenerowanie listy połączeń, a następnie zaprojektowanie płytki. Niekoniecznie były to programy pochodzące od jednego producenta. Na przykład jako pierwsze wykorzystywałem programy OrCAD do rysowania schematów oraz Rascal Redac do projektowania płytek. Co prawda Rascal Redac miał własny edytor schematów, ale ten OrCAD-owski był znacznie lepszy.

Współczesne oprogramowanie, takie jak dla przykładu pakiet programów z rodziny Design Spark dystrybuowanej przez firmę RS Components, umożliwia znacznie więcej. Można z jego użyciem dokonać wirtualnego montażu urządzenia elektronicznego, modelując poszczególne części składowe, nie tylko elektroniczne. Na podstawie takiej przymiarki można wygenerować pliki dla maszyn CNC lub drukarek 3D, co pozwala na bardzo szybkie, bezbłędne, przy zachowaniu odpowiedniej ostrożności, wykonanie prototypu urządzenia. Dodatkowo, program przeznaczony do rysowania schematów ma połączenie z magazynem firmy, co ułatwia szybką wycenę prototypu i zamówienie komponentów. Wspomnijmy przy tym, że nie jest to jedyny program tego typu – w takie same moduły może być wyposażony Eagle, Altium Designer i inne. Co ciekawe, pomimo kapitalnej funkcjonalności, programy z rodziny Design Spark są oferowane za darmo. Moim zdaniem szczególnie wart polecenia jest Design Spark Mechanical, którym można posłużyć się, tworząc obiekty przestrzenne: obudowy, pokręta, projekty rozmieszczenia komponentów wewnątrz szafy elektrycznej i tym podobne. Ta darmowość nie jest przypadkiem odosobnionym – podobnie postępują inni producenci oprogramowania.

Jeszcze inną grupę programów stanowią symulatory. Z ich użyciem można symulować pracę obwodów logicznych, cyfrowych, analogowych. Na przykład za pomocą LT Spice można symulować pracę urządzenia, dobierając komponenty filtru, wirtualnie kształtując jego charakterystykę, co w wielu wypadkach pozwoli na skrócenie cyklu projektowego oraz uniknięcie błędów układowych. Podobnie wiele osób piszących programy nie wyobraża sobie dziś pracy bez chociażby symulatora pozwalającego na przesłanie wybranej procedury, podejście zmiennych, zmierzenie czasu wykonywania pętli itp. Nie zawsze to było takie oczywiste.

Wiele programów narzędziowych tego typu jest dostępnych za darmo w wersji pełnej lub z niewielkim ograniczeniem funkcjonalności. Firmy producenci oprogramowania dobrze zdają sobie sprawę z tego, że traktowanie hobbystów używających nielicencjonowanych programów z lekkim przymrużeniem oka prowadzi do rozpowszechnienia się standardu plików oraz powoduje wzrost znajomości programu, co później przekłada się na sprzedaż, ponieważ użytkownicy domowi przyzwyczajeni do danego pakietu namówią na jego zakup również firmę, w której pracują. Z drugiej strony, skala tego zjawiska jest raczej niewielka, ponieważ wielu amatorów dla uniknięcia potencjalnych problemów i tak wybiera darmowe oprogramowanie, dostępne na licencji GNU.

W „Elektronice Praktycznej” wielokrotnie poruszaliśmy tematykę oprogramowania EDA, CAD, kompilatorów i symulatorów dla różnorodnych układów. Nie ma sensu powtarzać tych informacji, ponieważ można je znaleźć w niemal każdym wydaniu EP oraz w darmowym, otwartym archiwum czasopisma na portalu www.ep.com.pl.



Fotografia 3. Drukarka LulzBot TAZ 6 (zwycięzca w kategorii „wół roboczy”)

Drukarki 3D

Technologią, która w ostatnich latach nabrała szczególnego znaczenia, jest druk 3D. Osobie nieprzyzwyczajonej do drukarki 3D wydaje się ona zbędną fanaberią, jednak wystarczy nauczyć się jej używać, aby dostrzec korzyści płynące z posiadania tego urządzenia w warsztacie.

Aby móc w pełni docenić zalety drukarki, użytkując ją w biurze konstrukcyjnym, nie może ona być z tych najtańszych – kupując ją, trzeba wydać przynajmniej te kilka tysięcy złotych. Nie tak dawno kolega zaskoczył mnie, pokazując dwie czy trzy drukarki kupione na dalekowschodnim portalu aukcyjnym za około 800 złotych za sztukę. Drukarki były oferowane w formie zestawu do samodzielnego montażu i pomimo niskiej ceny – działają! Te urządzenia są pozbawione automatycznych ustawień ułatwiających ich eksploatację i wszystkie regulacje trzeba wprowadzać ręcznie, ale przystosowane do realizacji określonego zadania, raz ustawione jakoś tam funkcjonują. Owszem, do wydruku można stosować wyłącznie PLA, ale jest to wystarczające do wielu zastosowań.

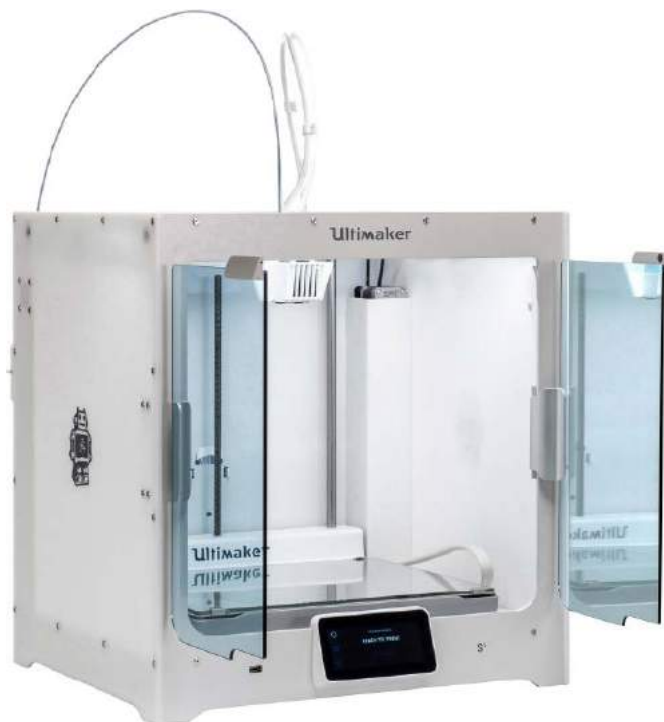
Patrząc na swoje doświadczenie z eksploatacji drukarki 3D, przypuszczalnie nigdy nie zdecydowałbym się na zakup takiego taniego urządzenia do biura konstrukcyjnego, ponieważ przy takiej pracy istotnym czynnikiem jest „time to market”, który przeważnie musi być maksymalnie skrócony. Trzeba pamiętać, że w technologiach przyrostowych obiekt buduje się warstwa po warstwie, a ta może mieć grubość 0,1 mm. Materiał, taki jak PLA, nylon czy ABS, muszą mieć czas na to, aby ostygnąć i związać warstwę, więc istnieje techniczne ograniczenie prędkości druku wynikające z właściwości fizycznych tworzywa. Dlatego wydruk obiektu trójwymiarowego trwa dosyć długo i szkoda, aby pod koniec okazało się, że obiekt zostanie zepsuty przez niedokładność pracy drukarki.

Co daje nam drukarka 3D w warsztacie konstrukcyjnym? Najważniejszą jej funkcją jest możliwość przetworzenia pomysłu istniejącego w naszej wyobraźni w realny, materialny obiekt. Nie trzeba przy tym umiejętności manualnych, specjalistycznych narzędzi (chyba, że jako takie potraktujemy drukarkę 3D). Wystarczy pomysł i dobrze wybrane, adekwatne do potrzeb urządzenie. Oprogramowanie do tworzenia obiektów trójwymiarowych, mające podstawową funkcjonalność, takie jak wspomniany wcześniej Design Spark Mechanical, jest dostępne za darmo, podobnie jak tzw. slicery do dzielenia obiektów na warstwy wykonywane przez drukarkę. Mając drukarkę 3D, możemy szybko tworzyć gałki, pokręta, elementy mocujące, zawieszki, a nieco wolniej nawet całe obudowy. Taka drukarka przyda się również w serwisie, czego doświadczyłem, naprawiając stareńki amplituner, dla którego nie sposób było kupić elementy mechaniczne. Drukarka przyda się do wykonania nietypowych uchwytów czujników, modułów transmisyjnych, osłon i innych przedmiotów.

Moim zdaniem jeszcze więcej zastosowań dla druku 3D znajduje się w warsztacie konstruktora hobbysty. Najczęściej jego praca nie jest wspierana przez dział zaopatrzenia i obszerny magazyn komponentów. Taka osoba ma też ograniczone możliwości zakupu (ponieważ niektóre części mechaniczne są oferowane w ilościach produkcyjnych) i niewiele firm chce jej podarować próbki, za to ma pełną głowę pomysłów i przez to niemal nieograniczone potrzeby.

Jak dobrać odpowiednią drukarkę 3D do własnych potrzeb? Osoby niemające doświadczenia z drukarką 3D nie powinny kupować sprzętu zbyt kłopotliwego w obsłudze, ponieważ problemy znacznie mogą przerosnąć potencjalne korzyści. Zwykle parametry techniczne podawane przez producenta nic nam nie mówią, a wręcz wyłania się z nich kompletnie nieczytelny obraz. Wiele osób polega wówczas na sprzecznie polecanym przez producenta dla początkujących i nierzadko wręcz opatrzonym taką etykietą, ale mimo to warto zwrócić uwagę na pewne aspekty.

Należy bardzo ostrożnie podchodzić do drukarek przeznaczonych „dla początkujących”. W handlu jest dostępnych kilka drukarek, których producenci twierdzą, że są odpowiednie dla początkujących. Takie drukarki nierzadko są przystosowane do filamentu oferowanego



Fotografia 4. Drukarka Ultimaker S5 (najlepiej wyposażona w 2 ekstrudery)

przez konkretnego producenta, przez co zakres ich zastosowań będzie bardzo ograniczony i raczej będą one drogie w eksploatacji. Ponadto, z racji tego, że są one przeznaczone „dla początkujących”, będą całkiem złożone, co nie pozostanie bez wpływu na cenę. Aby ją obniżyć, bo to „sprzęt dla początkujących”, producent ograniczy przestrzeń roboczą, co nie pozwoli na efektywne zastosowanie drukarki do wykonywania prototypów. Rada? Trzeba sięgnąć do niezależnych recenzji dostępnych w prasie lub na portalach internetowych.

Nie wolno kupować zbyt taniej drukarki. Jeśli nie mamy doświadczenia w druku 3D, to najlepsza rada jest taka, aby kupić najdroższą, dobrze znaną lub przynajmniej dobrze ocenianą przez wielu użytkowników drukarkę, na którą nas stać. Najgorsze, co można zrobić, to zmarnować pieniądze na zakup taniej, niesprawdzonej drukarki „no name”. Istnieje ogromna różnica pomiędzy tanią drukarką „no name” a budżetową, sprawdzoną, udokumentowaną drukarką 3D uznanej marki. Nie kupuj na portalach crowd fundingowych. Niestety, nadal jest to najlepsze miejsce, aby zostać oszukanym lub zostać z pustymi rękoma, ponieważ urządzenie będzie nieudane lub z innego powodu, dla którego projekt upadnie. Projekt może też być



Fotografia 5. Najtańszy router CNC MYSWEETY 1610



Fotografia 6. Średniej klasy router BobsCNC E4

znacznie opóźniony, przez co będziemy na urządzenie czekali dłużej, niż obiecano, co zdarza się w większości projektów dostępnych np. na portalu Kickstarter.

Dobra wiadomość jest taka, że jeśli drukarka 3D będzie używana w biurze projektowym przez modelarza lub majsterkowicza, to nie jest potrzebny najdroższy, najbardziej wszechstronny model dostępny w handlu. Kupując taką drukarkę, można zaoszczędzić znaczną sumę,

nabywając przyzwoitą, niedrogą maszynę. Jeśli taka drukarka zostanie kupiona jako zestaw do samodzielnego montażu, to można się wiele nauczyć, montując ją samodzielnie. Kupując drukarkę, należy też zwrócić uwagę na to, czy jest ona oferowana na zasadach „open source” (również, a może przede wszystkim w odniesieniu do materiałów eksploatacyjnych), to znaczy, czy sam użytkownik może coś wnieść do systemu drukarki, dopasowując ją do własnych potrzeb. Pozwoli to nie tylko na tuning, ale również na długoletnią eksploatację drukarki, nawet wtedy, gdy producent zakończy działalność lub model przestanie być produkowany.

Zwykle profesjonaliści nie będą interesowali żadne z powyższych porad. Profesjonalista przeznaczy sporo pieniędzy na zakup drukarki i chce wykonać zadanie bez względu na markę drukarki. W takim zastosowaniu prototyp jest wymagany bez konieczności modyfikowania mylących ustawień. Drukarka kupowana przez profesjonalistę powinna działać od razu po wyjęciu z pudełka, a ponadto powinna dawać możliwość użycia wielu różnych materiałów lub wykonywać doskonałej jakości wydruk z materiału preferowanego, na przykład żywicy.

W tabeli 1 umieszczono zestawienie najlepszych drukarek wybranych przez portal all3dp.com. Są one pogrupowane według kategorii, które pozwolą łatwo zorientować się, jaki model drukarki jest polecany dla poszczególnych kategorii użytkowników. Bez trudu można w tabeli znaleźć czeską drukarkę Prusa i3, która jest bardzo dobrze oceniana przez wielu użytkowników. Łatwo dostępna, stosunkowo niedroga, zadowalająca w różnych zastosowaniach. Sam jestem użytkownikiem drukarki Ultimaker 3, którą – podobnie jak wcześniejszy model Ultimaker 2 – mogę polecić jako bezproblemowe w użyciu, aczkolwiek nie najtańsze urządzenie do wielu zastosowań.

Obrabiarki CNC

Jeszcze wcześniej niż drukarki 3D, do warsztatów wielu konstruktorów wprowadzono obrabiarki CNC. Obrabiarki CNC uzupełniają możliwości dostępne dzięki drukowi 3D, chociaż działają na zupełnie innej zasadzie.

Najczęściej stosowanymi w biurach konstrukcyjnych maszynami CNC są frezarki, za pomocą których można wycinać, wiercić, wykonywać wgłębienia i inną obróbkę mechaniczną skrawaniem, a wszystko w skomputeryzowany, powtarzalny, dokładny sposób. Wyobraźmy sobie, że taka maszyna może zwolnić nas z konieczności formowania płytki drukowanej w taki sposób, aby pasowała do obudowy

Tabela 1. Najlepsze drukarki 3D
(źródło: <http://bit.ly/2XOs1R7>)

Kategoria	Zwycięzca
Najlepsza drukarka 3D	Original Prusa i3 MK3S
Najlepsza drukarka 3D w cenie do 199 USD	Creality Ender 3
Najlepsza drukarka 3D w cenie 200...299 USD	Creality Ender 3 Pro
Najlepsza drukarka 3D w cenie 300...499 USD	Creality CR-10S
Najlepsza drukarka 3D w cenie do 500...1000 USD	Original Prusa i3 MK3S
Najbardziej popularna drukarka 3D	Creality Ender 3
Najlepszy zestaw do budowy drukarki	Original Prusa i3 MK3S Kit
Najlepsza drukarka wykonująca wydruk z żywicy	Formlabs Form 2
Najlepsza budżetowa drukarka wykonująca wydruk z żywicy	Anycubic Photon
Najlepsza wielkoformatowa drukarka 3D	Raise3D Pro2 Plus
Najlepszy „wół roboczy” do druku 3D	LulzBot TAZ 6
Najlepsza drukarka 3D wyposażona w dwa ekstrudery	Ultimaker S5
Najlepsza drukarka 3D dla początkujących	Tiertime UP mini 2 ES
Najlepsza drukarka 3D do szkoły	Robo C2
Najlepsza wielofunkcyjna drukarka 3D	ZMorph VX
Najlepsza desktopowa drukarka 3D SLS	Lisa Sinterit Pro
Wybór redakcji portalu all3dp.com #1	Creality Ender-5
Wybór redakcji portalu all3dp.com #2	Creality CR-10S
Wybór redakcji portalu all3dp.com #3	Tiertime UP 300

i/lub wykonała wszystkie otwory na podstawie pliku zawierającego ich współrzędne, wygenerowanego przez program do projektowania płytek drukowanych lub wykonywania rysunków mechanicznych.

Niestety, z maszynami tego typu jest podobnie, jak z drukarkami 3D. O ile sama zasada działania i budowa takiej maszyny nie są jakoś specjalnie skomplikowane, o tyle aby sam proces był powtarzalny, maszyna musi być wykonana jak najdokładniej, w sposób zapewniający jak najmniejsze luzy. Owo „jak najdokładniej” oznacza, że jeśli wykonamy przekładnię ze śrubą, to dla uzyskania jak najlepszego efektu raczej nie powinno się używać śrub budowlanych, na przykład gwintowanych prętów do podwieszania sufitów, ale profesjonalnych przekładni śrubowych, łożyskowanych, z tzw. kasowaniem luzów. Na dodatek cała maszyna powinna być sztywna i zdolna do przeniesienia dużego naprężenia mechanicznego w różnych kierunkach, aby podczas cięcia lub frezowania lub na skutek ciężaru narzędzia skrawającego maszyna nie wyginała się, co może spowodować niedokładną obróbkę. Jasne, wielu amatorów maszyn CNC właśnie w ten sposób wykonuje swoje pierwsze konstrukcje, jednak później szybko przekonują się, że są to rozwiązania niewystarczające. Cieszą oko, ale nie bardzo nadają się do zastosowań profesjonalnych.

Wśród maszyn CNC dostępnych w handlu wyróżnia się routery CNC, niekiedy zwane grawerkami, chociaż ich funkcjonalność to nie

tylko grawerowanie oraz frezarki CNC. Podstawową różnicą pomiędzy oboma rodzajami maszyn jest cena oraz rodzaj obrabianego materiału. O ile router dobrej jakości można nabyć w cenie już około 700...800 USD, o tyle za dobrą frezarkę CNC trzeba zapłacić grubo powyżej 10 tys. USD. Trzeba też mieć na uwadze, że za tę cenę nabywa się „gołą” frezarkę CNC, do której trzeba będzie dokupić wyposażenie.

Router CNC jest używany głównie do cięcia drewna, plastiku, formowania pianki (EP, styroduru i innych) lub innych miękkich materiałów. Za jego pomocą można nie tylko ciąć, ale również wykonywać wgłębienia, rowki, napisy. Niektóre routery pozwalają również na cięcie miękkich metali, ale raczej nadają się one do ich grawerowania niż do obróbki. Dlatego router przyda się przede wszystkim modelarzom budującym modele z drewna lub tworzywa sztucznego oraz na przykład do wykonywania otworów w maskownicach z tworzywa sztucznego, podcięć i prowadnic w obudowach urządzeń i do innych zastosowań wymagających obróbki miękkiego materiału. Zwykle wrzeciono routera CNC obraca się z bardzo dużą prędkością, mogącą sięgać 20 tys. obrotów na minutę, co jest konieczne, aby uzyskać odpowiedni moment obrotowy przy cięciu przez wrzeciono, które jest napędzane silnikiem raczej o małej mocy. Zwykle rama i łożyska routera CNC nie zapewniają uzyskania dużej sztywności konstrukcji maszyny. Zaletą szybkiego cięcia wrzecionem o stosunkowo niedużym

Tabela 2. Wykaz 25 najlepszych zestawów routerów CNC (źródło: <http://bit.ly/2jtVWot>)

Typ routera	Obrabiane materiały	Obszar roboczy (mm)	Zawiera wrzeciono z napędem	Przybliżona cena w USD
MYSWEETY 1610 CNC Router	Drewno, plastik, pianka, laminat, miękkie metale	300×180×45	Tak	170
Sainsmart Genmitsu CNC 3018	Drewno, plastik, laminat, aluminium	300×180×45	Tak	250
MYSWEETY CNC 3018-PRO	Drewno, plastik, pianka, laminat	300×180×45	Tak	254
V1 Engineering Lowrider2 CNC	Drewno, plastik	Dobierany	Nie	od 326
Maker Made CNC Maslow CNC	Drewno, plastik	2438×1219	Nie	500
MillRight CNC M3 Starter Kit	Drewno, plastik, pianka, włókno węglowe, laminat, miękkie metale	260×260×50	Tak	od 499
Sienci Mill One V3	Drewno, plastik, pianka, laminat, miękkie metale	258×185×76	Nie (opcja)	od 420
Zen Toolworks CNC Carving Machine	Drewno, plastik, pianka, laminat	305×305×50	Nie	600
BobsCNC E3	Drewno, plastik	450×390×85	Tak	678
Next3D NANO PMF80	Drewno, plastik, laminat, miękkie metale	165×295×80	Nie	od 804
Stepcraft D-Series	Drewno, plastik, miękkie metale	od 210×210×40	Nie	od 999
BobsCNC E4	Drewno, plastik, miękkie metale	610×610×76	Tak	898
Carbide3D Shapeoko	Drewno, plastik, miękkie metale	406×406×76	Tak	1099
Inventables X-Carve	Drewno, plastik, pianka, laminat, miękkie metale	od 300×300×65	Tak	od 1303
Ooznest Workbee	Drewno, plastik, aluminium	od 550×520	Nie (opcja)	od 1300
Carbide3D Shapeoko XL/XXL	Drewno, plastik, pianka, laminat, miękkie metale	406×838/838×838	Tak	1499/1699
CNC Piranha FX	Drewno, plastik, miękkie metale	305×457	Nie	1600
BuildYourCNC blueChick	Drewno, plastik	305×914×76	Nie (opcja)	od 1739
JFT CNC 3040	Drewno, plastik, pianka, laminat	300×400	Tak	2175
Carbide3D Nomad 883 Pro	Drewno, plastik, pianka, laminat, miękkie metale	203×203×76	Tak	2499
CNC Piranha XL	Drewno, plastik, miękkie metale	305×610	Nie	2500
MillRight CNC Power Router	Drewno, plastik, metale	635×635×127	Nie (opcja)	od 2795
CNC Router Parts Pro CNC Router Kit	Zależnie od wybranych komponentów	od 1245×610×203	Nie	od 3500
CNC Shark HD 4	Drewno, plastik, pianka, laminat, miękkie metale	635×635	Tak	4000
Axiom Precision AR4 Pro+ 4-Axis	Drewno, plastik, pianka, laminat, miękkie metale	610×610	Tak	5999



Fotografia 7. Najdroższy w zestawieniu router Axiom Precision AR4 Pro+

momencie obrotowym jest to, że router CNC może wykonać swoją pracę szybko, w porównaniu ze stosunkowo wolnymi frezarkami CNC. Dzięki mniejszym wymaganiom odnośnie do sztywności maszyny routery zwykle mają dużą powierzchnię roboczą w osiach X i Y, a ich wrzeciono wykonuje raczej nieduży ruch w osi Z, jeśli porównać go z frezarką CNC. Jakość wykonania routera CNC, co oczywiście, zależy od jakości zastosowanych podzespołów. Dlatego występuje tu prosta zależność: im droższy router, tym bardziej jest on sztywny i tym lepsze ma parametry.

Zaletą frezarki CNC jest to, że jest ona w stanie obrabiać nie tylko tworzywa lub laminaty, ale również metale o różnej twardości, takie jak odlewy stalowe, stopy aluminium, metale szlachetne i inne. Wrzeciono frezarki CNC wiruje z prędkością około 1 tys. obrotów na minutę, a więc znacznie wolniej niż routera CNC. Ruch wrzeciona w osi Z jest przy tym bardzo obszerny, co pozwala na frezowanie bloków metalowych lub z tworzywa sztucznego o znacznych wymiarach. Takie właściwości frezarki CNC w połączeniu ze sztywną ramą i solidnym łożyskowaniem osi napędowych i wózka z narzędziami pozwalają na uzyskanie bardzo dużej precyzji obróbki, sięgającej setnych części milimetra.

W tabeli 2 umieszczono wykaz routerów CNC wybranych przez czytelników i redaktorów portalu all3dp. Co ciekawe, większość z wymienionych w tabeli maszyn jest dostępna za pomocą sklepu internetowego Amazon, obecnego również w Polsce.

W Polsce ciekawą ofertę routerów i frezarek CNC ma sklep internetowy CNC Ultrasonic (<https://cnc-ultrasonic.pl/>) i szczerze mówiąc, jest to jeden z niewielu sklepów oferujących sprzęt rodzimej produkcji w przystępnej cenie.

Podsumowanie

Nowoczesne urządzenia mają za zadanie przede wszystkim ułatwić nam pracę i tak należy je traktować. Ułatwiając pracę zespołowi projektującemu lub budującemu urządzenie elektroniczne, pozwalają na dalece posunięte oszczędności czasu i pieniędzy oraz uniknięcie wielu błędów w projekcie, dzięki czemu można realizować więcej tematów lub nabywać nowe umiejętności. Drukarki 3D lub maszyny CNC nie są jedynymi dostępnymi dla nowoczesnego biura konstrukcyjnego. Kolejną rewolucję w pracy projektanta stanowią możliwości pracy w chmurze, narzędzia i biblioteki dostępne on line oraz możliwość wymiany doświadczeń ze społecznością inżynierów na całym świecie, niekoniecznie z członkami własnego zespołu projektowego.

Jacek Bogusz, EP

Bibliografia:

1. <http://bit.ly/2NHq7hk>
2. <http://bit.ly/2RZtf6C>
3. <http://bit.ly/2XOs1R7>
4. <http://bit.ly/2JtVWot>

REKLAMA

www.sklep.avt.pl

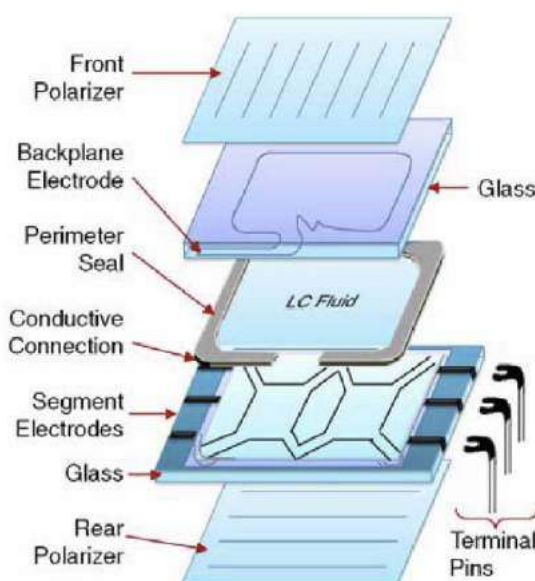


Industry-Leading
MCU Integration

Sterowniki LCD wbudowane w mikrokontrolery

Wyświetlacze ciekłokrystaliczne cieszą się bardzo dużą popularnością dzięki licznym zaletom, w porównaniu do innych technologii wyświetlania. Sterowanie nimi jest łatwiejsze niż dawniej, a to za sprawą pojawienia się na rynku 8-bitowych mikrokontrolerów ze zintegrowanymi sterownikami LCD. Do istotnych cech takich sterowników należą: sterowanie kontrastem, sygnałami ustalającymi poszczególne piksele i wykorzystywanymi poziomami napięcia polaryzacji oraz samym zasilaniem. W artykule opisujemy zasady ich działania.

Mikrokontrolery 8-bitowe ze zintegrowanymi sterownikami wyświetlaczy LCD są w stanie bezpośrednio kontrolować pracę wyświetlaczy segmentowych z literami, cyframi, innymi znakami i ikonami oraz zostały opracowane tak, by spełniać wymagania projektów o bardzo niskim budżecie. Dobry przykład stanowią mikrokontrolery PIC firmy Microchip, dostępne w obudowach o 28, 40, 64, 80 i 100 wyprowadzeniach. Ich użycie pozwala wyeliminować z projektu szereg innych, zewnętrznych komponentów, ograniczając sumaryczny koszt podzespołów.



Rysunek 1. Budowa typowego ekranu LCD z podziałem na warstwy i wskazaniem terminali zasilania elektrod

Tabela 1. Różnice pomiędzy wyświetlaczami z pasywną i aktywną matrycą

Cecha	Matryca pasywna	Matryca aktywna
Czas reakcji	Wolniejszy	Szybszy
Kontrast	Słaby	Wysoki
Kąty obserwacji	Ograniczony	Lepszy
Rozdzielczość	Niższa	Wyższa
Koszt	Niższy	Wyższy
Wdrożenie sprzętowe	Proste	Skomplikowane

Konstrukcja linii sterujących LCD

Technologia produkcji ani zasada działania wyświetlaczy LCD nie będą omawiane w niniejszym artykule. Przypomnimy tylko, że zapalenie piksela w wyświetlaczu LCD polega na takim przyłożeniu napięcia, które spowoduje przeorientowanie komórki ciekłokrystalicznej, zmieniając polaryzację światła przez tę komórkę przechodzącego. Warto też zwrócić uwagę na to, w jaki sposób doprowadzane jest napięcie do komórek wyświetlacza. Zostało to przedstawione na **rysunku 1**. Komórka zawierająca ciekłe kryształy umieszczona jest pomiędzy dwiema, najczęściej szklanymi warstwami, na których znajdują się elektrody. Elektrody na jednej z tych warstw określamy mianem segmentowych, a na drugiej wspólnych. Całość otaczają jeszcze polaryzatory, które dają pożądany efekt optyczny.

Wszystkie wyświetlacze LCD można podzielić na dwa typy: modele pasywne i aktywne (**tabela 1**). Modele pasywne cechują się generalnie wolniejszym działaniem, mniejszym kontrastem, gorszymi kątami obserwacji i słabszą rozdzielczością. Ale jednocześnie są tańsze i prostsze w wytworzeniu niż modele aktywne.

Modele pasywne korzystają z siatki przewodników, które dostarczają napięcie do poszczególnych pikseli. Na jednej z warstw szkła, otaczających komórki ciekłokrystaliczne, znajdują się pionowo ułożone metalizacje, a na drugiej, poziomo. Każde przecięcie tych linii tworzy piksel. Mówi się, że piksel jest włączony, jeśli napięcie dla niego jest podane i wyłączony, gdy zostanie ono zdjęte. Jasności pośrednie pomiędzy maksymalną a minimalną uzyskuje się poprzez podawanie napięć o mniejszych wartościach. Same potrzebne wartości napięć oraz to jak przekładają się na jasność piksela zależą od rodzaju kryształów i innych zabiegów zastosowanych w danym wyświetlaczu.

Wyświetlacze z matrycami aktywnymi w praktyce korzystają z tranzystorów i kondensatorów, ułożonych w macierz na szkle wyświetlacza. Stosowane są tranzystory cienkowarstwowe, stąd nazwa TFT (*Thin Film Transistor*). Aby zapalić dany piksel, należy podłączyć odpowiedni rząd, a następnie zacząć przesyłać prąd przez odpowiednią kolumnę. Przenoszony ładunek gromadzi się w odpowiednim kondensatorze, który utrzymuje określony stan piksela aż do następnego cyklu odświeżania. Tranzystory pozwalają na bardzo szybkie włączanie i wyłączenie pikseli. Są to więc wyświetlacze stosowane w większości nowoczesnych telewizorów, laptopów, telefonów komórkowych i w innych aplikacjach, gdzie potrzebne są LCD wysokiej jakości.

Jak uzyskać dobry kontrast

W kontekście sterowania wyświetlaczami LCD ważny jest też temat kontrastu. Zależy on przede wszystkim od amplitudy pomiędzy napięciami sterującymi oraz od oświetlenia otoczenia. Podawanie zbyt wysokiego napięcia może skutkować pojawianiem się cieni (zjawisko noszące angielskie miano „ghosting”), czyli piksele, które powinny być wyłączone, wyglądają jak włączone. Dzieje się to za sprawą pola elektrycznego, wytwarzanego przez zbyt wysokie napięcie, które wpływa na sąsiadujące komórki LCD. Cienie mogą pojawić się również podczas obserwacji ekranu ze zbyt dużych kątów, a nawet w wyniku zbyt wysokiej temperatury. Im jest ona wyższa, tym bardziej chaotyczne staje się ułożenie kryształów w komórce, a więc tym trudniej nad nim zapanować.

Tabela 2. Parametry wyświetlacza z płytki Microchip PICDEM LCD 2 Demo Board

Parametr	Wartość
Model produktu	VL_5573_V00
Typ	Pozytywny
Konfiguracja matrycy	TN
Orientacja	06:00
Napięcie sterujące	ok. 3,0 V (peek-to-peek) przy +20°C
Temperatura pracy	0...50°C
Temperatura przechowywania	-10...60°C
Polaryzator przedni	Standardowy, transmisyjny
Polaryzator tylny	Standardowy, refleksyjny

Problemem może być również zbyt słabe zapalenie pikseli. Zdarza się to, gdy napięcie sterujące jest zbyt niskie lub gdy temperatura komórek jest niska. Małe napięcie może nie być w stanie ułożyć kryształów w odpowiedni sposób, tak jak i niska temperatura obniża ich ruchliwość. Z powyższych względów konieczne jest dobranie napięć do specyfiki wyświetlacza, by go nie uszkodzić. Przykładowo, wyświetlacz z płytki Microchip PICDEM LCD 2 Demo Board ma parametry zebrane w **tabeli 2**.

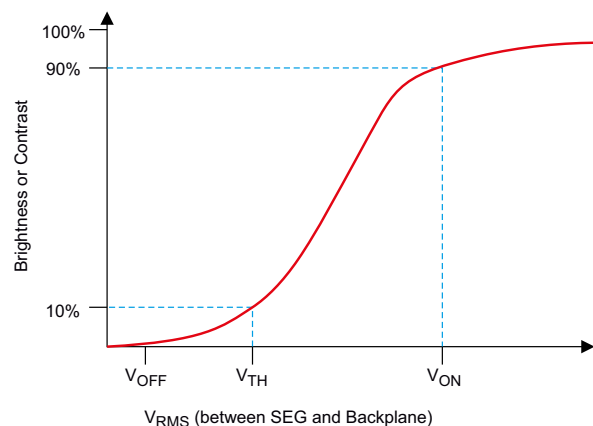
Napięcia sterujące

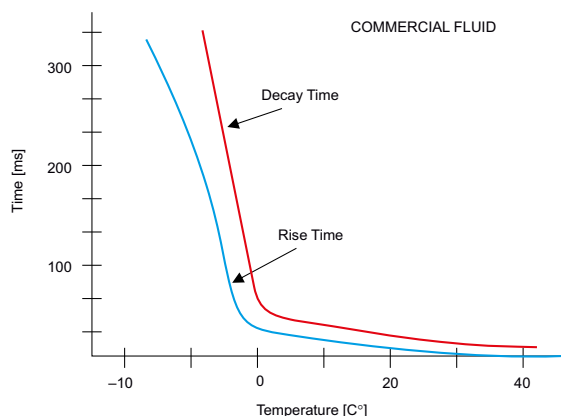
Najczęstszą przyczyną uszkodzeń wyświetlaczy LCD jest podanie im napięcia stałego. Powoduje ono uszkodzenie ciekłych kryształów w taki sposób, że nie daje się ich naładować. Dlatego podawane sygnały sterujące muszą być tak dobrane, by ich napięcie stałe (średnie) w krótkim okresie wynosiło 0 V dla wszystkich pikseli. W specyfikacjach wyświetlaczy często podawane są wartości skuteczne napięć V_{OFF} i V_{ON} oraz V_{TH} , przy czym ostatnia wartość to napięcie, przy którym kontrast osiągnąony jest na poziomie 10%. Bywa też, że wartość poziomu 10% jest podawana jako V_{OFF} . Jako V_{ON} podaje się napięcie, które należy przyłożyć do tych samych elektrod, by piksel uzyskał 90% swojego kontrastu. Poziomy napięć zostały zaprezentowane na **rysunku 2**.

Czasy włączania i wyłączania

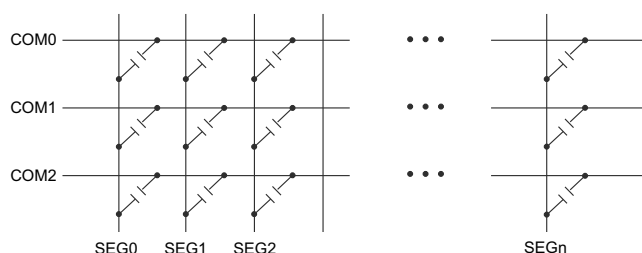
W specyfikacji podaje się również typowe czasy odpowiedzi, tj. włączenia i wyłączenia piksela. Bywa, że są określone czasem narastania i opadania. Zazwyczaj czas wyłączania jest większy niż narastania, gdyż jest to proces bardziej samoczynny i polega na powrocie do stanu naturalnego, podczas gdy skrócenie wymuszane jest siłą elektrostatyczną, wynikającą z przyłożonego napięcia.

Czasy narastania są też silnie zależne od aktualnej temperatury panelu. Zostało to pokazane na **rysunku 3**. Wiele wyświetlaczy jest

**Rysunek 2. Napięcia zasilania dla wyświetlaczy LCD**



Rysunek 3. Typowe czasy narastania dla komercyjnie dostępnego płynu ciekłokrystalicznego, w zależności od temperatury



Rysunek 4. Układ zastępczy dla wyświetlacza z trzema liniami wspólnymi

wyposażonych w podgrzewacze, które zwiększają temperaturę w momencie, gdy otoczenie jest bardzo zimne, tj. jego temperatura spada np. poniżej 0°C. Niestety, modele wyposażone w podgrzewacze zużywają więcej mocy.

Odporność na temperaturę

Tak jak zostało to pokazane, temperatura ma bardzo duży wpływ na działanie panelu LCD. Dotyczy to nie tylko samego płynu ciekłokrystalicznego, ale też zastosowanych powłok, które ulegają degradacji z czasem. Wszystkie płyny ciekłokrystaliczne są oferowane wraz z opisem parametrycznym, w ramach którego podany jest zakres temperaturowy, w którym może on pracować. W wyższej temperaturze cząsteczki płynu będą przyjmować losowe ułożenie, co oznacza, że w przypadku wyświetlaczy pozytywnych będą stawały się ciemne, a w negatywnych – przezroczyste. Wyświetlacz powróci do normalnego sposobu działania, jeśli będzie narażony na takie warunki tylko przez krótki czas. Jeśli jednak temperatura przekroczy 110°C, zastosowane powłoki ulegną trwałej degradacji.

W bardzo niskich temperaturach ruchliwość kryształów spada, gdyż rośnie lepkość płynu. Około -60°C zaczynają przyjmować postać krystaliczną. Zazwyczaj jednak płyn powraca do swoich właściwości po przywróceniu normalnych temperatur pracy.

Pojemność

W związku z ich budową, wyświetlacze LCD można zamodelować z punktu widzenia elektryki jako stratne, nieliniowe kondensatory. Wielkość pikseli, a przez to także i samego wyświetlacza LCD, ma bezpośredni wpływ na pojemność, jaką sterownik musi być w stanie naładować. Typowe pojemności wyświetlaczy LCD przyjmują wartość od 1000 pF/cm² do 1500 pF/cm². Na rysunku 4 pokazano przykładowy układ zastępczy dla wyświetlacza z multipleksowanymi wyprowadzeniami wspólnymi w stopniu 1/3. Trzeba przy tym mieć na uwadze, że linie sterujące wyprowadzeniami wspólnymi muszą być w stanie ładować znacznie większe pojemności niż linie odpowiadające za poszczególne segmenty, co również wynika z ilustracji 4. Podczas projektowania systemu sterowania wyświetlaczem trzeba dopilnować, by podawane napięcia i prądy nie przeładowywały żadnych komórek.

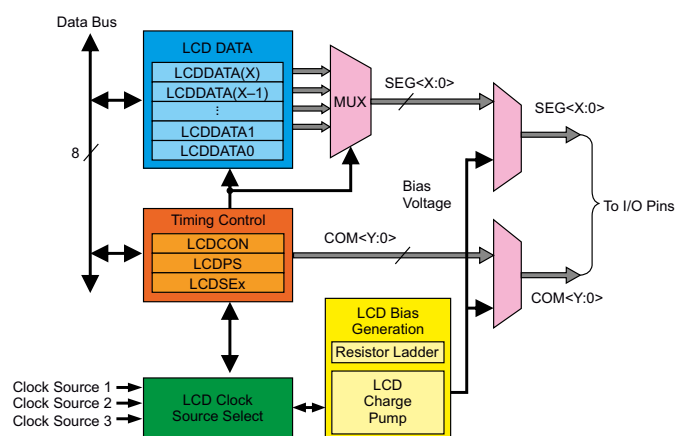
Tabela 3. Wpływ zastosowania multipleksowania w konstrukcji wyświetlaczy LCD na liczbę wyprowadzeń potrzebnych do sterowania nimi, na przykładzie kilku rodzajów wyświetlaczy

Rodzaj wyświetlacza LCD	Liczba wyprowadzeń		
	Wspólne	Segmentowe	Razem
Numeryczny, 3,5 cyfry	1	23	24
	2	12	14
numeryczny, 8-cyfrowy	1	64	65
	4	16	20
graficzny 2×16 znaków lub 5×7 znaków	1	1280	1281
	8	160	168
graficzny 128×240 pikseli	16	80	96
	64	480	544
	128	240	368

Wyświetlacze bezpośrednio sterowane a multipleksowane

Dostępne na rynku wyświetlacze różnią się nie tylko rodzajem zastosowanych powłok i kryształów, ale też konfiguracją wyprowadzeń. Można je podzielić na dwie kategorie: bezpośrednio sterowane i multipleksowane. W przypadku modeli sterowanych bezpośrednio każdy piksel ma niezależne wyprowadzenie sterujące – jest tylko jedna linia wspólna. W takiej sytuacji statyczne jest też napięcie polaryzacji, które definiuje się jako liczbę poziomów napięć używanych do prezentacji obrazu na ekranie. Wystarczy jedynie podłączenie linii do masy lub V_{DD}. Wyświetlacze sterowane bezpośrednio pozwalają też uzyskać najlepszy kontrast w dużym zakresie temperatury.

Wyświetlacze z multipleksowanymi wyprowadzeniami pozwalają zmniejszyć liczbę połączeń pomiędzy panelem a sterownikiem. W uproszczeniu: mają więcej niż jedno wyprowadzenie wspólne. Sterowniki tego typu muszą jednak wytwarzać napięcie o różnych amplitudach, zsynchronizowane w czasie pomiędzy sygnałami na liniach wspólnych i liniach segmentowych. W ten sposób możliwe jest zaadresowanie konkretnego pikselu na całej powierzchni ekranu. Niestety, taki układ sprawia, że sterownik staje się znacznie bardziej skomplikowany. Liczba linii wspólnych jest określana współczynnikiem multipleksowania i przykładowo wyświetlacz ze współczynnikiem 1/3 ma trzy linie wspólne. Natomiast liczba poziomów napięć potrzebnych do wysterowania multipleksowanych wyświetlaczy segmentowych wynosi zazwyczaj od 2 do 5 (plus masa), a w przypadku wyświetlaczy graficznych (matrycowych) od 8 do 33 (plus masa). W tabeli 3 pokazano, w jaki sposób zastosowanie multipleksowania pozwala zmniejszyć liczbę wyprowadzeń, potrzebnych do wysterowania wyświetlacza.



Rysunek 5. Diagram blokowy typowego modułu sterującego LCD

Sterowniki LCD zintegrowane w mikrokontrolerach generują sygnały sterujące statycznymi lub multipleksowanymi wyświetlaczami LCD o maksymalnie 64 multipleksowanych segmentach i do 4 lub 8 wspólnych wyprowadzeniach. Na **rysunku 5** pokazano diagram blokowy modułu sterującego LCD z 8-bitowych mikrokontrolerów PIC firmy Microchip. Liczba rejestrów przypisanych do obsługi LCD zależy od maksymalnej liczby wspólnych wyprowadzeń i segmentów, jakie mogą być sterowane za pomocą danego podzespołu.

Blok sterowania podstawą czasu

Tak jak zostało to pokazane na rysunku 5, blok sterujący podstawą czasu zawiera rejestr sterujący LCD (LCDCON), rejestr fazy LCD (LCDPS) i rejestry włączania segmentów LCD (LCDSEx). Rejestr LCDCON steruje ogólnym działaniem modułu. Po tym jak moduł zostanie skonfigurowany, bit LCDEn jest używany do włączania lub wyłączania modułu. Panel LCD może również pracować w trakcie trybu uśpienia – wystarczy w tym celu wyczyścić bit SLPEn. Bity konfiguracyjne określają też źródło sygnału zegarowego dla LCD, przy czym musi być ono dopasowane do wymogów stawianych przez dany wyświetlacz.

Rejestr LCDPS służy do konfiguracji preskalera źródła sygnału zegarowego dla LCD i ustalenia rodzaju stosowanego sygnału. Bity preskalera mają bezpośredni wpływ na częstotliwość odświeżania LCD, więc muszą być dopasowane do wyświetlacza, tak by nie powodować cieni ani migotania.

Rejestry LCDSEx konfiguruje funkcje wyprowadzeń portu. Ustawienie bitu dla wybranego segmentu pozwala skonfigurować dane wyprowadzenie jako sterujące wyświetlaczem. Podobnie – wyczyszczenie danego bitu sprawia, że dany port zaczyna pracować jako uniwersalne wejście/wyjście.

Blok danych

Tak jak blok sterowania podstawą czasu, tak blok danych (pokazany na rysunku 5) jest również obecny we wszystkich mikrokontrolerach PIC, pozwalających na bezpośrednie sterowanie wyświetlaczami LCD. Składa się on z rejestrów LCDDATAx. Po tym, jak moduł zostanie zainicjalizowany dla danego panelu LCD, poszczególne bity rejestrów LCDDATAx są czyszczone lub ustawiane tak, by reprezentować jasny lub ciemny piksel, w zależności od potrzeb.

Określone zestawy rejestrów są używane dla określonych segmentów i sygnałów wspólnych. Każdy bit reprezentuje unikalną kombinację podłączonego segmentu i wyprowadzenia wspólnego.

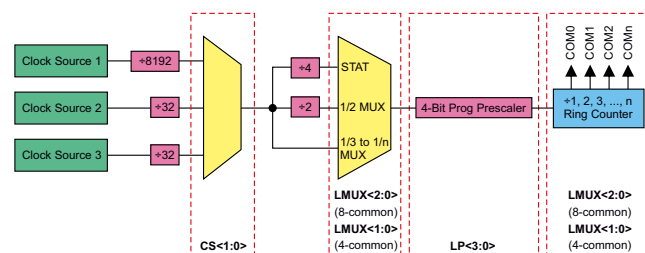
Blok generowania poziomu polaryzacji

Istnieją dwie podstawowe metody generowania napięć polaryzacji: drabinka z dzielnikami rezystorowymi i pompa ładunku. Obie z nich mogą być zrealizowane na zewnątrz lub za pomocą wewnętrznych obwodów wspomnianych mikrokontrolerów. Rejestr LCDref określa, czy zostało użyte wewnętrzne, czy zewnętrzne źródło napięcia polaryzacji. Ustawienie bitu LCDIRE pozwala na skorzystanie z wewnętrznego polaryzowania.

W momencie, gdy wewnętrzne źródło napięcia jest włączone, kontrast może być programowo sterowany poprzez konfigurację bitów LCDCST, które w niektórych mikrokontrolerach znajdują się w oddzielnym rejestrze. Źródło zasilania dla obwodu sterującego kontrastem może zostać wybrane bitem LCDIRS. Rejestr LCDref także określa, które wyprowadzenia zostały użyte do wewnętrznego lub zewnętrznego sterowania napięciem polaryzacji.

Rejestr LCDRL pozwala na sterowanie różnymi trybami zasilania oraz odstępami czasowymi pomiędzy poszczególnymi z tych trybów.

Wykorzystanie metody generowania napięcia polaryzacji za pomocą pompy ładunku wymaga jedynie konfiguracji rejestru LCDreg. Po włączeniu pompy ładunku kontrast może być sterowany bitami polaryzacji. Regulator pozwala na włączenie albo trybu 1/3, albo statycznej polaryzacji poprzez ustawienie lub wyczyszczenie odpowiedniego bitu. Do układu regulacji trzeba również podać sygnał zegarowy, którego źródło określa się za pomocą bitów rejestru CLKSEL.



Rysunek 6. Generowanie sygnału zegarowego dla LCD

Częstotliwość ramek

Częstotliwość ramek wyświetlacza LCD to tempo, z jakim zmieniają się sygnały na wyjściach sterownika. Źródło sygnału zegarowego zależy od odpowiednich bitów danego mikrokontrolera. Układy PIC pozwalają zazwyczaj wybrać jeden z trzech sygnałów zegarowych do sterowania LCD.

Zakres dostępnych częstotliwości wynosi od 25 Hz do 250 Hz, przy czym najczęściej dostępne i wskazywane są wartości od 50 Hz do 150 Hz. Wyższe częstotliwości skutkują zwiększeniem pobieranej mocy i pojawianiem się cieni, podczas gdy niższe mogą powodować migotanie.

Źródła zegara

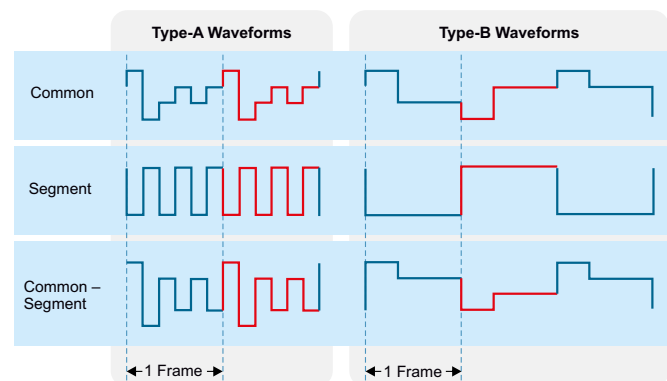
W mikrokontrolerach PIC istnieją trzy dostępne źródła sygnału zegarowego. Zazwyczaj są to: szybki, wewnętrzny oscylator RC, dodatkowy oscylator (SOSC) i wewnętrzny oscylator LPRC. Jednakże niektóre z podzespołów pozwalają na wybranie spośród zegara systemowego, pierwszego timera i wewnętrznego oscylatora RC. Na **rysunku 6** pokazano, jak zazwyczaj generowany jest sygnał zegarowy na potrzeby sterowania wyświetlaczem LCD.

Dla tych trzech źródeł sygnału zegarowego dzielnik częstotliwości pozwala uzyskać na wyjściu sygnał o częstotliwości około 1 kHz. Przykładowo, jeśli źródłem sygnału zegarowego jest 8-megahercowy oscylator FRC, trzeba ten sygnał podzielić przez 8192, by uzyskać wartość około 1 kHz na wyjściu. Dzielnik ten nie jest programowalny. Zamiast tego bity rejestru preskalera LCD (LCDPS) są używane do ustawiania częstotliwości ramek. Bity te określają sposób przypisania preskalera i jego współczynnik.

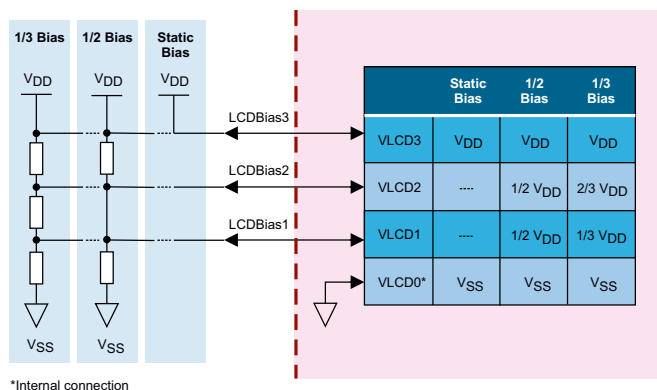
Zazwyczaj dwa z trzech źródeł sygnału zegarowego mogą być wykorzystane oddzielnie do ciągłej pracy wyświetlacza, podczas gdy trzeciego można użyć w trybie uśpienia.

Generowane sygnały

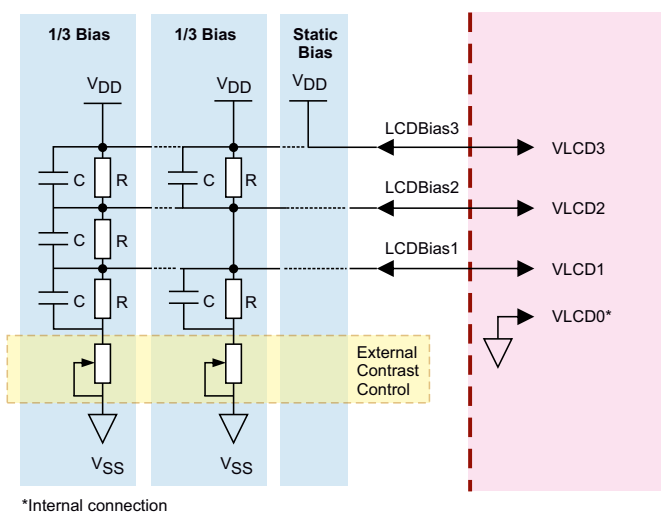
Wyświetlacz LCD można opisać za pomocą stopnia multipleksacji i napięcia polaryzacji, ale potrzeba jeszcze jednej informacji – rodzaju fali sterującej pikselami. Sygnały te są generowane w taki sposób, by napięcie przemienne na wygaszonych pikselach było maksymalnie duże, a na wyczyszczonych jak najmniejsze. Natomiast napięcie DC na każdym pikselu powinno być zerowe. Wyświetlacze mogą być sterowane sygnałami typu A lub B (**rysunek 7**).



Rysunek 7. Sygnały sterujące typu A i typu B



Rysunek 8. Ustawianie poziomów polaryzacji za pomocą zewnętrznych rezystorów



Rysunek 9. Ustawianie poziomów polaryzacji za pomocą zewnętrznych rezystorów, ale w połączeniu z dodatkowymi kondensatorami redukującymi zniekształcenia

W przypadku sygnałów typu A zmiana fazy następuje podczas sterowania każdym ze wspólnych wyprowadzeń, natomiast w przypadku typu B faza zmienia się na końcu każdej ramki. Dlatego w sygnałach typu A zerowe napięcie średnie jest zachowane w trakcie każdej jednej ramki, podczas gdy w sygnałach typu B średnia jest zerowa dopiero dla dwóch ramek. Na rysunku 7 pokazano sygnały sterujące dla współczynników 1/3, zarówno dla multipleksa, jak i polaryzacji, dla obu typów sygnałów.

Napięcie przyłożone do konkretnego piksela to różnica pomiędzy napięciem na wyprowadzeniu COM a napięciem na wyprowadzeniu SEG. Jeśli powstałe napięcie jest na granicy V_{on} lub powyżej, wtedy dany piksel jest widoczny. Jeśli jest poniżej granicy V_{off} , wtedy piksel przestaje być widoczny.

Kontrast wyświetlacza można natomiast określić poprzez obliczenie stosunku pomiędzy napięciem RMS piksela zapalonego i napięciem RMS piksela wygaszonego. Mapowanie segmentów pozwala na łatwe i szybkie określenie, które piksele powinny być zapalone, a które wygaszone.

Ustawianie napięcia polaryzacji za pomocą zewnętrznych rezystorów

Drabinka rezystorowa jest najczęściej stosowanym układem do ustalania większych wartości napięć V_{DD} (rysunek 8). Jest to niedrogi sposób, ze względu na niskie ceny rezystorów, a pozwala przygotować wiele poziomów napięć.

Wartości rezystancji, jakie będą potrzebne, zależą od jakości wyświetlanego obrazu i mocy, której wymaga wyświetlacz. Jakość obrazu zależy od kształtu sygnału sterującego pikselami. Ponieważ panel

LCD stanowi obciążenie pojemnościowe, kształt tego sygnału ulega zniekształceniom ze względu na prądy ładowania i rozładowywania. Zniekształcenia da się zredukować, ale wymaga to zmniejszenia oporności użytych rezystorów. Niestety, taka zmiana powoduje również wzrost zużycia mocy ze względu na większy prąd, płynący przez rezystory. I im większy wyświetlacz LCD, tym wartość tych rezystancji i tak musi być zmniejszana, by utrzymać zadowalającą jakość obrazu.

Czasem dodanie kondensatorów równolegle do rezystancji pozwala zredukować zniekształcenia spowodowane prądami ładowania i rozładowywania (rysunek 9). Efekt ten jest jednak ograniczony, gdyż w pewnym momencie duży rezystor i duży kondensator powodują przesunięcia poziomu napięć, które negatywnie wpływają na jakość obrazu. Natomiast dodanie potencjometru pozwala na zewnętrzne sterowanie kontrastem.

Wewnętrzne ustalanie poziomów polaryzacji

Aby uniknąć konieczności stosowania dodatkowych, zewnętrznych komponentów oraz by zaoszczędzić nawet trzy wyprowadzenia układu, które w przypadku zewnętrznej drabinki służą generowaniu poziomów napięć, w mikrokontrolerach PIC znajdują się wbudowane rezystory i wewnętrzny obwód sterujący kontrastem (rysunek 10).

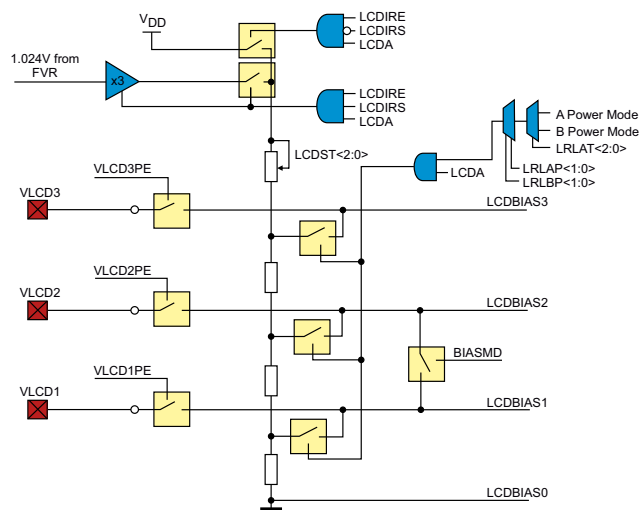
Wbudowany w MCU dzielnik napięciowy składa się z trzech rezystorów i jest w stanie dzielić napięcie na dwa lub trzy, równo oddalone od siebie poziomy, które następnie są podawane na wyprowadzenia segmentów wyświetlacza LCD. W trybie podziału na dwa poziomy (tryb 1/2) środkowy rezystor drabinki jest zwarty. Pozwala to też jednocześnie zmniejszyć sumaryczną rezystancję drabinki, a więc i zwiększa pobór prądu.

Podsumowanie

Różne mikrokontrolery, zawierające wbudowane sterowniki LCD pozwalają swobodniej tworzyć projekty i w łatwiejszy sposób, bez dodatkowych, zewnętrznych scalaków, sterować tym, co będzie wyświetlane. Wbudowane generatory napięć polaryzujących, sterowanie kontrastem i funkcje oszczędzania energii tym bardziej upraszczają schemat płytki drukowanej i zmniejszają koszty całego urządzenia. Pozwalają projektantowi na realizację nawet zaawansowanych funkcji związanych z wyświetlaniem, przy zachowaniu wysokiej jakości obrazu.

Marcin Karbowniczek

W artykule wykorzystano fragmenty noty aplikacyjnej „LCD Fundamentals and the LCD Driver Module of 8-bit PIC Microcontrollers”, opracowanej przez Mary Tamar Tan i Rodgera Richeya z firmy Microchip Technology.



Rysunek 10. Ustawianie poziomów polaryzacji za pomocą wewnętrznej drabinki rezystorowej – diagram połączeń

Jak projektować PCB dla przetwornicy impulsowej

Przetwornice impulsowe, dzięki stosowaniu scalonych kontrolerów, są relatywnie proste do zaprojektowania. Wartości poszczególnych elementów z łatwością można obliczyć, korzystając z wzorów dostarczanych przez producenta. Często jednak, mimo poprawnego doboru elementów, układ nie spełnia wszystkich wymagań projektowych. Szczególnie częstym przypadkiem jest niespełnianie wymagań norm EMI (emisji elektromagnetycznej) układu. Zbyt wysoki poziom zakłóceń promieniowanych może uniemożliwić uzyskanie potrzebnych certyfikatów lub pogorszyć ogólne parametry działania systemu.

W drugiej części poradnika implementacji przyjrzymy się bliżej projektowaniu płytek drukowanych do przetwornic impulsowych. W poprzedniej części przedstawiliśmy sposób postępowania podczas doboru dyskretnych elementów elektronicznych, towarzyszących scalonej przetwornicy impulsowej. Poprawne dobranie ich wartości nie gwarantuje jednakże, że poziom promieniowanych przez pracujący układ zakłóceń elektromagnetycznych będzie odpowiednio niski. Wiele zależy od projektu płytki drukowanej (PCB). Determinuje on nie tylko zachowanie funkcjonalne układu, ale także jego parametry elektromagnetyczne (EMI) i termiczne. Jest to szczególnie istotne w przypadku zasilaczy impulsowych, jednakże często projektanci tych układów nie przywiązują do tego zagadnienia odpowiedniej wagi, choć wcale nie jest to żadna czarna magia. Dopiero później, gdy układ trafia do testów, okazuje się, że system ma np. problemy z emisją elektromagnetyczną. Naprawianie projektu na tym etapie jest już dosyć problematyczne i kosztowne.

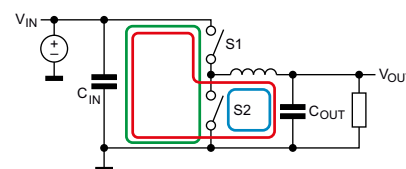
Na szczęście, w takich sytuacjach, fizyka jest po naszej stronie. Wymagania stawiane projektowi PCB pod względem minimalizacji zakłóceń EMI są doskonale zrozumiane, szczególnie że to, co dobrze wpływa np. na stabilność działania przetwornicy, pozwala na minimalizowanie poziomu generowanych zakłóceń elektromagnetycznych przez zasilacz. W poniższym artykule przyjrzymy się podstawowym zagadnieniom związanym z projektowaniem płytek drukowanych do scalonych przetwornic impulsowych – analogicznych do układu, jaki prezentowaliśmy w poprzedniej części cyklu. Należy dodatkowo pamiętać, że dobry projekt ścieżek na PCB nie zwiększa kosztów urządzenia, a późniejsze zabiegi – dodawanie filtrów czy ekranów elektromagnetycznych wokół urządzenia – już koszty zwiększają. Podobnie jest z kosztami testów – jeśli urządzenie jest od razu dobrze zaprojektowane, to koszty jego testów precertyfikacyjnych i certyfikacyjnych są niewielkie w porównaniu do powtarzanych wielokrotnie testów w przypadku urządzenia, które nie zdało ich za pierwszym razem.

Poniższy artykuł skupia się głównie na zasadach projektowania nieizolowanych przetwornic impulsowych, jednakże opis ten dotyczyć będzie pewnych zagadnień związanych z układami z izolacją galwaniczną. Dotykać on będzie szeregu zagadnień, głównie skupiających się na prowadzeniu ścieżek w układzie; powinno to pozwolić na implementację przetwornic impulsowych w systemach takich jak np. odbiorniki radiowe, gdzie zazwyczaj – z uwagi na sąsiadujące z systemem zasilania czułe elementy odbiorcze – nawet niski poziom zakłóceń EMI jest zbyt wysoki, aby umożliwić systemowi poprawne funkcjonowanie.

Fizyczne podstawy – skąd pochodzi emisja EMI w układach impulsowych

W przetwornicach o nieizolowanej topologii, np. buck, emisja elektromagnetyczna skupia się w przewodnikach z wysokim $\Delta i/\Delta t$ – szybko narastającym i opadającym prądem. W typowej przetwornicy scalonej są to dwie pętle – wejściowa, to jest znajdująca się pomiędzy przetwornicą a kondensatorem wejściowym CIN oraz wyjściowa, która znajduje się pomiędzy kondensatorem wyjściowym COUT i przetwornicą. Dalsze przewody – ścieżka zasilająca oraz wyjściowa nie zawierają w sobie istotnej części składowej zmiennej i w tej analizie mogą być pominięte.

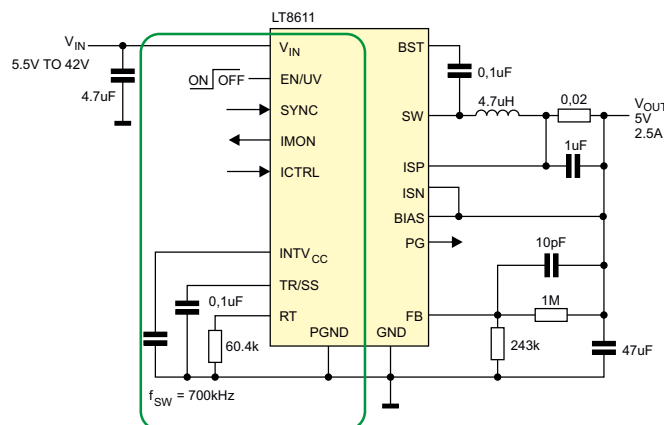
Na **rysunku 1** zaprezentowano uproszczony schemat przetwornicy impulsowej. Na schemacie tym zaznaczono pętle, o których mowa w poprzednim akapicie. Podczas cyklu pracy, gdy klucz S1 jest zamknięty (zwarty), a S2 otwarty,



Rysunek 1. Uproszczony schemat ideowy przetwornicy typu buck z zaznaczonymi pętlami emisji EMI (zielone, niebieskie i czerwone)

prąd zmienny płynie pętlą czerwoną; w przerwie w cyklu, gdy S1 jest otwarty, a S2 zwarty, prąd płynie niebieską pętlą. Oba te prądy mają na oscylogramie kształt, w przybliżeniu, trapezów – czasy narastania tych zboczy nie są zbyt duże, czyli $\Delta i/\Delta t$ nie jest zbyt wielkie. Odmiennie jest natomiast w pętli oznaczonej kolorem zielonym. Tutaj przepływa najwyższy prąd – jest on przełączany od zera do wartości szczytowej w każdym cyklu pracy przetwornicy impulsowej. Dlatego też to ta pętla produkować będzie najwyższy poziom zakłóceń promieniowanych. Pętlę tę nazywa się często „gorącą pętlą”.

Aby zmniejszyć poziom generowanych zakłóceń EMI, konieczne jest zmniejszenie ilości EMI wypromieniowanego przez gorącą pętlę. Można to osiągnąć, redukując pole powierzchni PCB objętej tą pętlą. Gdybyśmy mogli zmniejszyć obszar płyty zielonej pętli do zera i zainstalować w systemie idealny kondensator wejściowy z zerową impedancją, problem EMI zostałby zupełnie rozwiązany. Ale

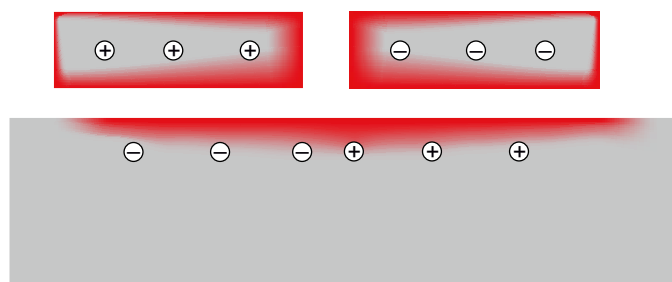


Rysunek 2. Schemat przetwornicy buck opartej na układzie scalonym LT8611, wraz z zaznaczoną gorącą pętlą układu (zielona linia)

jestemy ograniczeni do realnego świata. Zadaniem inżyniera jest znalezienie optymalnego kompromisu w takiej sytuacji.

Jak pokazano na schemacie na **rysunku 2**, gorąca pętla nie zawsze jest łatwa do odnalezienia w bardziej złożonym układzie. Na **rysunku 3** została ona zaznaczona zieloną linią – biegnie ona przez kondensator wejściowy i przez scaloną przetwornicę, od wejścia zasilającego do masy. LT8611 ma dwa klucze wewnętrzne, więc musimy się tylko skupić na podłączeniu kondensatora wejściowego. Na **rysunku 3** pokazano rysunek ścieżek górnej warstwy w płytce uruchomieniowej dla przetwornicy impulsowej LT8611 (DC1750A). Kolorem zielonym zaznaczono gorącą pętlę w tym układzie, dokładnie taką jak na schemacie na **rysunku 2**.

Jeśli spojrzymy teraz na fragment tej pętli w przekroju – jak pokazano na **rysunku 4** – widzimy rozkład pola w ścieżkach w płytce drukowanej. Kluczową funkcję pełni tutaj wylewka masy, znajdująca się pod ścieżkami, na drugiej stronie płytki drukowanej. Ekranuje ona układ, zwierając emisję z jednej strony PCB.

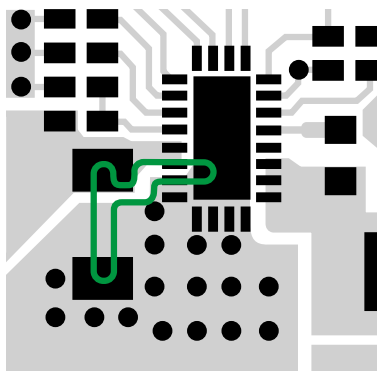


Rysunek 4. Przekrój przez ścieżki gorącej pętli na PCB z rysunku 3 wraz z zaznaczoną gęstością prądu w poszczególnych ścieżkach

Na ile wylewka masy jest skutecznym ekranem dla EMI?

Rysunek 4 wskazuje, że obecność wylewki masy eliminuje problem z EMI. Jak dobrze to robi i jaki wpływ na to zachowanie mają wielkości fizyczne PCB, takie jak jej grubość, liczba warstw etc.? Trudno zjawiska te opisać w sposób ścisły, dlatego też lepiej posłużyć się wynikami eksperymentu przeprowadzonego na pętli o wielkości 100×100 mm, pod którą umieszczano w różnej odległości wylewki masy. W **tabeli 1** umieszczono wyniki tego eksperymentu, wraz z komentarzem. Jako współczynnik pozwalający na oszacowanie „jakości” naszego ekranowania wybraliśmy indukcyjność pętli – im jest ona niższa, tym mniejsze będzie promieniowanie elektromagnetyczne z danej pętli dla tych samych pozostałych warunków (szybkość narastania impulsów – $\Delta i/\Delta t$, prąd i częstotliwość).

Indukcyjność samej pętli w opisanym powyżej układzie wyniosła aż 187 nH. Po umieszczeniu wylewki masy zaledwie 0,12 mm pod gorącą pętlą spadła do 13 nH – to niemalże 15-krotna poprawa. Jednak nie w każdym urządzeniu istnieje możliwość umieszczenia ścieżek w ten sposób – tak niewielkie odległości stosowane są w bardzo cienkich laminatach lub w płytkach wielowarstwowych. Widzimy jednakże, że już umieszczenie wylewki masy na drugiej stronie dwuwarstwowej PCB – w typowej odległości 1,5 mm – pozwala na zmniejszenie indukcyjności niemalże 4,5-krotnie. Najbardziej wydajnym sposobem redukcji zakłóceń EMI z gorącej pętli jest zatem, oprócz minimalizacji jej powierzchni, umieszczenie wylewki masy na najbliższej, sąsiadującej z jej ścieżkami, warstwie płytki drukowanej.



Rysunek 3. Rysunek ścieżek na płytce uruchomieniowej przetwornicy LT8611

Tabela 1. Wyniki eksperymentu dla pętli 100×100 mm z różnymi wylewkami masy

Odległość pomiędzy warstwami pętli i wylewki (mm)	Indukcyjność gorącej pętli (nH)	Ile razy gorsze od najlepszego przypadku	Uwagi
-	187	14,4	Pojedyncza warstwa, bez wylewki masy
-	141	10,85	Pojedyncza warstwa, wylewka wewnątrz pętli
1,5	42	3,23	Zwykła płytka drukowana z wylewką na dolnej warstwie
1,5	53	4,08	Prostokątna pętla wylewki, bez pokrywania
0,5	23	1,77	Cienka płytka drukowana z prostokątną pętlą
0,27	21	1,61	Papier oddzielający wylewkę i gorącą pętlę
0,12	13	1	

Którędy w wylewce płynie prąd

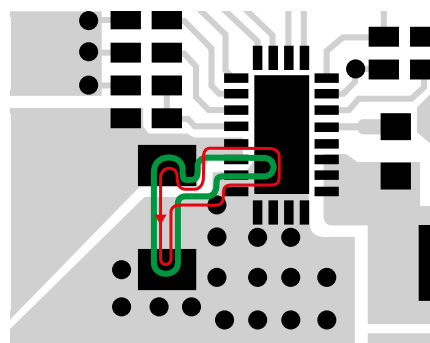
Pole magnetyczne prądu zmiennego płynącego w gorącej pętli w przetwornicy powoduje powstawanie prądów wirowych w wylewce masy. Ilustruje to **rysunek 5**, na którym kolorem zielonym zaznaczono gorącą pętlę w układzie, a czerwonym kolorem wygenerowany w wylewce masy pod układem prąd wirowy. Prądy te wytwarzają lustrzane pole magnetyczne, które ułożone jest naprzeciw pola gorącej pętli. Oba pola magnetyczne znoszą się. Działa to tym lepiej, im bliżej gorącej pętli znajduje się wylewka.

Oba prądy – płynący przez gorącą pętlę i przez wylewkę masy – są prawie takie same. Ponieważ prąd w wylewce musi być tak samo wysoki jak prąd w gorącej pętli, pole będzie indukowało tyle napięcia w płaszczyźnie wylewki, ile jest konieczne do podtrzymania prądu. Na zewnątrz będzie to widoczne jako zmiana potencjału masy w tym miejscu. Ma to o tyle istotne implikacje, że może wprowadzać zakłócenia do czułych układów analogowych, dlatego nie należy korzystać z wylewki masy ekranującej gorącą pętlę jako potencjału odniesienia.

Z perspektywy zakłóceń EMI najlepsze są gorące pętle o małej powierzchni. Scalona przetwornica ze zintegrowanymi kluczami i zoptymalizowanym pinoutem stanowi tutaj najlepsze wyjście, o wiele lepsze niż układ z zewnętrzną diodą Schottky'ego, nie mówiąc już o kontrolerze z zewnętrznymi kluczami MOSFET.

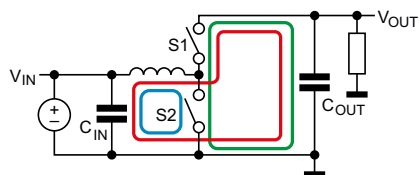
Przetwornica typu boost

Podobnie jak w przypadku przetwornicy buck, układ w topologii boost także można zanalizować w poszukiwaniu gorącej pętli. Przetwornica taka może być traktowana (w czasie pracy w trybie ciągłym) jako obwód buck działający wspak. Schemat ideowy takiego



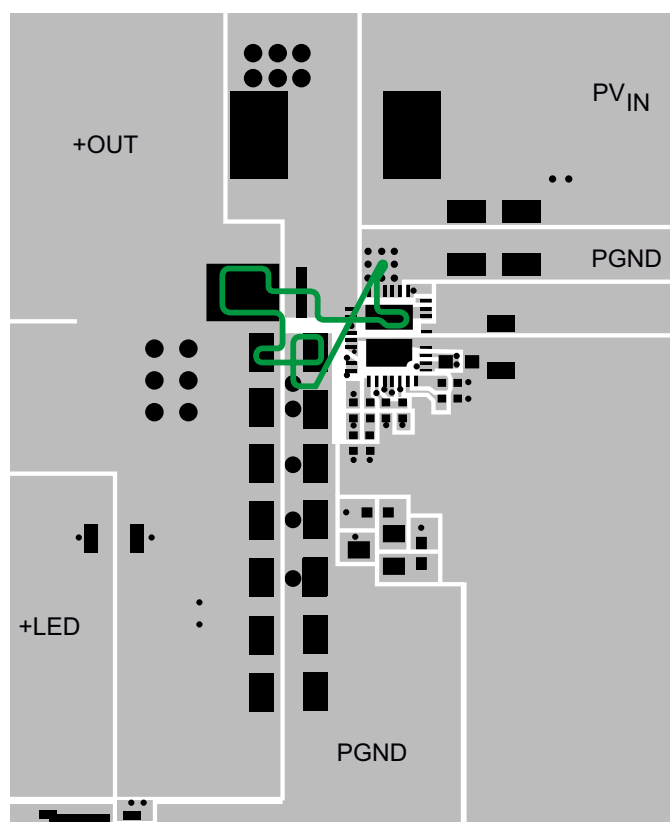
Rysunek 5. Rysunek ścieżek dla przetwornicy LT8611 z zaznaczoną gorącą pętlą (zielone) i przepływem prądu w wylewce masy na drugiej warstwie (czerwone)

układu pokazano na **rysunku 6**, gdzie oznaczono także poszczególne pętle w układzie. Gorąca pętla jest identyfikowana jako różnica między niebieską pętlą, w momencie gdy S2 jest zamknięte, a czerwoną pętlą, gdy S2 jest rozwarte, a S1 zwarte.



Rysunek 6. Uproszczony schemat ideowy przetwornicy typu boost z zaznaczonymi pętlami emisji EMI

Gorąca pętla drivera diod LED LT3956 typu boost zaznaczona została na płytce na **rysunku 7** na zielono. Pod ścieżkami układu znajduje się wylewka masy. Obszar gorącej pętli i jej indukcyjność są ściśle powiązane. Jeśli czujesz się swobodnie w szacowaniu indukcyjności pętli, spróbuj zmniejszyć ją tak bardzo, jak możesz. Jeśli wygodniej Ci myśleć o pętli jako o antenie, zmniejsz efektywną powierzchnię anteny magnetycznej. Oba podejścia są sobie zupełnie równoważne i dają tak samo dobre rezultaty.

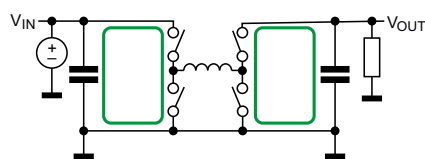


Rysunek 7. Rysunek ścieżek płytki uruchomieniowej z przetwornicą typu boost LT3956

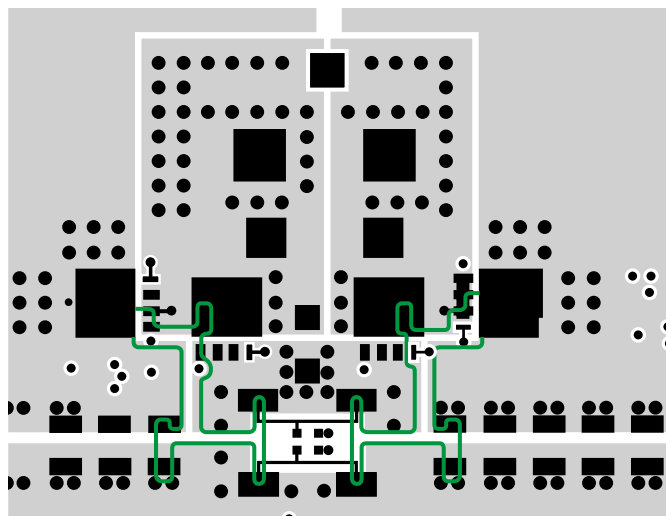
Przetwornica typu SEPIC

Na **rysunku 10** pokazano przetwornicę w topologii SEPIC. Zaprezentowany tam schemat został narysowany nieco odmiennie, niż przyjęło się rysować układy tego rodzaju – wszystko po to, aby lepiej przedstawić gorącą pętlę. Została ona oznaczona na uproszczonym schemacie, pokazanym na **rysunku 10** kolorem zielonym.

Przykładową, scaloną przetwornicą o topologii SEPIC jest układ LT3757. Na **rysunku 11** zaprezentowano rysunek ścieżek płytki

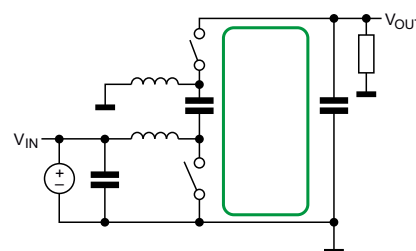


Rysunek 8. Uproszczony schemat ideowy przetwornicy buck-boost z czterema kluczami, wraz z zaznaczonymi gorącymi pętlami



Rysunek 9. Rysunek ścieżek płytki uruchomieniowej dla przetwornicy buck-boost LTC3780, wraz z zaznaczonymi gorącymi pętlami

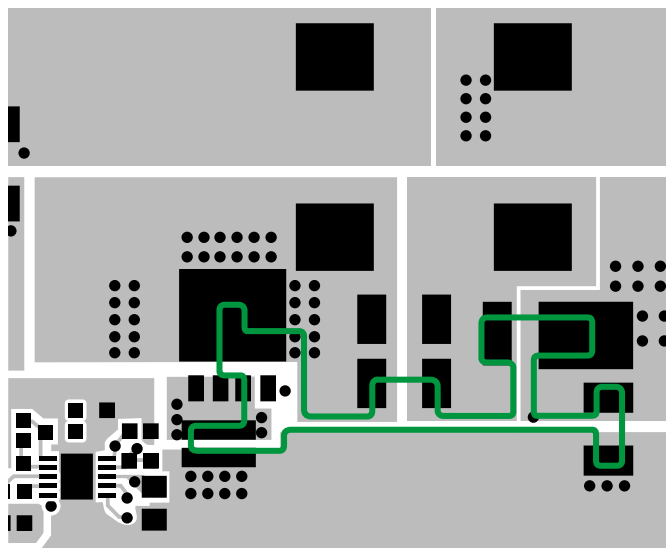
uruchomieniowej (DC1341A) dla tego układu, wraz z zaznaczeniem kolorem zielonym gorącej pętli w układzie. Obszar gorącej pętli jest zminimalizowany i ma wylewkę masy, znajdującą się na następnej warstwie poniżej na **rysunku**.



Rysunek 10. Uproszczony schemat ideowy przetwornicy SEPIC z zaznaczoną gorącą pętlą

Izolowana przetwornica typu Flyback

Ostatnią z prezentowanych w tym artykule topologii przetwornic impulsowych jest układ typu Flyback, wyposażony dodatkowo w barierę izolacji galwanicznej w postaci transformatora. Uproszczony schemat ideowy takiej przetwornicy pokazano na **rysunku 12**. W związku z obecnością transformatora w układzie – układ wykorzystuje oddzielne uzwojenia w transformatorze i istnieje tylko sprzężenie magnetyczne między uzwojeniem pierwotnym i wtórnym. Prąd w uzwojeniu pierwotnym osiąga zero na względnie wysokim poziomie $\Delta i/\Delta t$; tylko energia zmagazynowana w upływie indukcyjności



Rysunek 11. Rysunek ścieżek przykładowej przetwornicy SEPIC (płytki ewaluacyjnej dla LT3757) wraz z zaznaczonym przebiegiem gorącej pętli

i pojemności między uzwojeniami spowalnia to zbrocze. Uzwojenia pierwotne i inne uzwojenia transformatora można postrzegać osobno, jako w pełni kluczowany przebieg prądu. Z uwagi na to w układzie tym występują dwie, niezależne gorące pętle, podobnie jak w przypadku układu buck-boost (patrz rysunek 8). Na schemacie na rysunku 12 zaznaczono obie gorące pętle kolorem zielonym.

Aby zredukować w tym układzie zakłócenia EMI, oprócz filtrowania napięcia wejściowego (VIN) za pomocą kondensatorów, co pozwala usunąć dużą część składowych różnicowych, stosuje się także dławiki współbieżne (common mode), które tłumią zakłócenia wspólne. Te ostatnie zakłócenia są dominującymi zakłóceniami elektromagnetycznymi przewodzonymi, jakie generują przetwornice o tej topologii.

Pozostałe pętle z napięciem zmiennym

Gorąca pętla niesie główną energię przełączania i jest w związku z tym głównym źródłem energii EMI, jednak nie jest to jedyne źródło zakłóceń w przetwornicy. Do pracy układu scalonego wymagane są inne pętle, w których również występuje składowa zmienna. Są to między innymi obwody zasilania głównego sterownika kluczy. W przypadku przetwornic typu buck jest ono często pobierane z tego samego kondensatora VIN, co gorąca pętla. Scalone przetwornice o innej topologii używają często oddzielnego wejścia napięcia dla obwodu zasilania systemu, określanego jako INTVCC. Przykład takiego systemu pokazano na rysunku 13. Pętla tworzona przez linie PGND, GND i kondensator filtrujący zasilanie INTVCC powinna być tak mała, jak to tylko możliwe. Dodatkowo, analogicznie jak gorącą pętlę, tę pętlę należy ekranować za pomocą wylewki masy. Energia EMI tej pętli jest nawet o 20 dB niższa niż w głównej gorącej pętli, jednakże mimo to każda nadmierna indukcyjność w niej pogorszy EMI całego układu.

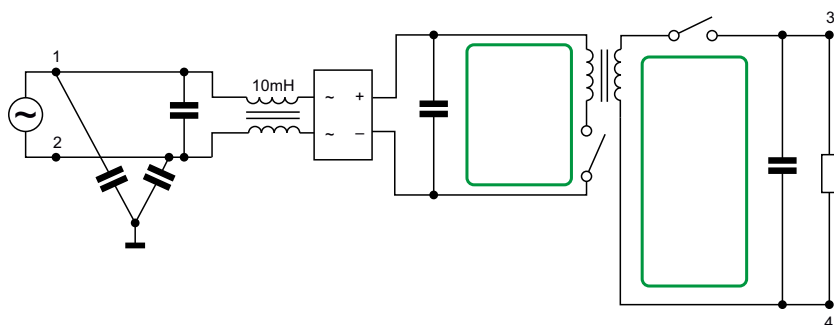
Dodatkowe wskazówki

Najpierw sprawdź stos warstw płytki drukowanej. Jeśli to możliwe, użyj PCB składającego się z czterech lub więcej warstw. Druga warstwa od góry znajduje się zazwyczaj w odległości około 200 μm od wierzchniej warstwy, a takie ekranowanie skutecznie przeciwdziała emisji gorącej pętli – o wiele lepiej niż wylewka znajdująca się dalej, np. w odległości 1 mm czy 1,5 mm, jak może to być na zwykłej, dwuwarstwowej płycie drukowanej.

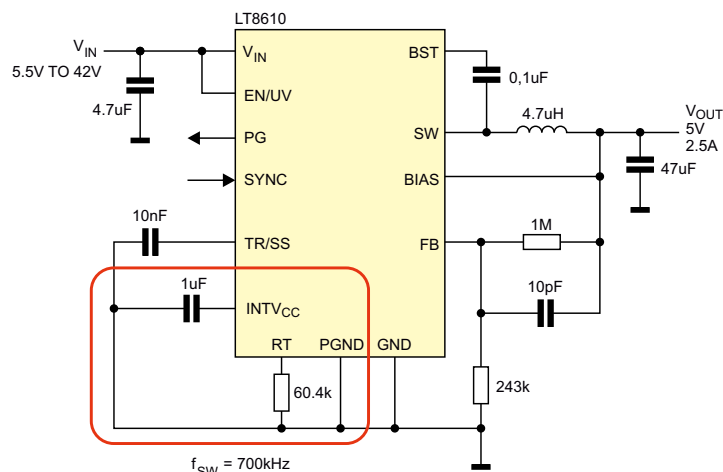
W ekranie gorącej pętli płynie taki sam prąd, co w rzeczonyj pętli. Dlatego trzeba zadbać o odpowiedni kształt wylewki pod pętlą. Nie należy umieszczać w tym regionie przelotek czy innych otworów w wylewce. Po pierwsze, przelotki utrudnią przepływ prądu – będzie on płynął po innym torze niż gorąca pętla, a co za tym idzie, wytwarzał dodatkowe pole; po drugie łączenie elementów z potencjałem masy w tym regionie może powodować, że potencjał ten będzie pełny szumu przełączania, który poprzez to połączenie propagować będzie do innych obwodów w systemie.

Wyzwaniem jest filtrowanie sygnałów wejściowych i, jeśli jest to wymagane, wyjściowych. Głównym problemem jest znalezienie obszaru, który jest pozbawiony zakłóceń. Skutecznym sposobem na zagwarantowanie sobie istnienia takiego obszaru jest wykonanie kompletnego pierścienia masy wokół zasilacza połączonych z przelotkami. Pierścień masy powinien przebiegać wokół obwodów impulsowych na wszystkich warstwach PCB.

Podłączenie masy do kondensatora filtrującego zasilanie powinno być zrealizowane w miejscu, w którym linia napięcia przekracza opisany powyżej pierścień masy. Dodatkowo zastosować można, w kierunku gorącej pętli, koralik ferrytowy lub inną indukcyjność filtrującą napięcie zasilające.



Rysunek 12. Uproszczony schemat ideowy izolowanej przetwornicy Flyback z zaznaczonymi gorącymi pętlami (kolor zielony)



Rysunek 13. Schemat przetwornicy opartej na układzie scalonym LT8610. Kolorem czerwonym zaznaczono pętlę, wynikającą z poboru napięcia zasilania sekcji sterującej przetwornicy

Podczas projektowania systemu uważaj na sprzężenie magnetyczne między cewkami filtra i cewką główną przetwornicy. Jeśli sprzęgną się one ze sobą, to działać będą jak transformator powietrzny, co może zredukować tłumienie zakłóceń w napięciu wyjściowym. Cewkę filtrującą napięcie wyjściowe należy umieścić w możliwie dużej odległości od głównej cewki przetwornicy. Dodatkowo warto stosować cewki ekranowane, jeśli to tylko możliwe i uzasadnione ekonomicznie.

Do filtrowania napięcia używaj możliwie małych kondensatorów ceramicznych, na przykład elementów w obudowie 0402, lub kondensatorów o odwróconej geometrii, ponieważ kondensatory blokujące zakłócenia wymagają niskiej równoważnej indukcyjności szeregowej (ESL), która głównie dyktuje ich impedancję. Krótsze i grubsze elementy mają niższy ESL. Dodatkowo należy umieścić je możliwie blisko, by indukcyjność ścieżek również była niska.

Podsumowanie

W powyższym artykule opisaliśmy, w jaki sposób prowadzić należy ścieżki, zwłaszcza tak zwanej gorącej pętli, scalonej przetwornicy impulsowej, aby uzyskać możliwie niski poziom promieniowanych zakłóceń elektromagnetycznych (EMI). Przedstawione przykłady pozwalają na identyfikację gorących pętli w przetwornicach o różnej topologii, dzięki czemu ogólne zasady dotyczące prowadzenia i ekranowania ścieżek mogą mieć odniesienie do różnego rodzaju układów.

Nikodem Czechowski

Źródło:

Christian Kueck, „Power Supply Layout and EMI”, Application Note 139, Analog Devices (dawniej Linear Technology), October 2012.
<http://bit.ly/2JGK9Et>

Jak to się robi w FPGA

Ekspresowy start z „miękkim” mikroprocesorem 32-bitowym

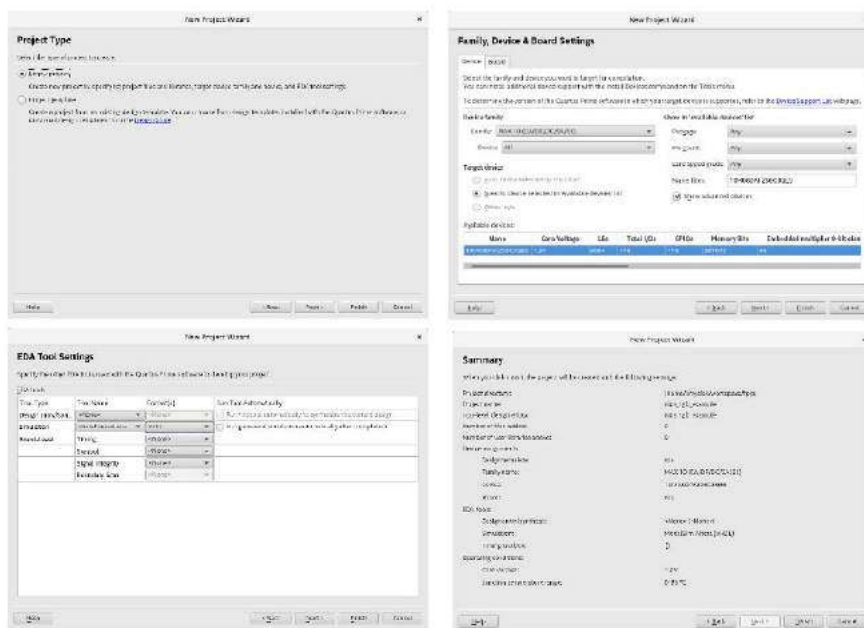
Mikroprocesory programowe implementowane w FPGA wprowadzają wiele nowych możliwości w dziedzinie układów programowalnych. Jedną z ich największych zalet jest możliwość łatwego połączenia aplikacji z logiką opisaną za pomocą takich języków jak Verilog czy VHDL w jednym układzie scalonym. W niniejszym artykule zostanie opisany przykład pokazujący, w jaki sposób zintegrować program napisany w języku C i wykonywany na mikroprocesorze Nios II z prostym sterownikiem diody RGB WS2812B zaimplementowanym w języku VHDL. Przykład został przygotowany w środowisku Quartus Prime Lite dla zestawu maXimator z układem 10M08DAF-256C8G i dołączonym rozszerzeniem maXimator Expander.

Nowy projekt z mikroprocesorem Nios II

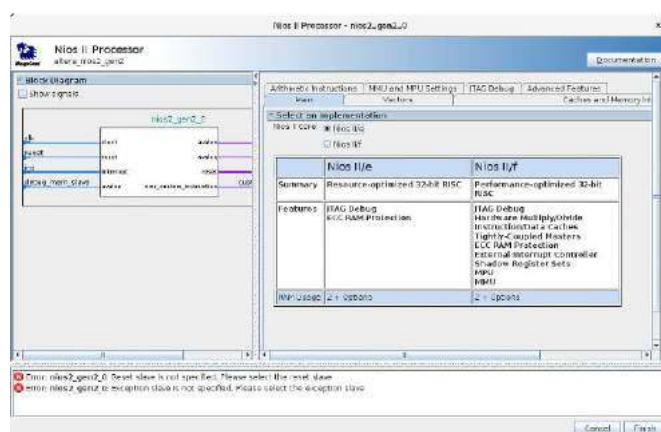
Pracę zaczynamy od przygotowania nowego projektu w środowisku Quartus Prime Lite (**File** → **New Project Wizard**). W kolejnych oknach kreatora wybieramy domyślne opcje, a w zakładce **Device** układ 10M08DAF256C-8GES, tak jak zostało pokazane na **rysunku 1**. Po utworzeniu nowego projektu wybieramy z menu opcję **Assignments Device** i klikamy na: **Device**

and Pin Options → **Configuration** → **Configuration Mode** i wybieramy wariant **Single Uncompressed Image with memory initialization**. Pozwoli nam ona na późniejsze dodanie pamięci RAM z możliwością inicjalizacji początkowego stanu. Następnie do projektu dodajemy pusty schemat (**File** → **New** → **Block Diagram/Schematic File**), w którym będziemy umieszczać kolejne elementy systemu.

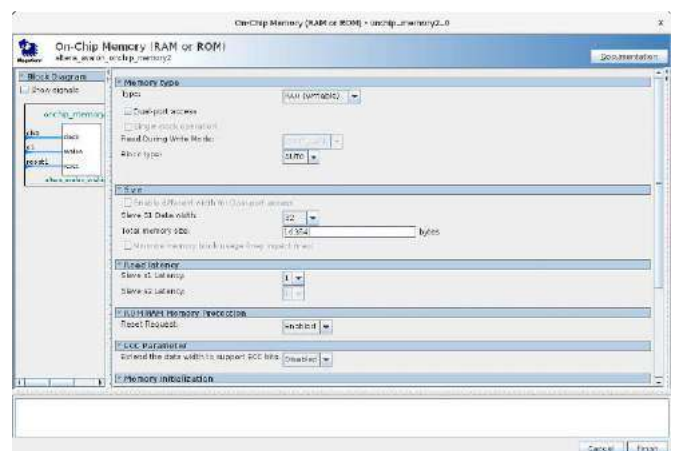
Pierwszy komponent, który zostanie dodany do projektu, będzie zawierał mikroprocesor Nios II oraz sterownik RGB. Zostanie on utworzony za pomocą narzędzia Platform Designer (**Tools** → **Platform Designer**), które znane jest z wcześniejszych wersji Quartusa jako Qsys. W nowym oknie, w zakładce **System Contents**, znajduje się lista wszystkich dodanych elementów, na której początkowo widnieje jedynie **Clock Source**, będący źródłem sygnału zegarowego i resetu dla wszystkich pozostałych podsystemów. Dodajmy zatem Nios II, wybierając go z listy po lewej stronie (**Library** → **Processors and Peripherals** → **Embedded Processors** → **Nios II Processor**). Po dwukrotnym kliknięciu pojawia się nowe okno, w którym możemy dokonać odpowiedniej konfiguracji mikroprocesora. W pierwszej zakładce – **Main**, pokazanej na **rysunku 2**, można wybrać wersję procesora. W przykładzie została wykorzystana wersja Nios II/e o mniejszych możliwościach, lecz wymagająca zdecydowanie mniej zasobów logicznych i dostępna



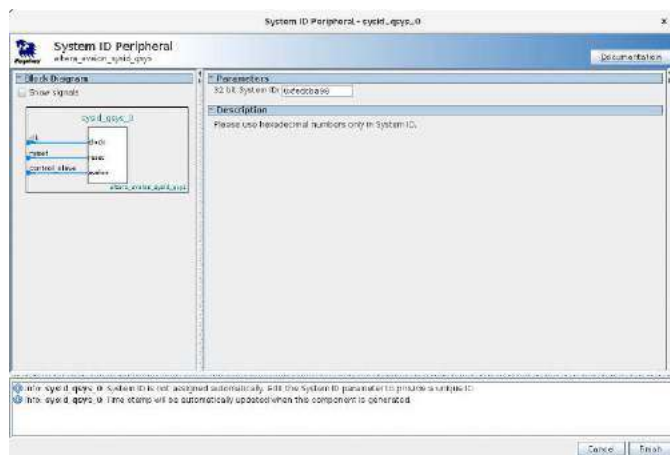
Rysunek 1. Tworzenie nowego projektu z pomocą kreatora



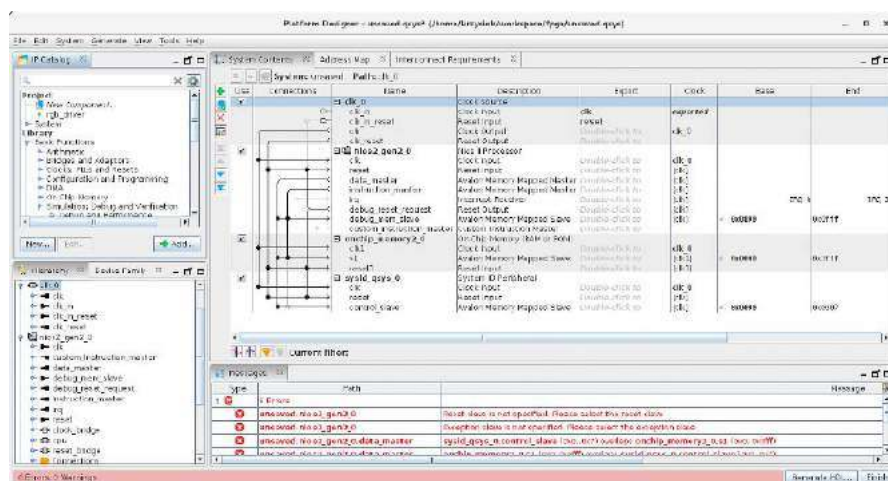
Rysunek 2. Wybór wersji mikroprocesora Nios II



Rysunek 3. Konfiguracja pamięci RAM



Rysunek 4. Konfiguracja identyfikatora systemu



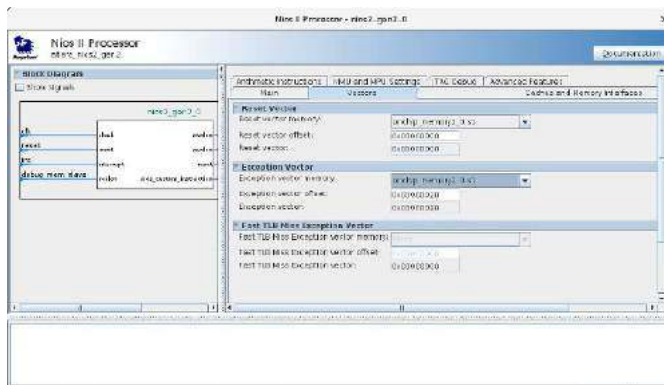
Rysunek 5. Połączone sygnały zegara, resetu i magistral pamięci Nios II

za darmo, bez licencji. Pozostałe ustawienia można pozostawić na razie bez zmian, zatwierdzając konfigurację przyciskiem *Finish* i tym samym dodając mikroprocesor jako kolejny podsystem do listy.

Następnym elementem, który musimy dodać, jest pamięć RAM (*Library* → *Basic Functions* → *On Chip Memory* → *On-Chip Memory (RAM or ROM)*) – na potrzeby przykładu jej rozmiar został ustawiony na 16384 B. Pozostałe parametry pozostawiamy bez zmian, jak na **rysunku 3**. Ostatnim elementem bibliotecznym, który trzeba dodać do listy podsystemów, jest *System ID Peripheral (Library* → *Basic Functions* → *Simulation; Debug and Verification* → *Debug and Performance*). Jego zadaniem jest ustalenie identyfikatora systemu, który jest sprawdzany, m.in. podczas programowania mikroprocesora. Jedynym jego parametrem jest 32-bitowy identyfikator, który może przyjąć dowolną wartość (**rysunek 4**).

Mając dodane wszystkie potrzebne elementy biblioteczne, można przystąpić do łączenia sygnałów resetu, zegara oraz magistral pamięci pomiędzy poszczególnymi elementami. Sposób połączenia został przedstawiony na **rysunku 5**. Warto zwrócić szczególną uwagę na dwa źródła resetu: zewnętrzny sygnał *clk_in_reset* oraz *debug_reset_request* pochodzący z interfejsu JTAG i sposób prowadzenia magistral pamięci: *instruction_master* (pamięć programu) – do pamięci RAM oraz *data_master* (pamięć danych) – do pamięci RAM i pozostałych komponentów.

Po połączeniu sygnałów trzeba jeszcze ustawić w konfiguracji Nios II pamięć, w której znajdują się wektory resetu i wyjątków. Można to zrobić w znanym już oknie konfiguracji (prawy klik myszy na *nios2_gen2_0* → *Edit*) w zakładce *Vectors*, ustawiając wartości pól *Reset vector memory* i *Exception vector memory* na *onchip_memory2_0.o.s*, czyli pamięć RAM, którą wcześniej dodaliśmy, tak jak zostało to pokazane na **rysunku 6**. Pozostałe błędy dotyczące pokrywających się przestrzeni adresowych dodanych komponentów możemy naprawić, wybierając opcję *Assign Base Addresses* z menu *System*.



Rysunek 6. Ustawienie pamięci RAM używanej przez mikroprocesor Nios II

W tym momencie mamy skonfigurowany i gotowy do użycia mikroprocesor Nios II ze wszystkimi niezbędnymi do działania peryferiami w postaci jednego komponentu, który można dodać do projektu. Wystarczy go zapisać, a z menu *Generate* wybrać opcję *Generate HDL*, której okno zostało pokazane na **rysunku 7**. Tak wygenerowane pliki nie są automatycznie dodawane do projektu, dlatego w głównym oknie Quartusa należy wybrać opcję *Project* → *Add/Remove Files in Project* i dodać plik z rozszerzeniem *qip*, znajdujący się w katalogu z wygenerowanym systemem, np. *nios_example/synthesis/nios_example.qip*. Utworzony system można dodać do edytora schematów, klikając dwukrotnie w obszarze okna i w wyświetlonym dialogu wybierając plik z rozszerzeniem *bsf* znajdujący się wśród wygenerowanych poprzednio plików,

np. *nios_example/nios_example.bsf* w katalogu głównym projektu. Teraz zajmiemy się dodaniem własnego komponentu i połączeniem go z Niosiem II.

Sterownik RGB WS2812B

Układ WS2812B ma jedno wejście, na które należy podać odpowiedni przebieg, w którym zakodowana jest 24-bitowa wartość koloru (po 8 bitów na każdą składową). Przebieg ten oraz sposób kodowania każdego z bitów wraz z czasami trwania impulsów pokazane są na **rysunku 8**. Układy WS2812B można łączyć szeregowo, wówczas każdy z nich będzie przyjmował pierwsze 24 bity kodujące jego ustawienie, a pozostałe bity wystawiał na swoim wyjściu, które jest jednocześnie wejściem kolejnego elementu.

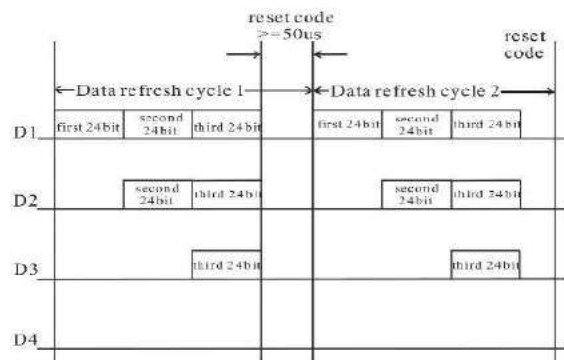
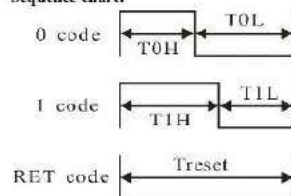


Rysunek 7. Okno generowania plików syntezy

Data transfer time(TH+TL=1.25 μ s+150ns)

TOH	0 code, high voltage time	0.35 μ s	+150ns
THL	1 code, high voltage time	0.9 μ s	+150ns
TOL	0 code, low voltage time	0.9 μ s	+150ns
TLL	1 code, low voltage time	0.35 μ s	+150ns
RES	low voltage time	Above 50 μ s	

Sequence chart:



Composition of 24bit data:

G7	G6	G5	G4	G3	G2	G1	G0	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	R0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Note: Follow the order of GRB to sent data and the high bit sent at first.

Rysunek 8. Sposób komunikacji z układem WS2812B

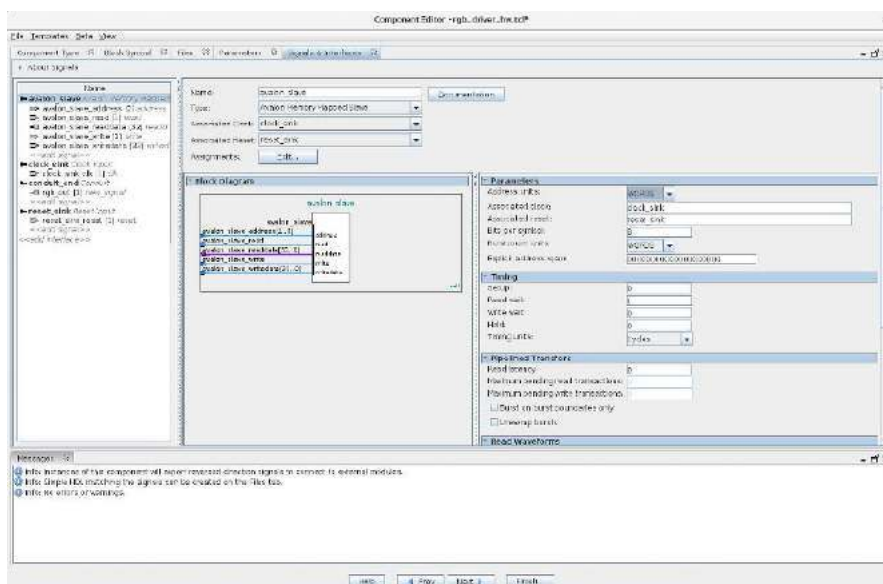
Sterownik w przykładzie będzie obsługiwał dwie połączone szeregowo diody RGB dostępne na płycie maXimator Expander. Z poziomu programu działającego na mikroprocesorze Nios II, będzie on widoczny pod postacią trzech rejestrów: dwóch służących do ustawiania kolorów na obu diodach i jednego zawierającego bity stanu zajętości i rozpoczęcia transmisji.

Tworzenie sterownika zaczynamy w oknie *Platform Designer*, dodając go do poprzednio utworzonego systemu z Niosem II. W oknie *IP Catalog*, po lewej stronie, należy kliknąć dwukrotnie na *New Component...* W nowo otwartym oknie edytora komponentów, w zakładce *Component Type* wpisujemy nazwę sterownika, natomiast w zakładce *Signals & Interfaces* definiujemy wszystkie sygnały potrzebne do połączenia sterownika z resztą systemu:

- **avalon_slave** (Avalon Memory Mapped Slave)– magistrala pamięci
 - **avalon_slave_address** [2] – dwubitowa szyna adresu (dla trzech rejestrów steownika)
 - **avalon_slave_read** [1] – sygnał odczytu danych
 - **avalon_slave_readdata** [32] – szyna danych do odczytu
 - **avalon_slave_write** [1] – sygnał zapisu danych
 - **avalon_slave_writedata** [32] – szyna danych do zapisu
- **clock_sink** (Clock Input)
 - **clock_sink_clk** [1] – wejście sygnału zegarowego
- **conduit_end** (Conduit)
 - **rgb_out** [1] – wyjście sygnału dla układów WS2812B (Direction: output)
- **reset_sink** (Reset Input)
 - **reset_sink_reset** [1] – wejście sygnału resetu

W ustawieniach interfejsu *avalon_slave* trzeba ustawić źródła sygnałów zegara i resetu na *clock_sink* i *reset_sink*, co można zobaczyć na **rysunku 9**.

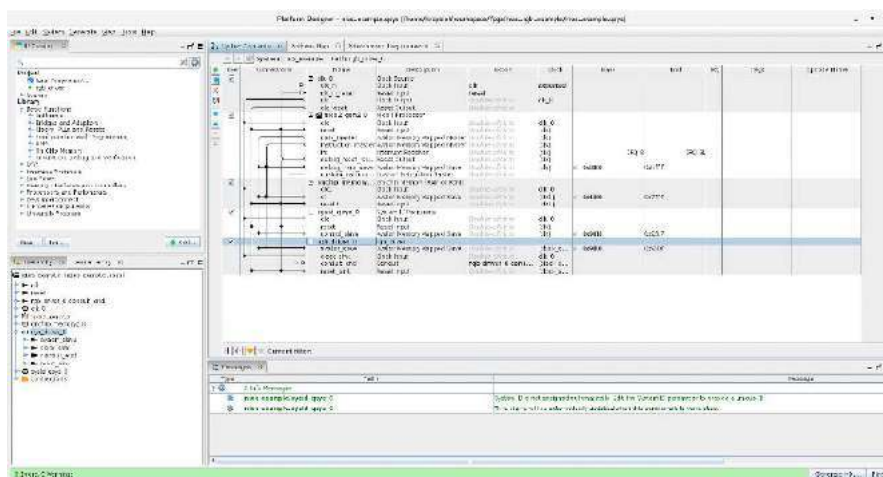
Na koniec, w zakładce *Files*, na podstawie dodanych sygnałów tworzymy nowy plik VHDL za pomocą opcji *Create Synthesis File from Signals*. Następnie klikamy *Finish*,



Rysunek 9. Tworzenie nowego komponentu

Tabela 1. Opis rejestrów dostępnych w sterowniku WS2812B

Adres	Opis
0x00	Bit 0 – flaga gotowości, tylko do odczytu ('0' – zajęty, '1' – gotowy do transmisji), Bit 1 – flaga startu transmisji danych, tylko do zapisu
0x01	24-bitowy kolor pierwszej diody
0x10	24-bitowy kolor drugiej diody



Rysunek 10. System z dołączonym sterownikiem RGB

zapisujemy wszystkie zmiany i dodajemy nowo utworzony komponent do listy podsystemów, dwukrotnie klikając na jego nazwę na liście po lewej stronie. Po jego dodaniu trzeba jeszcze podłączyć magistralę pamięci i sygnały zegara oraz resetu, podobnie jak w przypadku poprzednich komponentów. Sygnał wyjściowy, służący do sterowania układem WS2812B, trzeba wyeksportować, klikając dwukrotnie na niego w kolumnie *Export*. Ostatnie dwie czynności, jakie musimy wykonać, to generowanie adresów (*System* → *Assign Base Addresses*) i plików do syntezy oraz symbolu nowego komponentu (*Generate* → *Generate HDL*), tak jak zostało to opisane w poprzednim rozdziale. Ostateczny efekt powinien być taki jak na **rysunku 10**. Teraz możemy już zamknąć okno *Platform Designer* i zabrać się do tworzenia kodu sterownika.

Jeżeli wcześniej dodaliśmy plik *qip* do projektu, to teraz musimy zaktualizować symbol, klikając na niego prawym przyciskiem myszy i wybierając opcję *Update Symbol or Block*. Wygenerowany plik VHD sterownika możemy utworzyć, korzystając z okna *Project Navigator* znajdującego się po lewej stronie, wybierając wyświetlanie listy plików w projekcie (opcja *Files*). Wygenerowany plik znajdziemy, rozwijając listę plików dodanych razem z *nios_example.qip*. Jeżeli nie ma go na liście, należy ponownie skorzystać z opcji *Add/Remove Files in Project*, usuwając i jeszcze raz dodając wspomniany plik *qip*. Po jego otwarciu zobaczymy wygenerowany kod zawierający listę wszystkich zdefiniowanych wcześniej sygnałów. W pliku tym należy zdefiniować architekturę sterownika, zastępując tę wygenerowaną domyślnie. Architektura sterownika użytego w przykładzie została pokazana na kilku kolejnych listingach.

Listing 1 prezentuje listę użytych sygnałów:

- *rgbValue1* i *rgbValue2* – 24-bitowe wartości koloru dla każdej diody,
- *ready* – flaga bitowa ustawiana po ukończeniu wysyłania danych przez sterownik,
- *firstSent* i *secondSent* – flagi bitowe oznaczające wysłanie odpowiednio pierwszej i drugiej 24-bitowej wartości,
- *counter* – licznik służący do generowania impulsów dla wartości '0' i '1' oraz resetu,
- *steps* – licznik wysłanych bitów,
- *rgbShiftReg* – rejestr przesuwany, zawierający aktualnie wysyłane bity,
- *state* – aktualny stan (*s0* – oczekiwanie na rozkaz wysłania danych, *s1* – wysyłanie danych).

Na **listingu 2** pokazano początek procesu z sygnałem zegarowym na liście czułości i operacjami odczytu i zapisu za pośrednictwem magistrali Avalon. Obie operacje są wykonywane po wykryciu zbocza narastającego sygnału zegarowego, gdy sygnał *avalon_slave_write*, lub *avalon_slave_read* jest w stanie wysokim. Z kodu VHDL wynika, że interfejs sterownika składa się z trzech rejestrów przedstawionych w **tabeli 1**. Pierwszy z nich służy do odczytu stanu sterownika i wyzwolenia zapisu danych, natomiast dwa pozostałe do zapisu koloru.

Listing 1. Lista użytych sygnałów

```
architecture rtl of rgb_driver is
    signal rgbValue1 : std_logic_vector (23 downto 0) := (others => '0');
    signal rgbValue2 : std_logic_vector (23 downto 0) := (others => '0');
    signal ready : std_logic := '0';
    signal firstSent : std_logic := '0';
    signal secondSent : std_logic := '0';
    signal counter : unsigned (15 downto 0);
    signal steps : unsigned (7 downto 0);
    signal rgbShiftReg : std_logic_vector (23 downto 0);
    type state_type is (s0, s1);
    signal state : state_type := s0;
```

Listing 2. Kod zapisu i odczytu rejestrów

```
begin
    process(clock_sink_clk) is
    begin
        if(clock_sink_clk'event and clock_sink_clk='1') then
            if(avalon_slave_write = '1') then
                if(avalon_slave_address = „00” and avalon_slave_writedata(1) = '1') then
                    state <= s1;
                elsif(avalon_slave_address = „01”) then
                    rgbValue1 <= avalon_slave_writedata(23 downto 0);
                elsif(avalon_slave_address = „10”) then
                    rgbValue2 <= avalon_slave_writedata(23 downto 0);
                end if;
            elsif(avalon_slave_read = '1') then
                if(avalon_slave_address = „00”) then
                    avalon_slave_readdata <= (31 downto 1 => '0') & ready;
                elsif(avalon_slave_address = „01”) then
                    avalon_slave_readdata <= (31 downto 24 => '0') & rgbValue1;
                elsif(avalon_slave_address = „10”) then
                    avalon_slave_readdata <= (31 downto 24 => '0') & rgbValue2;
                end if;
            else
                avalon_slave_readdata <= x"00000000";
            end if;
        end if;
```

Listing 3 przedstawia ostatnią i największą część kodu VHDL, odpowiedzialną za generowanie 48-bitowego (dwie diody) przebiegu wyjściowego, kodującego kolory. Znajdują się tu dwa stany: *s0*, w którym sterownik jest gotowy do rozpoczęcia transmisji danych i *s1* – realizujący generowanie przebiegu wyjściowego. Częstotliwość zegara podawanego na wejście *clock_sink_clk* musi wynosić 20 MHz ze względu na zakodowane wartości licznika, po osiągnięciu których sygnał wyjściowy zmienia swoją wartość. Wartości te zostały dobrane tak, aby spełnić wymagania czasowe układu WS2812B. Po transmisji wszystkich 48 bitów następuje generowanie resetu i powrót do stanu *s0*, co jest sygnalizowane za pomocą wspomnianej wcześniej flagi gotowości.

Listing 3. Kod generujący przebieg wyjściowy

```
case state is
    when s0=>
        counter <= to_unsigned(0, counter'length);
        steps <= to_unsigned(0, steps'length);
        rgbShiftReg <= rgbValue1;
        rgb_out <= '0';
        ready <= '1';
        firstSent <= '0';
        secondSent <= '0';
    when s1=>
        ready <= '0';
        if(steps = 24) then
            if(firstSent = '0' and secondSent = '0') then
                counter <= to_unsigned(1, counter'length);
                steps <= to_unsigned(0, steps'length);
                rgbShiftReg <= rgbValue2;
                rgb_out <= '1';
                firstSent <= '1';
            elsif(firstSent = '1' and secondSent = '0') then
                secondSent <= '1';
                rgb_out <= '1';
                counter <= to_unsigned(0, counter'length);
            elsif(firstSent = '1' and secondSent = '1' and counter < 1000) then
                rgb_out <= '0';
                counter <= counter + 1;
            else
                state <= s0;
            end if;
        elsif(counter = 0) then
            rgb_out <= '1';
            counter <= counter + 1;
        elsif(rgbShiftReg(23) = '1' and counter = 18) then
            rgb_out <= '0';
            counter <= counter + 1;
        elsif(rgbShiftReg(23) = '0' and counter = 7) then
            rgb_out <= '0';
            counter <= counter + 1;
        elsif(counter = 24) then
            counter <= to_unsigned(0, counter'length);
            steps <= steps + 1;
            rgbShiftReg(23 downto 1) <= rgbShiftReg(22 downto 0);
        else
            counter <= counter + 1;
        end if;
    end case;
```

Schemat systemu

Mając gotowe wszystkie elementy systemu, możemy przystąpić do stworzenia pełnego schematu. Zaczynamy od dodania układu PLL, który umożliwi nam wygenerowanie niezbędnej częstotliwości 20 MHz. Znajdziemy go w oknie po prawej stronie (*IP Catalog* → *Installed IP* → *Library* → *Basic Functions* → *Clocks; PLLs and Resets* → *PLL* → *ALTPLL*). W oknie konfiguracyjnym należy podać częstotliwość sygnału wejściowego (10 MHz), usunąć niepotrzebne sygnały *areset* oraz *locked* i skonfigurować jedyne aktywne wyjście *clk0* na 20 MHz. W zakładce *Summary* należy zaznaczyć tworzenie pliku *bsf*, dzięki któremu utworzony zostanie symbol dla edytora schematów. Późniejsze kroki przedstawiono na rysunku 11. Po zatwierdzeniu konfiguracji pojawi się okno dialogowe z możliwością automatycznego dodania pliku *qip* do projektu. Możemy teraz dodać PLL do edytora schematów (prawy klik → *Insert* → *Symbol* → *Project*). Potrzebne będą także piny: wejściowy dla sygnału zegarowego i wyjściowy dla sygnału sterującego diodami oraz symbol VCC dla nieużywanego w przykładzie sygnału *reset_reset_n*. Po podłączeniu pinów zmieniamy ich nazwy na CLK_IN i RGB_OUT. Rysunek 12 prezentuje gotowy schemat. Po wykonaniu kompilacji możemy przejść do testowania i uruchamiania przykładu.

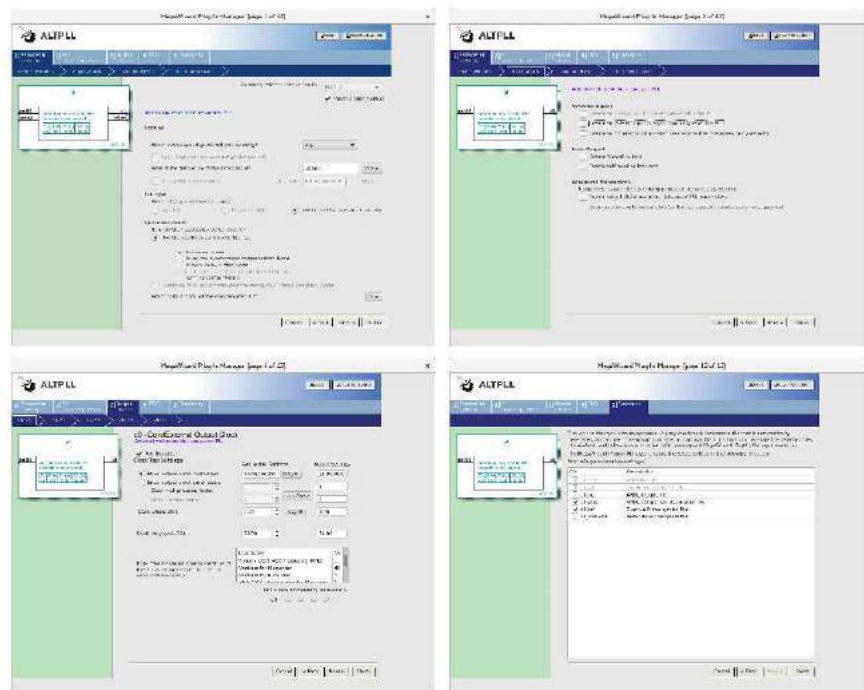
Symulacja

Symulację wykonamy w narzędziu ModelSim dostępnym w menu *Tools* → *Run Simulation Tool* → *RTL Simulation*. W przykładzie ograniczymy się tylko do symulacji naszego sterownika. W oknie *Library*, po lewej stronie, odszukujemy sterownik znajdujący się wśród plików dodanych do projektu (*nios_example* → *rgb_driver*). Po jego dwukrotnym kliknięciu, w oknie *Objects*, powinniśmy zobaczyć nazwy wszystkich użytych w nim sygnałów, z których możemy wybrać te, których chcemy użyć w symulacji. Aby przeanalizować dokładne zachowanie sterownika, zaznaczmy wszystkie sygnały i przeciągnijmy je do okna *Wave*, w którym będą wyświetlane przebiegi.

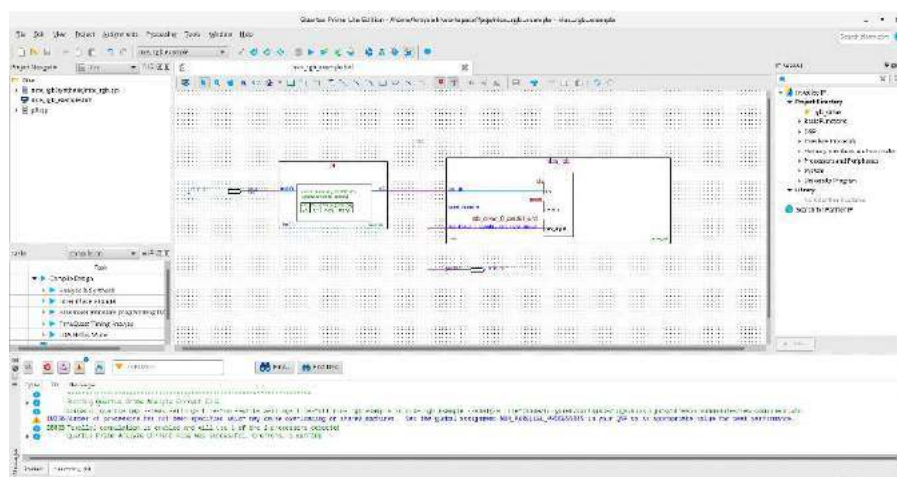
Symulację możemy sterować za pomocą przycisków znajdujących się na pasku narzędzi, m.in.:

- *Restart* – czyści aktualne wyniki symulacji
- *Run Length* – ustala długość kroku symulacji
- *Run* – wykonuje krok symulacji.

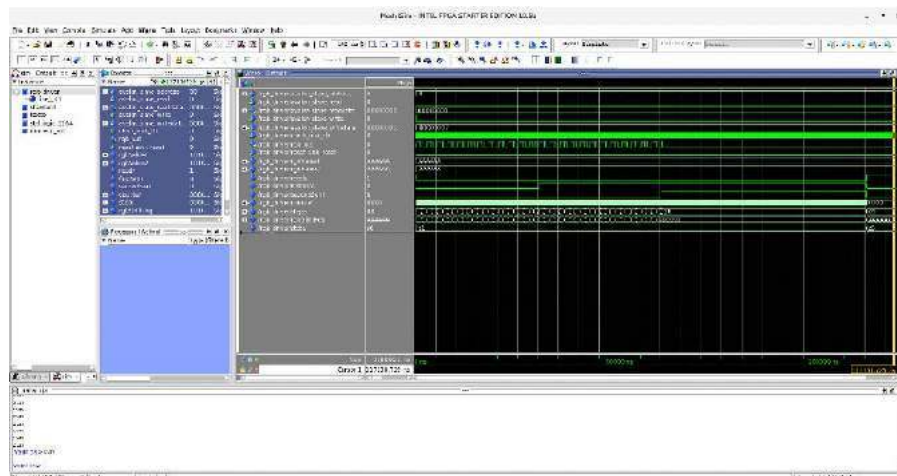
Po wciśnięciu przycisku *Run* zobaczymy przebiegi sygnałów dodanych do okna *Wave*. Możemy więc ustawić wartości sygnałów wejściowych i przeanalizować stan sygnałów wewnątrz sterownika i zachowanie wyjścia sterującego diodami. Zaczniemy od ustawienia sygnału zegarowego – w tym celu klikamy prawym przyciskiem myszy na odpowiedni sygnał w oknie *Wave* (*clock_sink_clk*), wybieramy opcję *Clock* i ustawiamy okres na 50 ns (20 MHz). Jeżeli wartość pola *Run Length* ustawimy także



Rysunek 11. Konfiguracja PLL dla częstotliwości wyjściowej 20 MHz



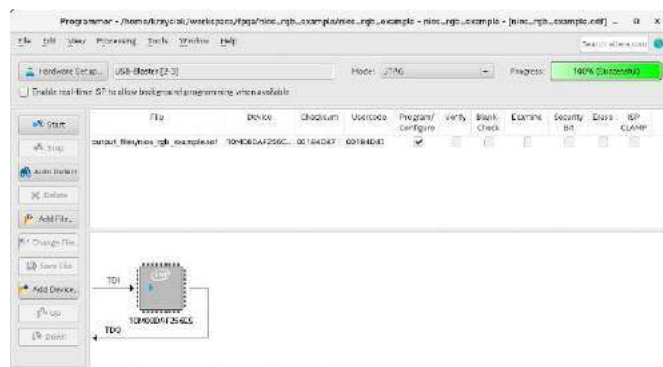
Rysunek 12. Gotowy schemat systemu



Rysunek 13. Okno symulatora ModelSim po dodaniu sygnałów

Name	Node Name	Direction	Location	I/O Bank	VREF Group	Filter Location	I/O Standard	Reserved	Current Strength	Slew Rate	Differential Pair	Test Preset
0	altera_reserved_idc	Input				PN_13	2.5 V (default)		12mA (default)			
1	altera_reserved_idc	Input				PN_13	2.5 V (default)		12mA (default)			
2	altera_reserved_idc	Output				PN_13	2.5 V (default)		12mA (default)	2 (default)		
3	altera_reserved_idc	Input				PN_13	2.5 V (default)		12mA (default)			
4	clk_in	Input	PN_13	2	IO_10	PN_13	2.5 V (default)		12mA (default)			
5	rgb_out	Output	PN_13	0	IO_10	PN_13	2.5 V (default)		12mA (default)	2 (default)		

Rysunek 14. Przyporządkowanie pinów układu do projektu



Rysunek 15. Okno ustawień programatora

na 50 ns, wówczas jeden krok symulacji będzie odpowiadał dokładnie jednemu okresowi zegara. Następnie ustawiamy wartości pozostałych sygnałów wejściowych, tak aby wykonać zapis do rejestru zawierającego kolor pierwszej diody. Zmianę stanu sygnału można wymusić, klikając prawym przyciskiem myszy na wybrany sygnał i wybierając opcję *Force*. W polu *Value* można podać wartość sygnału – domyślnie jest to wartość binarna, a wartość szesnastkowa wymaga przedrostka *x* i użycia cudzysłowu, np. *x"2"*. Wpiszmy więc następujące wartości sygnałów:

- *avalon_slave_address* – 01
- *avalon_slave_write* – 1
- *avalon_slave_writedata* – *x"00AAAAAA"*

W wyniku powyższych ustawień po jednym cyklu zegara zaobserwujemy zmianę wartości *rgbValue1*, a po kolejnym – *rgbShiftReg*. Podobnie możemy zmienić wartość *rgbValue2*, wykonując zapis pod adres 10. Na koniec ustawmy poniższe wartości sygnałów, które spowodują rozpoczęcie generowania sygnału wyjściowego *rgb_out*:

- *avalon_slave_address* – 00
- *avalon_slave_write* – 1
- *avalon_slave_writedata* – *x"00000002"*

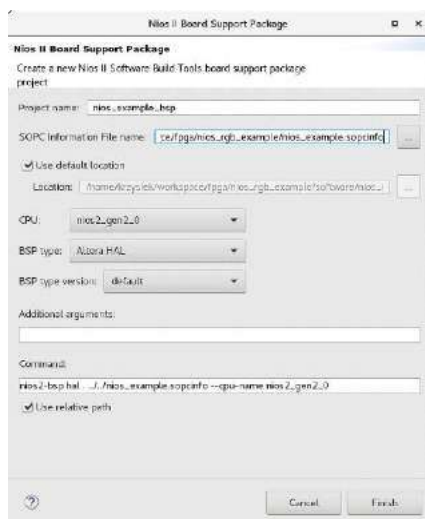
Można także wydłużyć długość kroku za pomocą wartości *Run Length*, aby jednym kliknięciem wygenerować większą liczbę okresów zegara. W ten sposób można sprawdzić, czy sygnał wyjściowy spełnia wymagania czasowe zawarte w dokumentacji układu WS2812B. Przykładowy wynik symulacji został przedstawiony na rysunku 13.

Uruchomienie przykładu

Po upewnieniu się, że symulacja pokazuje poprawne wyniki, możemy uruchomić przykład na zestawie maXimator. Wróćmy więc do głównego okna Quartusa i wybierzmy z menu *Assignments* opcję *Pin Planner*. W oknie, które zobaczymy, możemy dołączyć sygnały wejściowe i wyjściowe do fizycznych wyprowadzeń układu jak na rysunku 14:

- wyjście sygnału zegarowego – PIN_L3, 3.3-V LVTTL
- wyjście sygnału sterującego – PIN_C15, 3.3-V LVTTL.

Po skonfigurowaniu pinów ponownie kompilujemy projekt, podłączamy programator i programujemy układ za pomocą opcji *Tools* → *Programmer*



Rysunek 16. Okno kreatora BSP

Listing 4. Kod przykładowej aplikacji

```
#include <stdint.h>
#include "system.h"
#include "io.h"

int main(void)
{
    uint32_t rgb1 = 0x00000000;
    uint32_t rgb2 = 0x00FFFFFF;

    while(1) {
        rgb1 += 0x00000001;
        rgb2 -= 0x00000001;

        if(rgb1 > 0x00FFFFFF)
            rgb1 = 0;
        if(rgb2 > 0x00FFFFFF)
            rgb2 = 0x00FFFFFF;

        IOWR(RGB_DRIVER_0_BASE, 1, rgb1);
        IOWR(RGB_DRIVER_0_BASE, 2, rgb2);
        IOWR(RGB_DRIVER_0_BASE, 0, 2);

        while((IORD(RGB_DRIVER_0_BASE, 0)
            & 0x00000001) == 0);
    }
}
```

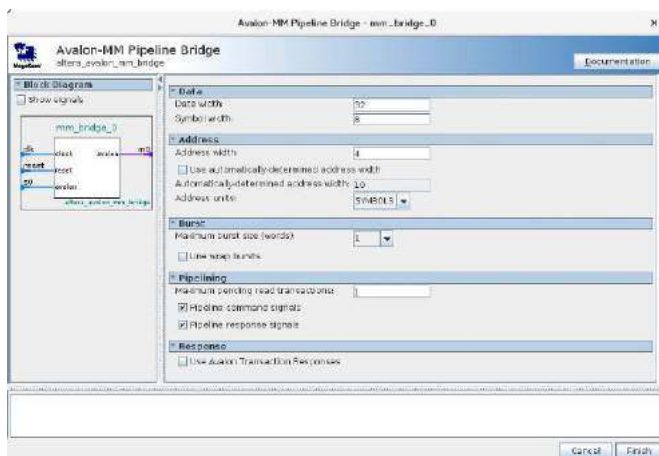
lub odpowiedniego przycisku na pasku narzędzi (rysunek 15). Do programowania wybieramy plik *output_files/nios_rgb_example.sof*. Brakuje już tylko jednego – programu dla Niosia II, który będzie sterował diodami RGB.

Program w C

Razem z *Quartusem* dostarczane jest środowisko *Eclipse*, w którym możemy przygotować BSP (*Board Support Package*) oraz program dla Niosia II. Możemy je otworzyć z menu *Tools* → *Nios II Software Build Tools for Eclipse* lub bezpośrednio z katalogu instalacyjnego *Quartusa* (*nios2eds/bin/eclipse-nios2*). Po otwarciu *Eclipsa* wybieramy *File* → *New* → *Nios II Board Support Package*. W oknie kreatora, przedstawionym na rysunku 16, podajemy nazwę projektu i ścieżkę do pliku *sopcinfo*, który znajduje się w głównym katalogu projektu. Zawiera on wszystkie niezbędne informacje o samym mikroprocesorze i o jego peryferiach, które przygotowaliśmy w poprzednich rozdziałach. Dzięki temu będziemy mieli przygotowane m.in. wszystkie definicje adresów. Klikamy przycisk *Finish* i czekamy na skompilowanie BSP. Następnie tworzymy nowy projekt aplikacji za pomocą *File* → *New* → *Nios II Application*. Podajemy nazwę projektu i ścieżkę do przed chwilą utworzonego BSP, po czym klikamy *Finish*.



Rysunek 17. Przykładowy przebieg na wyjściu RGB_OUT zarejestrowany za pomocą analizatora stanów logicznych



Rysunek 18. Konfiguracja komponentu Avalon-MM Pipeline Bridge

W projekcie aplikacji nie ma żadnych plików źródłowych, więc klikamy prawym przyciskiem myszy na jego nazwę, wybieramy *New* → *Source File* i nadajemy mu nazwę *main.c*. W pliku tym umieszczamy kod przykładowej aplikacji obsługującej diody RGB, przedstawiony na **listingu 4**.

Dołączane pliki *system.h* oraz *io.h* pochodzą z wygenerowanego BSP i zawierają definicje adresów komponentów w systemie i makra służące do zapisu i odczytu rejestrów. W pętli głównej programu ustawiane są wartości kolorów, zmieniające się w każdym jej obiegu. Dodatkowo sprawdzany jest bit *ready*, mówiący o tym, że transmisja danych została zakończona. Zapis wartości 2 do rejestru *RGB_DRIVER_0_BASE* powoduje rozpoczęcie transmisji sygnału sterującego diodami.

Aby uruchomić program, klikamy prawym przyciskiem myszy na nazwę projektu po lewej stronie i wybieramy opcję *Debug As* → *Nios II Hardware*. Po uruchomieniu programu mamy dostęp do pracy krokowej i innych opcji debugowania. Efekty działania programu można sprawdzić za pomocą analizatora stanów logicznych – otrzymane przebiegi przedstawione są na **rysunku 17**.

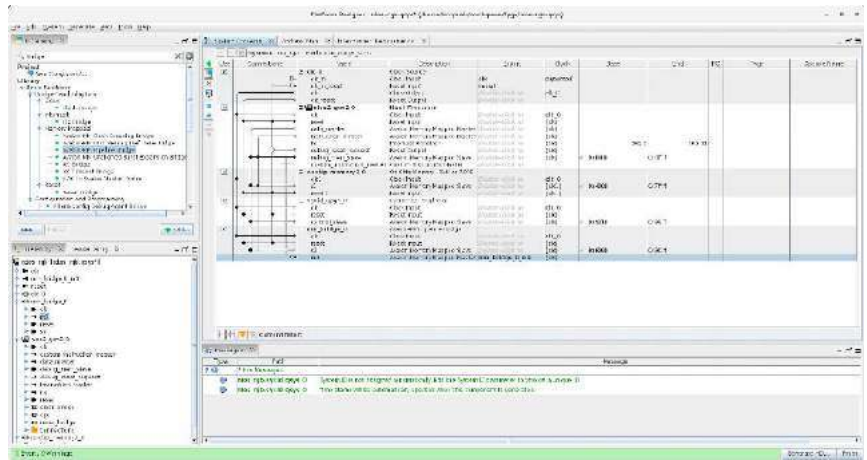
Zewnętrzna magistrala pamięci

Na tym moglibyśmy zakończyć omawianie przykładu, jednak najpierw wprowadzimy do niego jedną zmianę. Wcześniej, za pomocą *Platform Designera* utworzyliśmy moduł składający się z Nios II, sterownika RGB i innych peryferiów. Alternatywnym rozwiązaniem jest wyprowadzenie magistrali pamięci na zewnątrz systemu i utworzenie drugiego, zawierającego sterownik RGB. Dzięki takiemu podejściu można dołączać do magistrali pamięci inne systemy i modyfikować je bez potrzeby edycji pozostałych. Otwórzmy więc ponownie *Platform Designera* i utworzony wcześniej moduł. W pierwszej kolejności usuwamy z listy sterownik RGB. Zamiast niego dodajemy *Library* → *Basic Functions* → *Bridges and Adaptors* → *Memory Mapped* → *Avalon-MM Pipeline Bridge*. W oknie konfiguracji możemy ustawić m.in. szerokość szyny adresu – w naszym przypadku są to 4 bity kodujące zakres adresów 0x0000 – 0x000F. Okno konfiguracji zostało pokazane na **rysunku 18**.

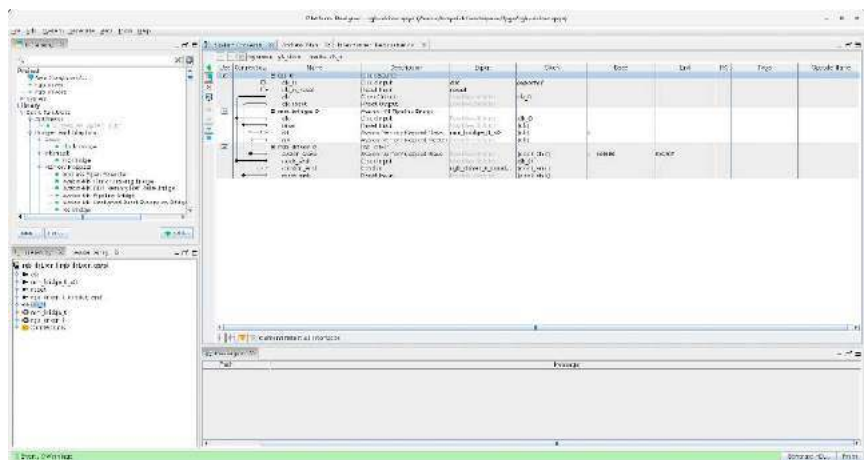
Po dodaniu nowego elementu łączymy odpowiednio sygnały zegara, resetu i magistrale pamięci – sygnał *s0* powinien być dołączony do *data_master* Nios II, natomiast *m0* wyeksportowany na zewnątrz modułu, tak jak na **rysunku 19**. Następnie należy ponownie wygenerować adresy: *System* → *Assign Base Addresses* i pliki syntezy: *Generate* → *Generate HDL*.

Kolejnym krokiem jest utworzenie nowego systemu: *File* → *New System* i dodanie do niego komponentu *Avalon-MM Pipeline Bridge* z takimi samymi ustawieniami, jak poprzednio, jednak tym razem przyłączeniu sygnałów należy wyeksportować sygnał *s0*. Na koniec dodajemy sterownik RGB, łączymy wszystkie sygnały jak na **rysunku 20**, zapisujemy nowy system, generujemy adresy i pliki syntezy. Możemy już zamknąć okno *Platform Designera* i przystąpić do modyfikacji schematu blokowego.

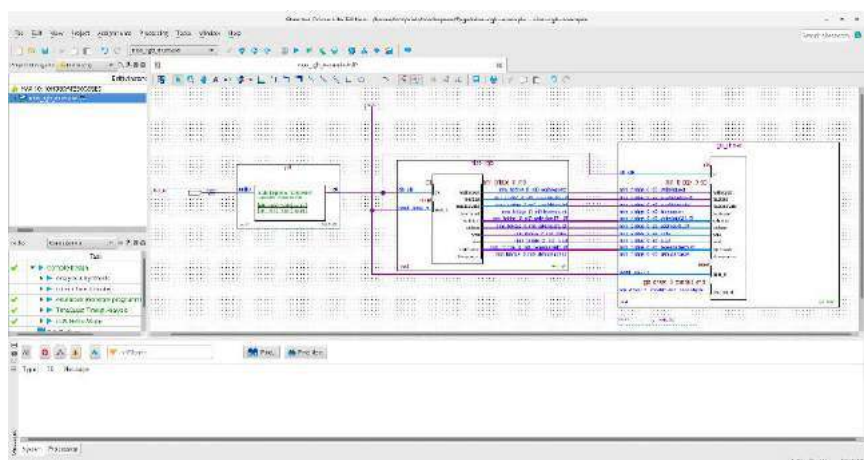
Na początek trzeba dodać nowo wygenerowany plik *qip* i zaktualizować istniejące komponenty, klikając prawym przyciskiem myszy i wybierając opcję *Update Symbol or Block* lub usuwając starą wersję



Rysunek 19. Nios II z komponentem Avalon-MM Pipeline Bridge



Rysunek 20. System ze sterownikiem RGB i komponentem Avalon-MM Pipeline Bridge



Rysunek 21. Schemat blokowy projektu z zewnętrzną magistralą pamięci

i dodając nową. Dodajemy także nowy komponent zawierający sterownik i łączymy odpowiednie sygnały tak jak na **rysunku 21**. Podczas generacji plików dla nowego systemu ze sterownikiem został wygenerowany nowy plik VHDL z kodem sterownika. Musimy zatem przenieść zmiany z poprzedniej wersji – nasz kod znajduje się w pliku *nios_rgb_example/nios_example/synthesis/submodules/rgb_driver.vhd*, do nowego pliku znajdującego się w katalogu *nios_rgb_example/rgb_example/synthesis/submodules/rgb_driver.vhd*.

Ostatnim krokiem jest kompilacja projektu i symulacja, którą można wykonać podobnie jak w pierwotnej wersji przykładu. Aby uruchomić przykład, musimy także wygenerować nową wersję BSP i odpowiednio zmodyfikować kod programu, ponieważ zmieniły się definicje adresów, pod które musimy zapisywać ustawienia kolorów.

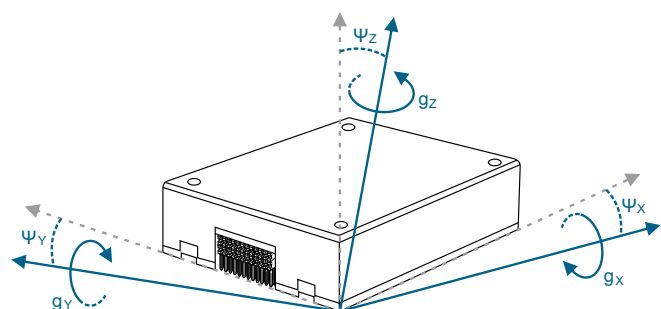
Krzysztof Chojnowski

Estymacja błędów modułów do nawigacji inercyjnej

Artykuł „Noszony zestaw modułów inercyjnych DIY”, opublikowany w poprzednim wydaniu EP, wywołał wielkie zainteresowanie. Czytelnicy zgłosili szereg pytań szczegółowych na temat nawigacji inercyjnej. Na część pytań, dotyczących dokładności czujników sterowania ruchem, odpowiadamy w tym artykule.

Niewspółosiowość czujników jest często kluczowym czynnikiem dla systemów sterowania ruchem, które wykorzystują moduły nawigacji inercyjnej MEMS (IMU) w pętach sprzężenia zwrotnego. W poniższym artykule przyjrzymy się, jak brak mechanicznej precyzji podczas montażu poszczególnych elementów systemu wpływa na precyzję pomiaru poszczególnych wartości przez akcelerometry i żyroskopy. Zarządzanie wpływem niewspółosiowości na dokładność czujników może wymagać unikalnych sposobów montowania czy odpowiedniego projektu mechanicznej części systemu lub złożonych testów inercyjnych gotowego produktu. Wszystkie te elementy mogą mieć istotny wpływ na czas i koszty stworzenia układu z IMU. Dlatego też estymacja błędów pomiarowych modułów IMU powinna być dokonana na wczesnych etapach cyklu projektowego, tak aby pozostał czas na zdefiniowanie architektury systemu wokół najbardziej wydajnego rozwiązania.

System nawigacji inercyjnej wykorzystuje IMU – urządzenie elektroniczne, które mierzy przyspieszenia liniowe i kątowe, oddziałujące na monitorowane ciało. Czasami taki system rozbudowany jest także o magnetometr m.in. do orientacji względem pola magnetycznego Ziemi. Moduły IMU są używane między innymi do nawigowania samolotami, zwłaszcza tymi bezzałogowymi (dronami), a także statkami kosmicznymi – satelitami i lądownikami. Moduły IMU



Rysunek 1. Błędy ustawienia poszczególnych osi dla żyroskopu zawartego w sześciooosiowym IMU w odniesieniu do krawędzi jego obudowy

wykorzystuje się także w pętli sprzężenia zwrotnego systemów automatyki przemysłowej, takich jak roboty.

Układ odniesienia, nazywany globalnym, w układzie nawigacji inercyjnej, to zazwyczaj trzy osie – X, Y i Z – względem których analizowany jest ruch monitorowanego przedmiotu. Odchylenia rzeczywistych osi układów pomiarowych od osi układu globalnego generuje błędy pomiaru poszczególnych wartości, a co za tym idzie redukuje precyzję systemu nawigacji. W poniższym artykule przyjrzymy się, jak błędy pozycjonowania poszczególnych podsystemów w IMU wpływają na ogólną precyzję tego typu urządzenia.

Błędy pozycjonowania akcelerometrów i magnetometrów

W przypadku akcelerometrów i magnetometrów problemy z pozycjonowaniem, wynikające z odchylenia rzeczywistych osi układów pomiarowych od osi globalnego układu odniesienia, są relatywnie proste do ujęcia, gdyż jest to układ liniowy. W obu przypadkach wpływ odchylenia można opisać macierzą M_a , jak w równaniu 1.

$$M_a = \begin{pmatrix} \cos \theta_x & -\sin \theta_z & \sin \theta_y \\ \sin \theta_z & \cos \theta_y & -\sin \theta_x \\ -\sin \theta_y & \sin \theta_x & \cos \theta_z \end{pmatrix} \quad (1)$$

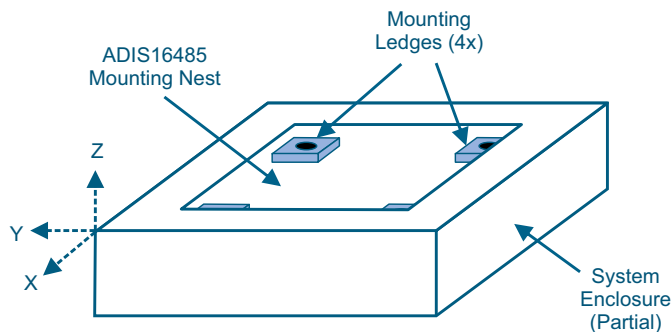
gdzie θ_x , θ_y i θ_z to, odpowiednio, błąd pozycjonowania w osi X, Y i Z naszego akcelerometru.

Błędy pozycjonowania żyroskopów

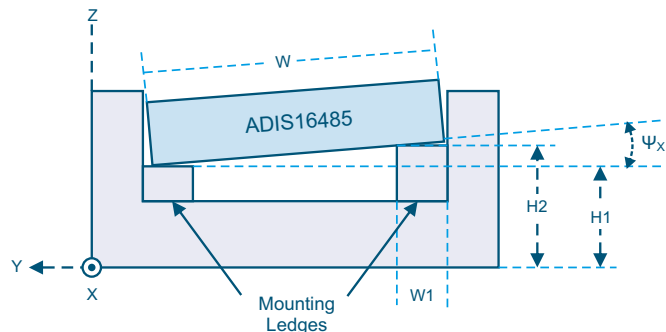
W przypadku żyroskopów w IMU niewspółosiowość czujnika opisuje różnicę kątową między osią obrotu każdego żyroskopu a systemową ramą odniesienia bezwładności, znaną również jako ramka globalna. Dokładność pomiaru, w konkretnej aplikacji, zależy od dwóch kluczowych czynników: błędu niewspółosiowości samego IMU i precyzji systemu mechanicznego, który utrzymuje moduł nawigacji inercyjnej w miejscu podczas pracy. Jako że wkład samego IMU (Ψ_{IMU}) i systemu (Ψ_{SYS}) są na ogół od siebie niezależne, całkowity błąd oszacować można, wykorzystując do tego średnią kwadratową tych wartości, jak pokazano na równaniu 2.

$$\Psi T = \sqrt{\Psi_{SYS}^2 + \Psi_{IMU}^2} \quad (2)$$

Niektóre specyfikacje modułów IMU określają błędy niewspółosiowości przez parametry takie jak niewspółosiowość obudowy do osi pomiarowych czy względem globalnego układu odniesienia. Na rysunku 1 pokazano (nie w skali) błędy ustawienia poszczególnych osi dla żyroskopu zawartego w ADIS16485 – sześciooosiowym IMU firmy



Rysunek 2. IMU w postaci scalonego modułu, umożliwiającego bardziej bezpośrednie, mechaniczne połączenie z obudową systemu



Rysunek 3. Zmiana wysokości jednego z czterech uchwytów montażowych jako przykład zmian mechanicznych, które mogą powodować skośność montażu

Analog Devices – w odniesieniu do krawędzi jego obudowy. Na ilustracji tej linie przerywane oznaczają osie w zdefiniowanym układzie odniesienia, a linie ciągle reprezentują osie obrotu żyroskopów wewnątrz obudowy. Ψ_{IMU} równe jest maksimum z poszczególnych niewspółosiowości (Ψ_x , Ψ_y i Ψ_z).

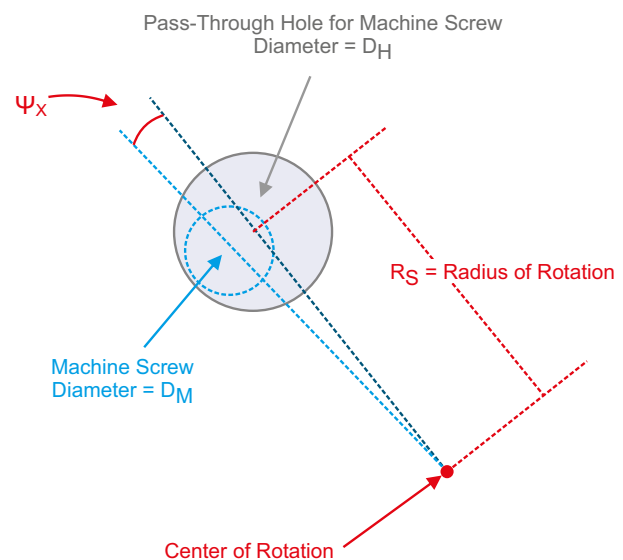
Przewidywanie wkładu systemu (Ψ_{sys} w równaniu 2) do błędu nie-współosiowości polega na analizie każdej możliwości niedoskonałości mechanicznej, która może zmieniać miejsce montażu IMU w syste-mie w odniesieniu do globalnego układu odniesienia.

Przy korzystaniu z IMU, który lutowany jest do płytki drukowanej, konieczne jest uwzględnienie takich rzeczy, jak dokładność umieszczenia elementu na PCB przez system pick & place, zmienność osadzania się lutowni, pływanie podczas lutowania w piecu, tolerancje kluczowych dla montażu elementów PCB (takich jak np. otwory) itp. Z kolei w przypadku korzystania z IMU w postaci scalonego modułu, umożliwiającego bardziej bezpośrednie, mechaniczne połączenie z obudową systemu, jak pokazano na **rysunku 2**, konieczne jest rozważenie zwłaszcza błędów montażu mechanicznego i niedokładności produkcyjnej gniazda, w którym spocząć ma moduł. Przy tego rodzaju montażu zmiana wysokości jednego z czterech uchwytów montażowych jest jednym z przykładów zmian mechanicznych, które mogą powodować skośność montażu w osi X i Y. **Rysunek 3** przedstawia sytuację (nie w skali), która pomoże wyjaśnić wpływ tej zmiany (H1 względem H2) na niewspółosiowość osi X (Ψ_x). **Równanie 3** pokazuje zależność pomiędzy tym parametrem a parametrami mechanicznymi (H1, H2, W i W1), które wyjaśnione są na rysunku 3.

$$\Psi_x = \arctan \left(\frac{H2 - H1}{W - W1} \right) \quad (3)$$

gdzie $H_2 - H_1 \ll L - W_1$.

Zmiana wysokości półki montażowej będzie miała podobny wpływ na skośność montażu wokół osi Y. W takim przypadku należy zastąpić szerokość (W) w równaniu 2 długością układu (L), aby uzyskać zależność do oszacowania kąta pochylenia osi Y (Ψ_Y). Zależność tę zapisać na **równaniu 4**.



Rysunek 4. Niewspółosiowość w osi Z, spowodowana różnym rozmiarem otworów montażowych i zastosowanej śruby

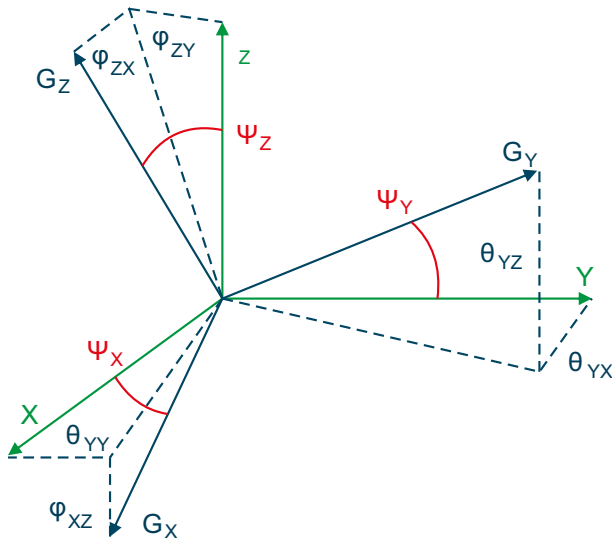
$$\Psi_L = \arctan\left(\frac{H2 - H1}{L - W1}\right) \quad (4)$$

gdzie $H2-H1 \ll L-W1$.

Na **rysunku 4** zaprezentowano kolejny przykład, jak mechaniczne niedoskonałości układu wpłynąć mogą na precyzję ustawienia jego osi. W tym przypadku jest to niewspółosiowość w osi Z, powodowana różnym rozmiarem otworów montażowych i zastosowanej śruby. Śruby, wykorzystane do montażu modułu IMU, przechodzą przez otwory w IMU, w uchwycie montażowym, a następnie, po drugiej stronie, przez nakrętki trzymające wszystko w jednej całości. W tym przypadku śruby o średnicy D_M przechodzą przez otwór o średnicy D_H w uchwycie modułu. Zależność pomiędzy niewspółosiowością w osi Z (Ψ_Z) a parametrami mechanicznymi – D_M , D_H oraz R_S (promień skręcenia, który równy jest połowie odległości pomiędzy otworami montażowymi, znajdującymi się naprzeciwko siebie – po przekątnej układu) (patrz oznaczenia na rysunku 4) znajduje się w **równaniu 5**.

$$\Psi_z = 2 \cdot a \tan \left(\frac{D_H - \frac{D_M}{2}}{2 \cdot R_S} \right) \quad (5)$$

Prześledźmy przykładowe obliczenia dla Ψ_{SYS} dla układu ADIS16485, zamontowanego śrubami o średnicy 2 mm, na podstawach o wymiarach 6×6 mm. Podstawa ma otwory o średnicy 2,85 mm. Podstawki są wykonane z tolerancją 0,2 mm (dotyczy to dokładności wysokości). Nominalna szerokość układu ADIS16485 równa jest 44 mm, co zgodnie z równaniem 3 daje nam niewspółosiowość w osi X (Ψ_X) równą 0,3°. Analogicznie będzie ze współosiowością z osią Y, jednakże nominalna długość układu (L) wynosi 42,5 mm, więc niewspółosiowość w osi Y będzie niższa niż dla osi X, a my musimy wyznaczyć najwyższą z trzech wartości. Inaczej jest z odchyleniem od osi Z, które opisane jest **równaniem 5**. Rozstaw pomiędzy otworami montażowymi omawianego modułu Analog Devices wynosi 39,6×42,6 mm, co daje nam R_s (połowę odległości między przekątnymi otworami) równą około 29,1 mm. Ta wartość oraz średnice otworów w module i jego podstawie pozwalają nam wyznaczyć maksymalną odchyłkę kąta w osi Z – wynosi ona 0,83°. Jako że efektywne Ψ_{SYS} równe jest największej odchyłce dla poszczególnych osi, w opisanym tutaj przypadku $\Psi_{\text{SYS}} = 0,83^\circ$. Jeśli teraz policzymy wartość średniokwadratową z tej odchyłki i odchyłki samego modułu $\Psi_{\text{IMU}} = 1^\circ$, uzyskamy $\Psi_T = 1,28^\circ$.



Rysunek 5. Ogólna ilustracja trójosiowego systemu żyroskopowego

Wpływ błędów współosiowości na dokładność działania systemu

Zrozumienie podstawowej zależności między błędami niewspółosiowości a dokładnością pomiarów z wykorzystaniem żyroskopów jest dobrym powodem do rozpoczęcia opracowywania tego rodzaju aplikacji. Najprościej jest oczywiście zacząć od wizualizacji problemu – **rysunek 5** przedstawia ogólną ilustrację trójosiowego systemu żyroskopowego. Na diagramie tym trzy zielone linie reprezentują trzy osie globalnego układu odniesienia, czarne linie ciągle reprezentują osie obrotu dla wszystkich trzech żyroskopów w IMU. Etykiety Ψ reprezentują błędy niewspółosiowości między globalnymi osiami i osiami żyroskopu.

$$\begin{aligned} G_X &= \omega_X \cdot \cos(\Psi_X) \\ G_Y &= \omega_Y \cdot \cos(\Psi_Y) \\ G_Z &= \omega_Z \cdot \cos(\Psi_Z) \end{aligned} \quad (6)$$

Równania 6 pokazują wpływ błędów współosiowości na odpowiedź każdego żyroskopu na obrót wokół przypisanej mu osi w układzie globalnym. W tych równaniach cosinus kąta niewspółosiowości wprowadza błąd skali. Błędy współosiowości wprowadzają także przesłuch pomiędzy poszczególnymi osiami, jako że ruch w jednej osi globalnego układu odniesienia ma niezerowy rzut na efektywne osie układu pomiarowego. Dlatego też każdy parametr Ψ ma dwa komponenty, na przykład Ψ_X ma składnik względem osi Y (ϕ_{XY}) oraz względem osi Z (ϕ_{XZ}). Powoduje to, że pełny wzór na wpływ błędów współosiowości żyroskopów wygląda tak, jak w **równaniach 7**.

$$\begin{aligned} G_X &= \omega_X \cdot \cos(\Psi_X) + \omega_Y \cdot \sin(\phi_{XY}) + \omega_Z \cdot \sin(\phi_{XZ}) \\ G_Y &= \omega_X \cdot \sin(\phi_{XY}) + \omega_Y \cdot \cos(\Psi_Y) + \omega_Z \cdot \sin(\phi_{YZ}) \\ G_Z &= \omega_X \cdot \sin(\phi_{XZ}) + \omega_Y \cdot \sin(\phi_{YZ}) + \omega_Z \cdot \cos(\Psi_Z) \end{aligned} \quad (7)$$

gdzie ω_X , ω_Y , ω_Z to obrót układu względem ortogonalnych osi układu odniesienia.

Jeśli scałkujemy (w czasie) obie strony równań 7, otrzymamy podobną zależność, jednakże wyrażoną w postaci przemieszczenia kątownego, jak w **równaniach 8**. To co nas interesuje w tych równaniach, to przemieszczenie kątowe wokół osi odniesienia ($\Theta_{X\omega}$, $\Theta_{Y\omega}$, $\Theta_{Z\omega}$) i stowarzyszone z takim obrotem, obroty zmierzone przez każdy z żyroskopów (Θ_{XG} , Θ_{YG} , Θ_{ZG}).

$$\begin{aligned} \Theta_{XG} &= \Theta_{X\omega} \cdot \cos(\Psi_X) + \Theta_{Y\omega} \cdot \sin(\phi_{XY}) + \Theta_{Z\omega} \cdot \sin(\phi_{XZ}) \\ \Theta_{YG} &= \Theta_{Y\omega} \cdot \sin(\phi_{XY}) + \Theta_{Y\omega} \cdot \cos(\Psi_Y) + \Theta_{Z\omega} \cdot \sin(\phi_{YZ}) \\ \Theta_{ZG} &= \Theta_{X\omega} \cdot \sin(\phi_{XZ}) + \Theta_{Y\omega} \cdot \sin(\phi_{YZ}) + \Theta_{Z\omega} \cdot \cos(\Psi_Z) \end{aligned} \quad (8)$$

Elektroniczna kompensacja braku współosiowości

W przypadkach, gdy IMU i system mocowania nie spełniają krytycznych parametrów systemu, elektroniczna kompensacja błędów zapewnia jedną z metod redukcji tych błędów. Ten proces ma dwa kluczowe kroki: charakteryzacja istniejącej niewspółosiowości (po instalacji IMU w systemie) i opracowanie macierzy parametrów korygujących, która pozwala na takie przeliczanie pomiarów z żyroskopów, by odpowiadały one pomiarom dla globalnego układu odniesienia.

$$\bar{G} = M \cdot \bar{\omega} \quad (9)$$

Równanie 9 pokazuje przyjęty model systemu dla tego procesu. Obrót wokół każdej osi globalnego układu odniesienia (ω) to trzy wejścia systemowe, trzy odpowiedzi żyroskopowe (G) są wyjściami systemowymi, a macierz 3×3 (M) reprezentuje zachowania systemu (w tym niedopasowanie) między wejściami i wyjściami. Równanie 9 zapisać można również, po podstawieniu wartości z równania 7, w pełnej postaci takiej, jak pokazano w **równaniu 10**.

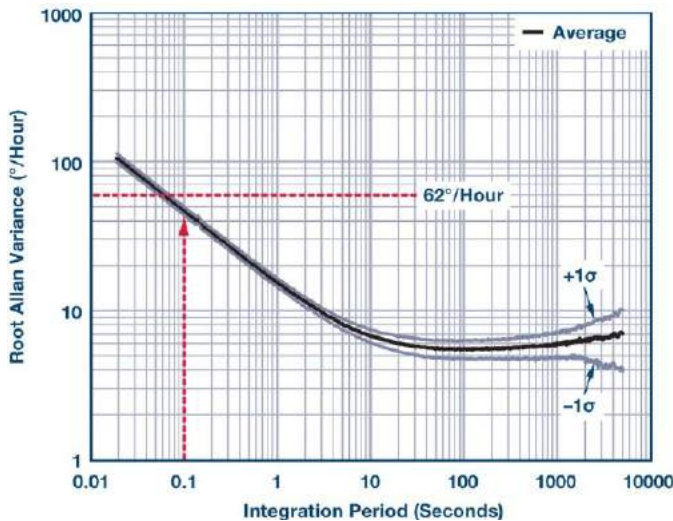
$$\begin{bmatrix} G_X \\ G_Y \\ G_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_X \\ \omega_Y \\ \omega_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\Psi_X) & \sin(\phi_{XY}) & \sin(\phi_{XZ}) \\ \sin(\phi_{YX}) & \cos(\Psi_Y) & \sin(\phi_{YZ}) \\ \sin(\phi_{ZX}) & \sin(\phi_{ZY}) & \cos(\Psi_Z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_X \\ \omega_Y \\ \omega_Z \end{bmatrix} \quad (10)$$

Jak widać, programowa kompensacja błędów współosiowości w systemie nawigacji inercyjnej wymaga tylko wyznaczenia, podczas procesu kalibracji, macierzy M , łączącej ze sobą pomiary fizycznymi żyroskopami i obrót wokół globalnych osi układu. Można pomóc sobie w tych pomiarach, kręcąc w danym momencie tylko jedną oś – pozostałe są stacjonarne, dzięki czemu problem redukuje się – wektor ω ma tylko jedną zmienną, pozostałe są zerami i zerują dwie z trzech kolumn macierzy M . W takiej sytuacji, gdy $\omega_X = \omega_{TR}$, $\omega_Y = \omega_Z = 0$, to M_{11} , M_{21} i M_{31} wyglądają jak w **równaniu 11**.

$$\begin{aligned} M_{11} &= \frac{G_X}{\omega_{TR}} \\ M_{21} &= \frac{G_Y}{\omega_{TR}} \\ M_{31} &= \frac{G_Z}{\omega_{TR}} \end{aligned} \quad (11)$$

gdzie G_X , G_Y oraz G_Z to odczyty wartości mierzonej przez żyroskop dla osi, odpowiednio, X, Y oraz Z. Analogicznie pomiary prowadzimy dla pozostałych osi, które pozwalają na uzupełnienie kolejnych kolumn macierzy M .

Oczywiście bezpośredni wpływ na jakość macierzy M ma dokładność profilu ruchu (ω) i pomiarów żyroskopu (G). W szczególności problematyczny jest ruch poza oś, dlatego też należy wziąć to pod uwagę przy wdrażaniu sprzętu testowego. Jeśli chodzi o pomiar wartości z żyroskopu, głównym problemem jest ich szum w sygnale oraz obciążenie resztkowe – stały offset sygnału. Jedną z technik minimalizowania wpływu błędu odchylenia resztkowego (b_e) w pomiarach żyroskopu jest zastosowanie dwóch różnych prędkości obrotowych, które są sobie równe co do wartości, ale przeciwnie co do kierunku. Na przykład mierząc dla obrotów wokół osi Y, pomiar prowadzimy dla $\omega_Y = \omega_{TR}$, a następnie dla $\omega_Y = -\omega_{TR}$. W ten sposób możemy zapisać **układ równań 12**, którego rozwiązanie zapisano jako **równanie 13**.



Rysunek 6. Wykres średniej variancji Allana

$$\begin{cases} G_Z^+ = M_{32} \cdot \omega_{TR} + b_E \\ G_Z^- = -M_{32} \cdot \omega_{TR} + b_E \end{cases} \quad (12)$$

$$M_{32} = \frac{G_Z^+ - G_Z^-}{2 \cdot \omega_{TR}} \quad (13)$$

Oczywiście równanie 13 jest prawdziwe przy założeniu, że b_E jest stacjonarne przez cały czas trwania pomiaru, co nie zawsze jest realistycznym oczekiwaniem. Należy wziąć pod uwagę, że na wartość tego błędu wpływ mają inne czynniki, takie jak temperatura, czas, poziom szumu etc. Jeśli pomiary prowadzone są w stabilnych warunkach, jeden za drugim, to największy wpływ na ich precyzję

i fluktuacje wartości b_E będzie miał szum układu. Jednym z popularnych sposobów na poradzenie sobie z tego rodzaju szumem jest wydłużenie czasu pomiaru i uśrednianie sygnału przez dłuższy okres. W ocenie długości czasu uśredniania pomocny jest wykres średniej variancji Allana, taki jak pokazano na **rysunku 6**. Pozwala on odczytać minimalny czas uśredniania pomiaru, potrzebny do uzyskania zadanego poziomu szumu w sygnale. Pamiętać oczywiście trzeba, że dotyczy to tylko poziomu szumu samego układu i nie bierze pod uwagę szumu ustroju pomiarowego poza żyroskopem oraz szumu systemu kalibracyjnego.

Podsumowanie

Technologia MEMS w układach inercyjnych poczyniła w ciągu ostatnich lat niesamowite postępy, zapewniając programistom systemów nawigacyjnych szeroki zakres opcji. Podczas projektowania systemu sterowania wykorzystującego IMU MEMS trzeba uwzględnić wiele elementów mających znaczący wpływ na wydajność i precyzję systemu, związane z nim koszty i czas projektowania urządzenia. Nawet proste narzędzia analityczne mogą pomóc w identyfikacji potencjalnego ryzyka projektowego, podczas gdy jest jeszcze czas na wybór układów, zmiany w projekcie mechanicznym czy decyzję o konieczności kalibracji układu po montażu. Pozwala to na lepsze skonstruowanie prognozy kosztów i kluczowych etapów harmonogramu realizacji tego rodzaju projektu. Przedstawione powyżej informacje powinny pomóc podjąć krytyczne decyzje projektowe w odpowiedni i inteligentny sposób, pozwalając na szybsze i tańsze zaprojektowanie modułu inercyjnego o zadanych parametrach projektowych.

Nikodem Czechowski

<http://bit.ly/2Lkxjhm>

<http://bit.ly/2JFBiBN>

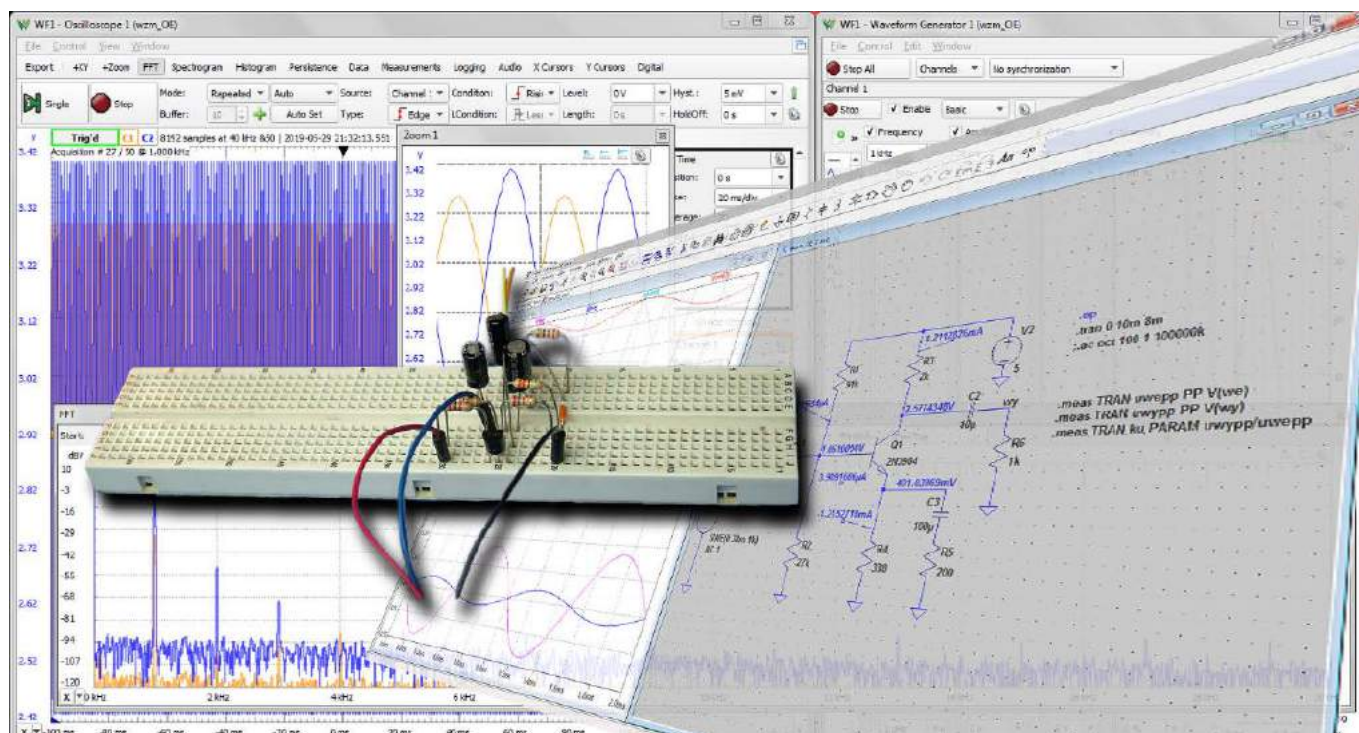
<http://bit.ly/2Sdg8Pv>

REKLAMA

100% ELEKTRONIKI NA AVT.PL/PRENUMERATA



Prenumerujesz Elektronikę Praktyczną + Elektronikę dla Wszystkich? Skorzystaj z promocji 1+1=3 i zamów bezpłatną prenumeratę Elektronika



Symulacja i pomiar, czyli LTspice i Analog Discovery 2 w rękach konstruktora (1)

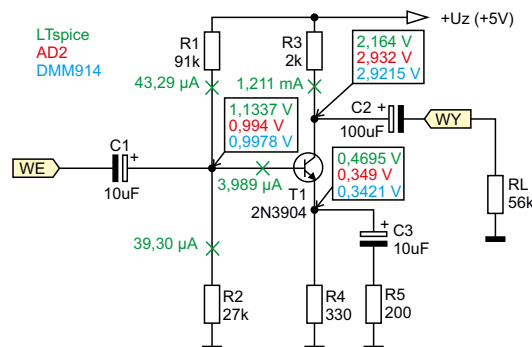
Wzmacniacz OE

Zgodnie z zapowiedzią rozpoczynamy cykl artykułów o projektowaniu, symulacji i pomiarach układów elektro- nicznych z użyciem symulatora LTspice i zintegrowanego laboratorium pomiarowego Analog Discovery 2. W tym odcinku na warsztat bierzemy klasyczny wzmacniacz tranzystorowy w układzie ze wspólnym emiterem (OE).

Naszym zadaniem jest zbudowanie 1-stopniowego wzmacniacza tranzystorowego, a więc ustalenie konfiguracji, wykonanie obliczeń, symulacja, montaż i pomiary prototypu. Należy zaznaczyć, że celem artykułów niniejszego cyklu nie jest nauka projektowania od podstaw, ze wszystkimi szczegółami i uwzględnianiem wszystkich parametrów, a jedynie pokazanie, jak proces ten może być wspierany przy użyciu dostępnych narzędzi. W obliczeniach będziemy stosować jak najdalej idące uproszczenia inżynierskie.

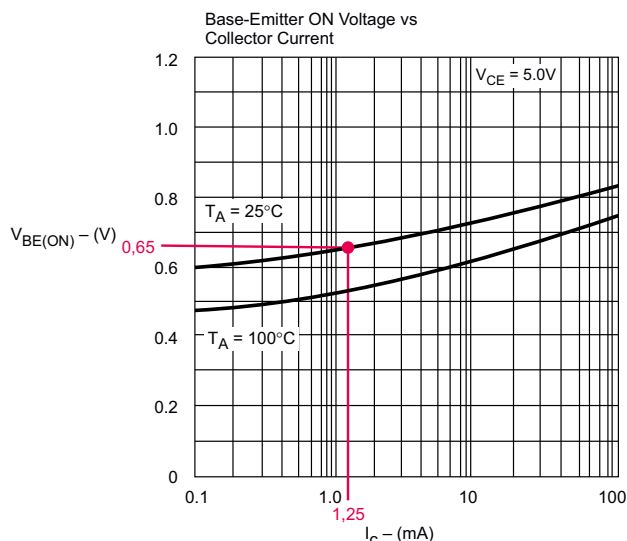
Wzmacniacz OE – projekt

Projektowanie zawsze rozpoczynamy od przyjęcia kilku założeń wynikających z wymagań technicznych i możliwości realizacji



Rysunek 1. Rozpatrywany wzmacniacz w konfiguracji OE

rzeczywistego układu. Zakładamy więc, że wzmacniacz będzie miał typową konfigurację przedstawioną na **rysunku 1**. Rezystory R_1 i R_2 polaryzują bazę, są więc elementami ustalającymi punkt pracy tranzystora. Obciążenie R_L jest dołączane do kolektora tranzystora przez kondensator C_2 eliminujący składową stałą. Zakładamy, że rezystancja obciążenia będzie równa 56 kΩ. Jest to wartość przyjęta arbitralnie.


 Rysunek 2. Charakterystyka $U_{BE}=f(I_C)$ tranzystora 2N3904

Zwykle obciążenia mają oporności rzędu kilku, kilkudziesięciu kiloomów, a ponieważ jest to układ edukacyjny, nie praktyczny, wybrano jedną z typowych wartości z szeregu E24 rezystorów. Kolejnym założeniem jest wartość rezystora kolektorowego. Rezystor ten decyduje o oporności wyjściowej wzmacniacza, która powinna być wielokrotnie mniejsza od rezystancji obciążenia. Znowu więc zakładamy arbitralnie: $R_3=2\text{ k}\Omega$.

Ponieważ do uruchomienia i pomiarów będziemy wykorzystywać Analog Discovery 2, w którym dostępny jest zasilacz 5 V, takie właśnie napięcie przyjmujemy do zasilania wzmacniacza. Projektując wzmacniacz, dążymy do tego, aby możliwe było uzyskiwanie z niego jak największych nieznieskształconych sygnałów wyjściowych. W tym celu przyjmuje się zwykle, że napięcie na kolektorze w stanie spoczynkowym (bez sygnału) jest równe połowie napięcia zasilającego. W naszym przypadku jest to 2,5 V. Pozostaje jeszcze ustalenie wzmocnienia wzmacniacza. Założymy, że powinno być ono równe ok. 15 V/V.

Tyle założeń. Teraz możemy przystąpić już do obliczeń. Prąd kolektora jest równy:

$$I_C = \frac{U_Z - U_C}{R_C} = \frac{5 - 2,5}{2k} = 1,25[mA]$$

Zakładamy jeszcze, że napięcie na emiterze w stanie spoczynkowym powinno być równe ok. 0,4 V. Przyjmujemy, że prąd emitera jest równy prądowi kolektora. W przypadku tranzystorów z dużym wzmocnieniem prądowym takie założenie jest prawidłowe. Do wzmacniacza zastosujemy tranzystor 2N3904 o współczynniku β równym ok. 300. Z powyższego założenia wynika, że:

$$R_E = R_4 \approx \frac{U_E}{I_C} = \frac{0,4}{1,25m} = 320[\Omega]$$

Przyjmujemy najbliższą wartość z szeregu E24. Jest nią 330 Ω . Skorygujemy więc napięcie na emiterze dla przyjętej wartości rezystora emiterowego.

$$U_E = I_C \cdot R_E = 1,25m \cdot 330 = 0,4125[V]$$

Mając te dane, możemy przystąpić do obliczenia rezystorów polaryzujących bazę. Ważnym parametrem jest napięcie U_{BEP} , czyli napięcie przewodzenia złącza baza-emiter. Można je odczytać z charakterystyk $U_{BE}=f(I_C)$, ale nie wszyscy producenci zamieszczają ten

wykres w dokumentacji. Zwykle przyjmuje się więc $U_{BEP}=0,6\dots0,7\text{ V}$. Takie założenie jest wystarczające do celów inżynierskich. Ja przeszukując PDF-y tranzystora 2N3904, znalazłem dokument, w którym wspomnianą charakterystykę zamieszczono (<http://bit.ly/2LzdUW8> – rysunek 2). Wynika z niej, że dla prądu kolektora równego 1,25 mA napięcie U_{BEP} jest równe 0,65 V. Napięcie na bazie tranzystora będzie więc równe:

$$U_B = U_E + U_{BEP} = 0,4125 + 0,65 = 1,0625[V]$$

Policzmy teraz prąd bazy, zakładając, że wzmocnienie prądowe $\beta=300$:

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1,25m}{300} = 4,17[\mu A]$$

Przez rezystor R_1 powinien płynąć prąd wielokrotnie większy od prądu bazy. Założymy, że będzie on 10 razy większy. Stąd $I_{R1}=41,7\text{ }\mu A$. Zatem:

$$R_1 = \frac{(U_Z - U_B)}{I_{R1}} = \frac{(5 - 1,0625)}{41,7\mu} = 94,424[k\Omega]$$

Przyjmujemy z szeregu E24 wartość 91 k Ω . Rzeczywisty prąd I_{R1} będzie więc równy:

$$I_{R1} = \frac{(U_Z - U_B)}{R_1} = \frac{(5 - 1,0625)}{91k} = 43,269[\mu A]$$

Mamy wszystkie dane do obliczenia R_2 :

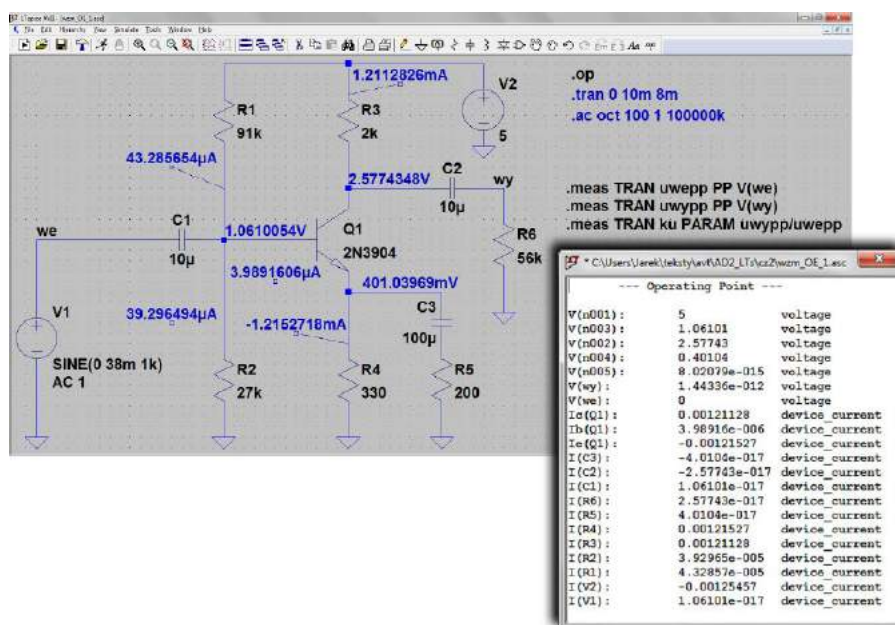
$$R_2 = \frac{U_B}{(I_{R1} - I_B)} = \frac{1,0625}{(43,269\mu - 4,17\mu)} = 27,174[k\Omega]$$

Przyjmujemy z szeregu wartość 27 k Ω .

Nie wchodząc głęboko w teorię, możemy przyjąć, że wzmocnienie napięciowe projektowanego układu jest równe stosunkowi rezystancji kolektorowej do emiterowej. Dołączony do kolektora rezystor R_3 jest dla sygnału zmiennego połączony drugim końcem z masą. Obciążenie kolektora stanowią więc dwie równoległe połączone rezystancje: R_3 i R_L , dające oporność wypadkową 1,931 k Ω . Wynika z tego, że wzmocnienie napięciowe układu jest równe:

$$k_u = \frac{R_3 || R_L}{R_4} = \frac{1931}{330} = 6,061[V/V]$$

Zakładaliśmy jednak, że wzmocnienie ma wynosić ok. 15 V/V. Należy więc odpowiednio zmodyfikować rezystancję emiterową. Z zależności na wzmocnienie wynika, że rezystancja ta powinna być równa:



Rysunek 3. Obliczenia punktu pracy w symulatorze LTspice

$$R_E = \frac{R_3 \parallel R_L}{k_u} = \frac{1931}{15} = 128,7[\Omega]$$

Obliczony wcześniej rezystor R_4 należałoby zmniejszyć do powyższej wartości, ale to spowodowałoby zmianę obliczonego już i spełniającego wszystkie założenia punktu pracy. Dodajemy więc dodatkowy rezystor R_5 równolegle do rezystora R_4 , ale oddzielając go od emitera kondensatorem C_3 . Nie zmieni on punktu pracy, natomiast wpłynie na wzmocnienie układu. Rezystancja emiterowa powinna być zmniejszona do $128,7 \Omega$, więc dodatkowy rezystor R_5 będzie równy:

$$\frac{1}{R_5} = \frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_4} \Rightarrow R_5 = \frac{R_4 \cdot R_E}{(R_4 - R_E)} = \frac{330 \cdot 128,7}{(330 - 128,7)} = 211[\Omega]$$

Teoretycznie najbliższa rezystancja z szeregu E24 jest równa 220Ω , ale – tu przyznaję – nie miałem takiego rezystora pod ręką, dysponowałem natomiast rezystorem 200Ω i taki przyjąłem do obliczeń. Wzmocnienie napięciowe dla ostatecznej konfiguracji wzmacniacza jest więc równe:

$$k_u = \frac{R_C \parallel R_L}{R_4 \parallel R_5} = \frac{1931}{124,53} = 15,5[V/V] = 23,8[dB]$$

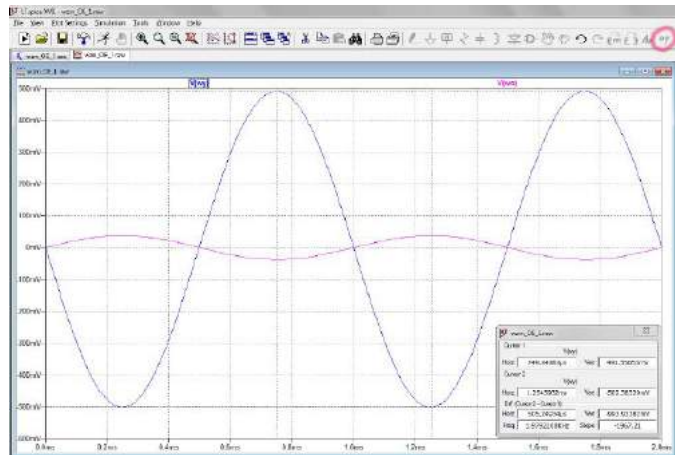
Wzmacniacz OE – symulacja

Mamy już wszystkie dane potrzebne do narysowania schematu w programie LTspice i przeprowadzenia symulacji. Ciśnienie już nam lekko rośnie wraz z emocjami. To będzie pierwsza weryfikacja obliczeń. Na razie wirtualna, ale mamy prawo sądzić, że wiarygodna. Schemat narysowany w edytorze LTspice przedstawiono na **rysunku 3**. Pierwszym wirtualnym pomiarem będzie sprawdzenie punktu pracy. Wykorzystujemy do tego komendę .op. Oblicza ona parametry stałoprądowe – napięcia we wszystkich węzłach i prądy we wszystkich gałęziach. Wyniki są zestawione w wyświetlonej na tle schematu tablicy, ale naprowadzając kursor na wybrany punkt schematu i klikając na nim, powodujemy trwałe umieszczenie napięć bezpośrednio na schemacie. Nieco więcej działań wymaga wyświetlenie prądów. W tym celu trzeba kliknąć prawym przyciskiem myszy na połączeniu, w którym chcemy „zmierzyć” prąd i wybrać komendę „Place .op Data Label”. Wynik jest najczęściej umieszczany w dość nieczytelnym położeniu, warto więc go przesunąć w dogodne miejsce, wykorzystując do tego przycisk F7. Na **rysunku 3** widzimy tak naniesione wyniki pomiarów stałoprądowych. Nadszedł więc moment pierwszej konfrontacji. Porównanie wyników założeń, obliczeń i symulacji przedstawiono w **tabeli 1**.

Jak widać, uzyskano całkiem niezłą zgodność obliczeń z symulacją. Zaryzykowałbym stwierdzenie, że zgodność jest nawet zadziwiająco dobra. Zobaczmy, jak będzie z pomiarami, ale wcześniej jeszcze musimy przeanalizować dwa ostatnie parametry: wzmocnienie napięciowe i oporność wejściową. Przydałoby się również sprawdzić, czy wzmacniacz nie będzie zniekształcał sygnału. Jeśli punkt pracy został zaprojektowany prawidłowo, nie powinno być z tym problemów.

Tabela 1. Porównanie wyników obliczeń wzmacniacza OE i jego symulacji w LTspice

Parametr	Założenia/ obliczenia	Symulacja
U_C [V]	2,5	2,5774
U_E [V]	0,4/0,4125	0,40104
U_B [V]	1,0625	1,0610
I_C [mA]	1,25	1,2113
I_B [μA]	4,17	3,989
I_{RL} [μA]	41,7/43,269	43,286
K_v [V/V]	15	13,1
R_{we} kΩ	?	14,1

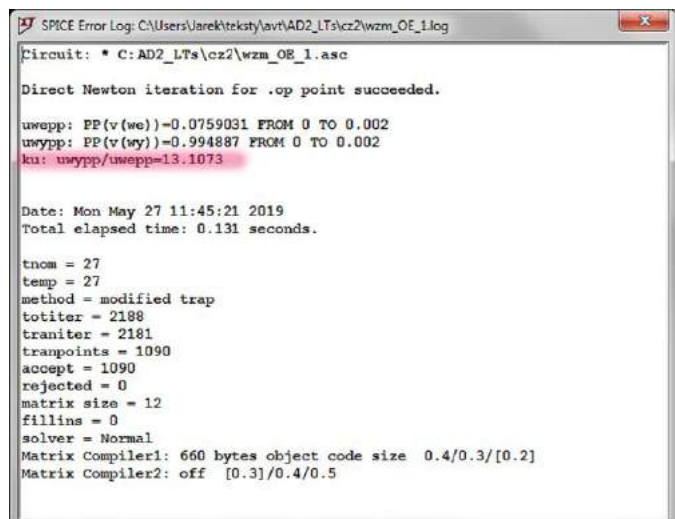


Rysunek 4. Przebieg wyjściowy wzmacniacza oglądany w symulatorze LTspice

W celu zobaczenia wirtualnych przebiegów należy wykonać symulację TRAN (nieliniowa analiza przejściowa). W zasadzie wystarczy podać dla niej tylko jeden parametr – całkowity czas symulacji, jednak początkowo w układzie mogą pojawiać się stany nieustalone, które zupełnie nie będą nas interesować. LTspice umożliwia określenie dodatkowego parametru – momentu rozpoczęcia zachowywania danych (Time to start saving data). Do pomiaru użyjemy sygnału sinusoidalnego o amplitudzie 38 mV i częstotliwości 1 kHz . Założmy, że chcemy oglądać na wykresie dwa pełne okresy przebiegu (2 ms) i przyjmujemy 8 ms na rozbieg. Parametr „Stop time” ustalamy więc np. na 10 ms , a „Time to start saving data” na 8 ms . Przebieg wyjściowy na rezystorze R_L przedstawiono na **rysunku 4**. Wygląda całkiem niezłe, gołym okiem zniekształceń nie widać. A jakie uzyskaliśmy wzmocnienie? Na tym samym wykresie umieszczono także przebieg wejściowy. Wzmocnienie można obliczyć, wyznaczając napięcie peak-to-peak przebiegu wyjściowego i wejściowego za pomocą kursorów, a następnie dzieląc jedną wartość przez drugą ($K_v = U_{wy}/U_{we}$), dokładniejsze jednak będzie bezpośrednie obliczenie tego parametru przez symulator. W tym celu należy zdefiniować 3 pomiary, wykorzystując komendę .op uruchamianą np. podświetloną ikonką na **rysunku 4**:

```
.meas TRAN uwepp PP V(we)
.meas TRAN uwypp PP V(wy)
.meas TRAN ku PARAM uwypp/uwepp
```

Wprowadzamy 3 niezależne komendy lub jedną, w której przejście do nowej linii odbywa się po naciśnięciu przycisków Ctrl-Enter lub Ctrl-M. Naciśnięcie samego przycisku Enter powoduje zakończenie edycji i zamknięcie okna.



Rysunek 5. Obliczenie wzmocnienia napięciowego wzmacniacza w symulatorze LTspice

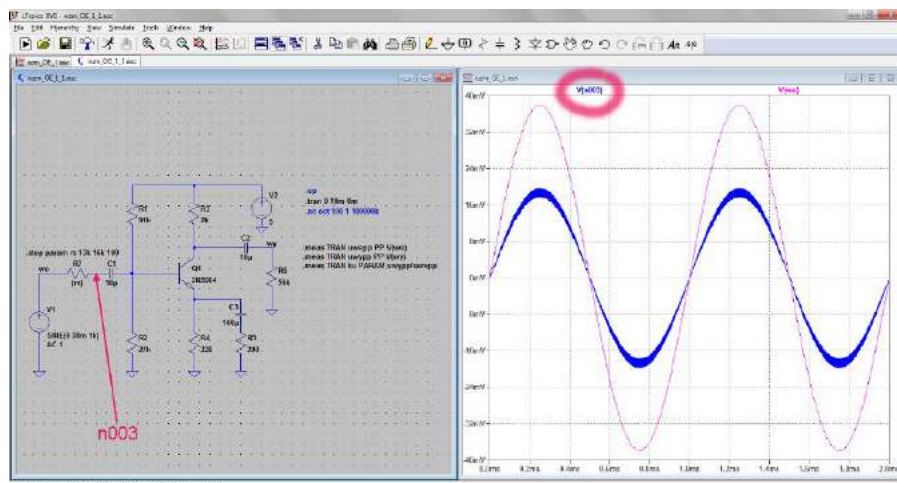
Wynik jest dostępny po uruchomieniu symulacji i otwarciu okna „SPICE Error Log” (**rysunek 5**). Według symulatora wzmocnienie napięciowe jest równe 13,1 V/V. My zakładaliśmy 15 V/V, więc wynik jest zadowalający.

W powyższych obliczeniach nie braliśmy pod uwagę oporności wejściowej wzmacniacza. Po cichu zgodziliśmy się zaakceptować taką wartość, jaka wyjdzie, co znacznie uprościło obliczenia. Gdyby warunkiem było zaprojektowanie wzmacniacza o konkretnej określonej oporności wejściowej, obliczenia musiałyby być wykonane nieco inaczej. Jest to jednak parametr w wielu przypadkach bardzo ważny, dlatego jako solidni konstruktorzy musimy go przynajmniej zmierzyć. Zrobimy to tak, jak często robi się w praktyce. Metoda polega na dołączeniu do wejścia wzmacniacza regulowanego rezystora szeregowego R_s i badaniu jego wpływu na napięcie mierzone na samym wejściu. Rezystancję R_s zmieniamy tak, aby na wejściu uzyskać napięcie równe połowie napięcia generatora. Rezystor R_s i oporność wejściowa wzmacniacza tworzą dzielnik napięciowy. Jeśli napięcie generatora zostało podzielone dokładnie na pół, to oznacza, że rezystancja R_s musi być równa dokładnie oporności wejściowej wzmacniacza. Teraz wystarczy zwykłym omomierzem zmierzyć R_s i wynik przyjąć jako oporność wejściową. Ale jak to zrobić w symulatorze?

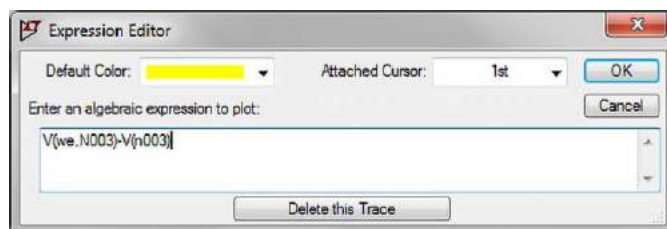
Postępujemy dokładnie tak, jak to zostało powiedziane. Dokładamy rezystor R_s (**rysunek 6**), ale jego oporność określamy parametrycznie, wpisując w polu „Resistance” wyrażenie {rs}; „rs” symbolizuje jego rezystancję, którą można zmieniać. Musi być ona ujęta w nawiasy klamrowe. Komendą zmieniającą rezystancję rs jest np.:

.step param rs 13k 16k 100

Oznacza ona, że w trakcie symulacji rezystancja rs będzie zwiększała wartości od 13 kΩ do 16 kΩ z krokiem 100 Ω. Uwaga, w powyższej komendzie rezystancja rs jest podawana bez nawiasu klamrowego. Teraz uruchamiamy tę samą symulację TRAN co poprzednio, a jako punkty pomiarowe wskazujemy wejście generatora (punkt opatrzony etykietą „we”) oraz połączenie między rezystorem R_s a kondensatorem C_1 . Jest to wejście wzmacniacza. Symulator nadał mu własne oznaczenie, u mnie n003. W oknie symulatora ukaże się wynik taki jak na rysunku 6. Istotnie widzimy, że napięcie $V(n003)$ zmienia się w zakresie bliskim połowie napięcia wejściowego, ale z tego wykresu dość trudno by było znaleźć, dla jakiej wartości rs jest to dokładnie połowa U_{we} . Dlatego nieco modyfikujemy określenie parametru prezentowanego na wykresie. Usuwamy wykres „V(n003)” (przycisk F5 i kliknięcie na nazwie wykresu umieszczonej u góry – patrz rysunek 6) i zamiast niego dodajemy nowy wykres określający spadek napięcia na rezystorze rs. W tym celu najezzamy kursorem na punkt z etykietą „we”, naciskamy lewy przycisk myszy i przytrzymując go, ustawiamy kursor w punkcie n003, po czym zwalniamy przycisk. W trakcie tej operacji kursor przyjmuje kształt oscyloskopowej sondy pomiarowej, początkowo czerwonej, później czarnej. Na ekranie zostaje wyświetlony wykres „V(we, N003)” do złudzenia przypominający ten poprzedni, ale to nie. Po naprowadzeniu kursora na jego tytuł naciskamy prawy przycisk myszy i w oknie, które pojawiło się na ekranie, dopisujemy zmodyfikowaną formułę definiującą wykres (**rysunek 7**). Będzie to: $V(we, N003) - V(n003)$, a więc teraz oglądamy różnicę spadków napięć na rezystancji rs i R_{we} . Wykres $V(we)$ jest już niepotrzebny i można go usunąć przyciskiem F5. Szukamy tej iteracji, dla której różnica jest równa zero (w praktyce najbliższa zero). Zmieniając formułę definiującą wykres, wywołaliśmy jednocześnie na ekran kursor. Teraz najlepiej przesunąć go do punktu odpowiadającego maksimum (**rysunek 8**), a następnie przyciskami komputerowymi „kursor-góra” lub „kursor-dół” znajdujemy pozycję najbliższą wartości



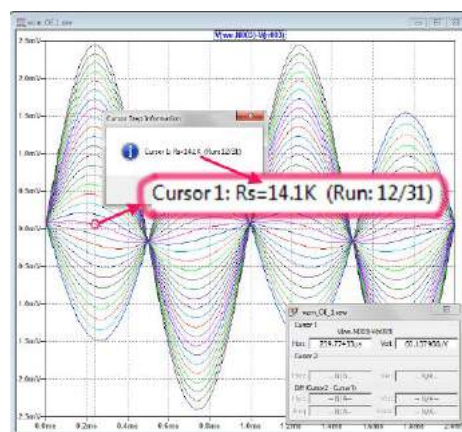
Rysunek 6. Pomiar oporności wejściowej wzmacniacza w symulatorze LTspice



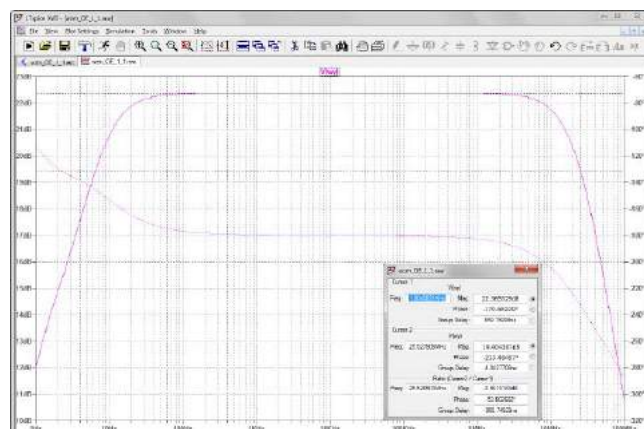
Rysunek 7. Okno definiowania wykresu

zerowej. Odczyt rezystancji rs, która odpowiada wskazanemu wykresowi, jest możliwy po naprowadzeniu kursora myszki na pionowy kursor wykresu i naciśnięciu prawego przycisku. W naszym przypadku sytuacja taka wystąpiła dla $R_s = 14,1$ kΩ (rysunek 8). Jest to oporność wejściowa omawianego wzmacniacza.

W powyższych obliczeniach nie zajęliśmy się w ogóle zagadnieniami częstotliwościowymi. Możliwe, że wrócimy do tego



Rysunek 8. Przebiegi symulatora wykorzystywane do wyznaczenia oporności wejściowej wzmacniacza



Rysunek 9. Charakterystyka częstotliwościowa wzmacniacza obliczona w symulatorze

tematu w jednym z kolejnych odcinków. Warto jednak sprawdzić, czego pod tym względem możemy spodziewać się po naszym wzmacniaczu. Nie będziemy teraz mierzyć układu rzeczywistego, w tym odcinku przeprowadzimy tylko symulację. Uruchamiamy ją komendą .ac. Wprowadzamy parametr określający, jak gęsto ma być badana charakterystyka częstotliwościowa. Przyjmijmy, że będzie to 100 punktów na oktawę. Kolejne dwie wielkości to częstotliwość początkowa (1 Hz) i końcowa (100 MHz). Po uruchomieniu symulacji i wskazaniu na schemacie punktu pomiarowego, np. wyjścia, zostaje wyświetlona amplitudowa i fazowa charakterystyka częstotliwościowa wzmacniacza (**rysunek 9**). Za pomocą kursorów można określić 3-decybelowe częstotliwości graniczne. Dolna częstotliwość wzmacniacza wynosi ok. 6,22 Hz, a górna 25,53 MHz. Spadki wzmocnienia odnosimy do częstotliwości 1 kHz.

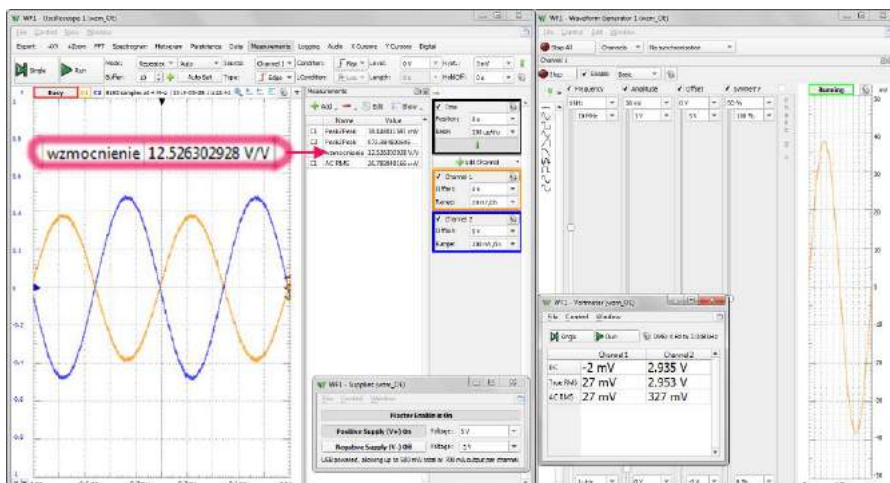
Wzmacniacz OE – pomiary

Najwyższy czas na skonfrontowanie obliczeń i symulacji z pomiarami układu rzeczywistego. Montujemy go na płytce stykowej (**fotografia 1**). Do wejścia dołączamy 1. kanał (W1) generatora arbitralnego i wejście 1+ oscyloskopu zestawu Analog Discovery 2, do wyjścia zaś dołączamy wejście 2+ oscyloskopu. Wejścia 1- i 2- są dołączone do masy. Wzmacniacz zasilamy napięciem +5 V z zasilacza AD2. Najpierw sprawdzimy, czy układ w ogóle pracuje. Jako sygnał testowy ustawiamy przebieg sinusoidalny o amplitudzie 38 mV i częstotliwości 1 kHz z zerowym offsetem. Podstawę czasu oscyloskopu ustawiamy na 200 μ s/dz, czułość kanału 1 na 20 mV/dz, a kanału 2 na 200 mV/dz. Offset w obu kanałach jest równy 0. Jak widać na oscylogramie (**rysunek 10**), wzmacniacz pracuje bardzo ładnie, wzmacnia bez widocznych zniekształceń, tak jak w symulatorze.

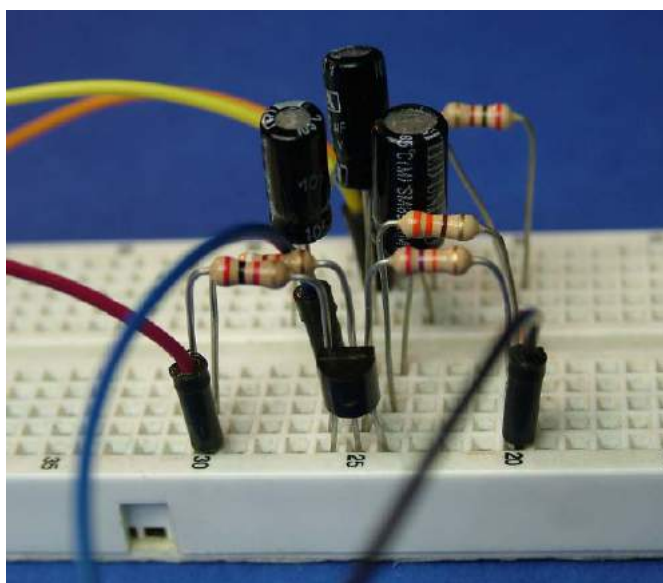
Zmierzymy teraz punkt pracy tranzystora, czyli napięcia: U_B , U_C i U_E . Wykorzystamy do tego najpierw wirtualny woltomierz Analog Discovery 2 (narzędzie Voltmeter). Odłączamy generator i kanał 1 oscyloskopu. Napięcia będą mierzone kanałem 2. Końcówkę 2+ przełączamy więc kolejno do wymienionych wyżej punktów i notujemy wyniki. Są one zestawione w **tabeli 2**, która jest częściowym powtórzeniem tabeli 1. Pamiętajmy, że uruchomienie woltomierza odłącza oscyloskop i *vice versa*. Dodatkowo, dla pewności analogiczny pomiar warto zrobić zewnętrznym multimetrem. Ja użyłem miernika Tektronix DMM914.

Jak widać, wyniki są zbliżone, choć występują pewne różnice w stosunku do obliczeń i symulacji. W pomiarach wykonanych za pomocą AD2 i multimetru napięcie to wynosi ok. 2,9 V przy zakładanym 2,5 V (różnica ok. 16%). Różnica ta wynika z tolerancji wszystkich użytych rezystorów, a przede wszystkim z innego współczynnika wzmocnienia prądowego tranzystora niż przyjęty do obliczeń i symulacji. Możemy jednak uznać, że wyniki mieszczą się w granicach inżynierskiego błędu. Pomiaru prądów nie będziemy wykonywać ze względu na konieczność ingerencji w obwód.

Teraz sprawdzimy wzmocnienie. Oczywiście ponownie trzeba dołączyć generator i oscyloskop. Pomiar można przeprowadzić, dzieląc np. napięcie wyjściowe peak-to-peak (Peak2Peak) przez analogiczne napięcie wejściowe. Wartości te łatwo są uzyskiwane za pomocą pomiarów automatycznych oscyloskopu (komenda Measure – **rysunek 10**). Ja opracowałem skrypt, który na bieżąco podaje wartość wzmocnienia, bez konieczności wykonywania ręcznych obliczeń. Dzięki temu parametr ten można mierzyć bezpośrednio, zmieniając np. częstotliwość czy kształt sygnału. Skrypt definiowany jako „Custom Global” ma postać:



Rysunek 10. Wyznaczenie wzmocnienia wzmacniacza OE za pomocą pomiarów automatycznych Analog Discovery 2



Fotografia 1. Zmontowany wzmacniacz gotowy do pomiarów

```
var wzm = 0
var d1 = Scope.Channel1.measure("Peak2Peak")
var d2 = Scope.Channel2.measure("Peak2Peak ")
wzm=d2/d1
```

Mierzony układ ma wzmocnienie ok. 12,5 V/V. Jest to o ok. 17% mniej w stosunku do wartości założonej. Dużo to czy mało? Pozostawiam Czytelnikom do indywidualnej oceny.

Zmierzymy teraz oporność wejściową wzmacniacza. Wykorzystamy podobną technikę jak w symulacji, tzn. pomiędzy generator a wejście wzmacniacza dołączymy potencjometr precyzyjny 50 k Ω . Zauważmy jednak, że dołączenie miernika (oscyloskopu) do wejścia wzmacniacza

Tabela 2. Porównanie wyników obliczeń wzmacniacza OE z symulacją i pomiarami układu rzeczywistego

Parametr	Założenia/ obliczenia	Symulacja	Pomiar AD2	Pomiar DMM914
U_C [V]	2,5	2,5774	2,935	2,9364
U_E [V]	0,4/0,4125	0,40104	0,338	0,3395
U_B [V]	1,0625	1,0610	0,986	0,9978
I_C [mA]	1,25	1,2113	x	x
I_B [μ A]	4,17	3,989	x	x
I_{R1} [μ A]	41,7/43,269	43,286	x	x
K [V/V]	15	13,1	12,53	x
R_{WE} k Ω		14,1	11,6	x

zaburzy warunki pracy układu. Miernik będzie bocznikował oporność wejściową, a w rezultacie pomiar może być zaniżony. Jak pamiętamy z symulacji, możemy spodziewać się oporności rzędu kilkunastu kiloomów. W takim przypadku wpływ oscyloskopu o oporności wejściowej 1 MΩ jest raczej pomijalny, ale na zimne warto dmuchać. Lepszym rozwiązaniem będzie pomiar napięcia wyjściowego. Kanał pomiarowy, np. 2+ dołączamy więc do wyjścia wzmacniacza i początkowo mierzymy napięcie bez rezystora szeregowego. Korzystamy z pomiarów automatycznych parametru Peak-to-peak. Ustawiamy takie napięcie z generatora, aby na wyjściu uzyskać np. 80 mV_{pp}. Teraz dołączamy rezystor i kręcąc suwakami, zmniejszamy napięcie wyjściowe dokładnie o połowę, a więc do 40 mV_{pp}. Pozostaje już tylko zmierzyć rezystancję potencjometru za pomocą omomierza. Jest ona równa oporności wejściowej wzmacniacza. W badanym egzemplarzu było to 11,6 kΩ, wobec 14,1 kΩ z symulacji. To chyba wynik zadowalający. Pamiętajmy, że jest w nim ukryta również oporność wyjściowa generatora, ale można ją pominąć, gdyż jest wielokrotnie mniejsza.

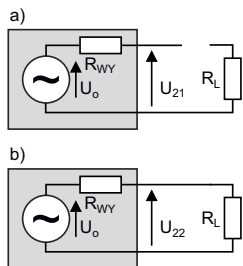
Z pomiarem oporności wyjściowej wzmacniacza niestety nie jest tak prosto. Najczęściej obciążenie wzmacniacza do takiego stanu, w którym jego napięcie wyjściowe spadnie o połowę, nie jest możliwe. Pojawiające się wówczas zniekształcenia sygnału mogą zaburzyć wynik pomiaru na tyle, że nie będzie on wiarygodny. W przypadkach krytycznych możliwe jest nawet uszkodzenie wzmacniacza. Tym razem bez obliczeń się nie obejdzie. Zasada postępowania jest następująca:

1. Odłączamy obciążenie od wzmacniacza i mierzymy sygnał wyjściowy – U_{21} (**rysunek 11a**). Odpowiada on wzmocnionemu napięciu wejściowemu bez żadnych strat (pomijamy wpływ oscyloskopu).

2. Dołączamy do wzmacniacza obciążenie R_L i ponownie mierzymy napięcie na wyjściu – U_{22} (**rysunek 11b**).

Oporność wyjściowa wzmacniacza i oporność obciążenia tworzą dzielnik napięciowy, który dzieli wzmocnione napięcie wejściowe U_0 . Napięcie U_{22} zmierzone w drugim kroku jest równe:

$$U_{22} = U_0 \frac{R_L}{R_L + R_{wy}}$$



Rysunek 11. Układ do pomiaru oporności wyjściowej wzmacniacza: a) pomiar wstępny, b) pomiar końcowy

Tabela 3. Pomiar oporności wyjściowej wzmacniacza OE w symulatorze i w układzie rzeczywistym

	U_{21} [V]	U_{22} [V]	R_{wy} [Ω]
Symulacja	1,03028	0,344159	1816
Pomiar	0,800	0,2797	1860

Przekształcając powyższe równanie, otrzymujemy formułę, z której można obliczyć oporność wyjściową wzmacniacza:

$$R_{wy} = R_L \left(\frac{U_0}{U_{22}} - 1 \right) = R_L \left(\frac{U_{21}}{U_{22}} - 1 \right)$$

Czynności przedstawione wyżej wykonujemy zarówno w symulatorze, jak i w układzie rzeczywistym. Zestawienie wyników przedstawiono w tabeli 3.

Wynik z inżynierską dokładnością zgodził się z teorią, z której wynika, że oporność wyjściowa wzmacniacza w konfiguracji OE jest równa w przybliżeniu rezystorowi kolektorowemu. W dokładniejszej analizie, szczególnie w przypadkach, gdy w kolektorze znajduje się rezystor o dużej wartości, należy uwzględnić parametr h_{22} macierzy h tranzystora. W badanym układzie rezystor ten ma oporność 2 kΩ, a obliczenia i pomiary dały wynik ok. 1,8 kΩ.

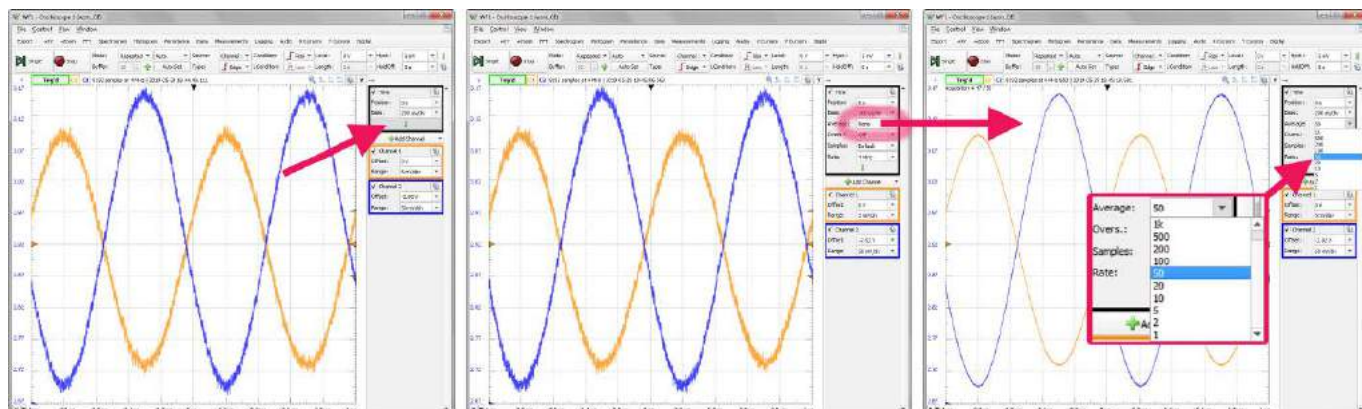
Na zakończenie

Wykonując pomiary wzmacniacza z użyciem oscyloskopu, stosowaliśmy względnie mały sygnał z generatora (amplituda ok. 40 mV), co było uzasadnione chęcią uzyskania jak najmniej zniekształconego sygnału wyjściowego. Niestety, pracując z małymi sygnałami, odczuwa się szumy, konieczny jest więc jakiś kompromis.

Z zaszumionymi oscylogramami można sobie radzić, stosując pewien dostępny w oprogramowaniu Waveforms, tak jak i w każdym oscyloskopie cyfrowym, trik, jakim jest uśrednianie wyników. Opcja uśredniania (Average) w programie Waveforms jest dostępna po rozwinięciu okna „Time” (**rysunek 12**). Na tym rysunku pokazano również efekty włączenia opcji uśredniania z parametrem 50.

W artykule pominęliśmy szereg zagadnień związanych ze wzmacniaczem OE, takich jak charakterystyki przejściowe, parametry częstotliwościowe, zniekształcenia, szumy, wpływ temperatury itp. Z pewnością warto kiedyś wrócić do tych tematów, ale kolejny odcinek poświęcimy wzmacniaczowi o zgoła odmiennej konstrukcji. Będziemy symulować i mierzyć wzmacniacz instrumentalny (tzw. pomiarowy).

Jarosław Doliński, EP



Rysunek 11. Pomiary oscyloskopowe z użyciem uśredniania

REKLAMA

www.facebook.com/ElektronikaPraktyczna



Obudowy



Wykładowcy uczą, że projektowanie urządzenia elektronicznego należy zaczynać od obudowy, ale mało kto tak robi. A szkoda.

Obudowa jaka jest, każdy widzi...

Nie jeden elektronik skłonny byłby uznać **obudowy** do sprzętu elektronicznego za coś tak bardzo znanego i oczywistego, by sparafrazować XVIII-wieczny cytat z *Nowych Aten* Benedykta Joachima Chmielowskiego dotyczący konia.

No bo cóż za tajemnice i godne szczególnej uwagi aspekty może kryć plastikowe pudełko?

Otóż może! Po pierwsze, obudowy do sprzętu elektronicznego to nie tylko plastikowe pudełka. Po drugie, niniejszy artykuł ma przypomnieć nie dla wszystkich oczywiste kwestie oraz pomóc spojrzeć na obudowy z kilku różnych punktów widzenia. Kluczowe zagadnienia związane z obudowami wcale nie są bowiem tak powszechnie znane, jak mogłoby się wydawać. A niektóre nowości mogą zaskakiwać.

Na przykład obudowy 3D.

Otóż jeżeli Twój rozmówca z entuzjazmem zacznie Ci opowiadać, że planuje albo właśnie zlecił wykonanie obudowy 3D, mógłbyś mu powiedzieć, iż dla Ciebie to żadna nowość, ponieważ od lat masz z nimi do czynienia, a właściwie od początku swej aktywności do sprzętu elektronicznego stosujesz wyłącznie obudowy 3D.

I zapewne mógłbyś to udowodnić licznymi przykładami obudów 3D, czyli trójwymiarowych.

Ale może lepiej tego nie rób, między innymi dlatego, że dyskusja mogłaby skrócić na grząskie i mroczne tereny semiotyki: może nie syntaktyki, ale pragmatyki, a zwłaszcza semantyki, która to, według

definicji z Wikipedii, bada problem znaczenia w języku, a także relacji formy znaku do treści oznaczanej, i to zarówno w ujęciu synchronicznym, jak i diachronicznym... Stop!

Jeżeli chodzi o obudowy 3D, to niewątpliwie mamy do czynienia ze skrótem myślowym. Coraz częściej słyszymy o drukarkach 3D. Nie tak dawno opisano koncepcję wykorzystania potężnych drukarek 3D do budowy obiektów infrastruktury bazy kosmicznej na Księżycu z wykorzystaniem powszechnie dostępnego tam materiału – pyłu księżycowego. Jeśli chcemy drukować domy na Księżycu, to dlaczego nie wykorzystywać drukarek 3D do seryjnej produkcji obudów dla sprzętu elektronicznego?

Nie tylko można, ale czasem trzeba!

Dzisiaj akceptowalnym kosztem można zrealizować choćby jedną sztukę indywidualnie zaprojektowanej obudowy właśnie za pomocą drukarki 3D. Jednak sprawa drukowania obudów wcale nie jest oczywista, niezależnie od coraz większej popularności tańszych i droższych drukarek 3D o różnych zasadach działania.

Do drukarek 3D wrócimy, a na razie podkreślimy, że nawet obudowy najbardziej płaskie z płaskich też są obudowami 3D (**fotografia 1** – Maszczyk KM45), bo trudno wyobrazić sobie zarówno obudowę 2D, a tym bardziej czterowymiarową obudowę 4D (chyba że takową wymyślą jacyś spece od marketingu, żonglując znaczeniem słowa *Dimension*).

Problem semantyki, czyli po prostu znaczenia (słów, pojęć), dotyczy też klawiatur. W związku z pewnymi niejasnościami w opisach, mniej zorientowani zastanawiają się na przykład, jaka jest różnica między klawiaturami *foliowymi* a *membranowymi*?

Wątpliwości dotyczą też klawiatur i przycisków *dotykowych*. Nie zawsze wiadome jest, czy są to czujniki *pojemnościowe*, czy może *rezystancyjne*? I co to naprawdę znaczy, jeśli chodzi o ich budowę

i działanie? Problem między innymi w tym, że mniej młodzi elektrycy, pamiętający lata 80., mieli do czynienia z radiodiodami i telewizorami, które miały tak zwane *przełączniki sensorowe*: albo rezystancyjne (głównie radiodiodami), albo pojemnościowe (głównie telewizorami). Nie dla wszystkich jest jasne, na ile współczesne przyciski, klawiatury i ekrany dotykowe bazują na tamtych rozwiązaniach sprzed kilkudziesięciu lat. Wszystkie te kwestie będą omówione w dalszej części artykułu. A na razie w telegraficznym skrócie przypomnijmy najważniejsze informacje o obudowach, ponieważ artykuł przeznaczony jest dla różnych Czytelników.

Podstawowe rodzaje obudów

Nie tylko hobbystom określenie „obudowa” kojarzy się z mniej lub bardziej wymyślnym pojemniczkiem z tworzywa sztucznego.

Obudowy z tworzyw sztucznych, jak się potocznie mówi: plastikowe, są bezapelacyjnie najpopularniejsze, pod względem liczby sprzedawanych sztuk, pod względem przychodów (pomimo stosunkowo niskich cen), a także pod względem obfitości typów i rodzajów (wielkości globalnego asortymentu).

Na drugim miejscu należy postawić małe obudowy metalowe. Są znane i wykonywane od dawna. Mają atrakcyjny wygląd, są trwałe, dobrze chronią zawartą wewnątrz elektronikę. Obecnie ich oferta rynkowa też jest bardzo szeroka, choć generalnie nieduże obudowy metalowe są coraz częściej zastępowane plastikowymi.

Na trzecim miejscu należy postawić duże obudowy i szafy, z reguły metalowe. Często są to systemy o znormalizowanych parametrach, żeby wspomnieć o popularnym 19-calowym systemie Rack.

Nie sposób omówić wszystkich interesujących i ważnych szczegółów, jednak warto przypomnieć choćby niektóre informacje:

Obudowy z tworzyw sztucznych występują w niezliczonych odmianach i wykonaniach. Nie trzeba zaglądać do opasłych katalogów znanej firmy Bopla. O różnorodności oferty wystarczająco świadczą oferty krajowych producentów. **Rysunek 2** to fragment strony internetowej www.maszczyk.pl, pokazującej obudowy plastikowe.

Przeciętny zjadacz chleba nie rozróżnia licznych występujących wokół nas tworzyw sztucznych i dla niego plastik to plastik. Tymczasem poszczególne tworzywa sztuczne mają odmienne właściwości. Obudowy do sprzętu elektronicznego można wykonać z najróżniejszych tworzyw sztucznych. Najtańsze są wyroby/obudowy polistyrenowe. Polistyren oznaczany jest skrótem PS i takie literki znajdziemy na niektórych obudowach i w specyfikacjach. Zmodyfikowaną, wysokoudarową odmianą polistyrenu jest HIPS (High Impact Polystyrene).

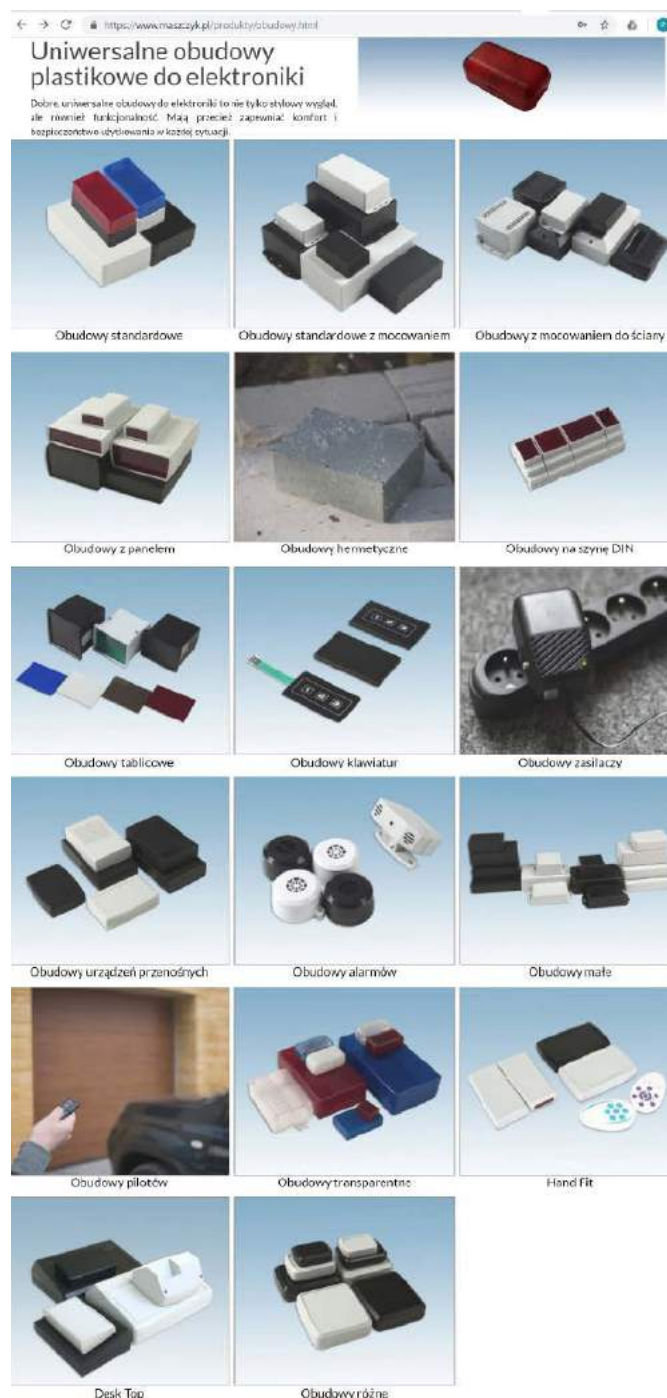


Fotografia 1. Płaska obudowa 3D (trójwymiarowa)

Pod względem estetycznym i pod niektórymi innymi nieco lepsze są obudowy z kolejnego bardzo popularnego tworzywa, o bardziej skomplikowanej strukturze chemicznej i procesie produkcji, nazywanego *poli(akrylonitryl-co-butadien-co-styren*, w uproszczeniu **Akrylonitryl/Butadien/Styren**, które jest powszechnie znane jako **ABS**.

W elektronice i elektryce wykorzystywane są też różne inne tworzywa, między innymi przezroczyste i odporne poliwęglany (PC), poliamidy (PA), poliimidy (PI), polietylen (PE) w różnych odmianach, w tym LDPE i HDPE, polipropylen (PP), polichlorek winylu (PVC, PCW), różne estry i poliestry, w tym PET poli(tereftalan etylenowy) wykorzystywany przede wszystkim w produkcji... butelek oraz PMMA, poli(metakrylan metylu) znany jako plexiglas, pleksi.

Niektóre obudowy wykonuje się z tworzyw z dodatkiem włókna szklanego, co polepsza właściwości mechaniczne, w tym odporność na uszkodzenia. Inne obudowy wykonywane są z wkładkami (fragmentami) silikonowymi ze względów ergonomicznych i estetycznych.



Rysunek 2. Przykłady obudów plastikowych

Z punktu widzenia konstruktora elektroniki istotne znaczenie ma przewodnictwo cieplne obudowy. Niestety, generalnie tworzywa sztuczne mają słabą przewodność cieplną. Co prawda można ją polepszyć za pomocą odpowiednich dodatków, ale nie jest to sposób optymalny. Gdy niezbędne jest zastosowanie szczelnej obudowy bez otworów, dobrze przekazującej ciepło do otoczenia, zdecydowanie lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie obudowy metalowej, najlepiej aluminiowej.

Przy wyborze obudowy z tworzywa trzeba też uwzględnić pewne właściwości nieelektroniczne, najogólniej biorąc trwałość. Z jednej strony dotyczy to twardości, elastyczności, uderzalności, co ma związek z wandalizmem. Z drugiej dotyczy odporności na czynniki atmosferyczne, w szczególności promieniowanie UV ze światła słonecznego, które powoduje degradację tworzyw sztucznych, ale w zdecydowanie różnym stopniu. Dziś coraz większe znaczenie mają też czynniki wizualne, więc przy wyborze obudowy warto skonsultować z producentem/dostawcą szczegóły dotyczące estetyki, dostępnej palety barw oraz różnych aspektów ich trwałości.

Obudowy metalowe znane są od dawna i wykorzystywane do dziś.

Jedną z istotnych zalet wszelkich obudów metalowych jest to, że zapewniają one ekranowanie (dla pola elektrycznego i elektromagnetycznego, a stalowe częściowo też dla magnetycznego), co w niektórych zastosowaniach jest bardzo ważne. W przypadku obudów plastikowych uzyskanie podobnych właściwości wymaga zastosowania dodatkowych środków, np. w postaci folii czy farb lub mas przewodzących.

Metalowa obudowa pod pewnymi warunkami może być radiator, jednak nie jest to takie oczywiste, jak mogłoby się wydawać.

Kiedyś obudowy metalowe składały się z prostokątnych kawałków blachy stalowej, rzadko aluminiowej oraz łączących kątowników i śrub. Można je było produkować za pomocą stosunkowo prostego parku maszynowego.

Dziś obudowy metalowe są coraz wymyślniejsze. Do dyspozycji mamy mniejsze i większe obudowy ze ściankami z prostych blach, a do tego mnóstwo wykonań z zastosowaniem najróżniejszych kształtowników, co daje atrakcyjne systemy modułowe. Dostępne są obudowy z blach (kształtowników) stalowych o różnym stopniu zabezpieczenia przed rdzą i wilgocią. Dostępne są też liczne obudowy aluminiowe. A w niektórych zastosowaniach wykorzystuje się obudowy ze stali nierdzewnej, a nawet kwasoodpornej.

Mniejsze obudowy metalowe z reguły wykonywane są z różnych odmian stopów aluminiowych. Niektóre wykorzystują wymyślne kształtki aluminiowe, a inne są po prostu odlewane z aluminium.

Małe obudowy metalowe, w szczególności aluminiowe, są bardzo atrakcyjne, zarówno ze względu na parametry techniczne jak i atrakcyjne wzorniczo, jednak są znacznie droższe od plastikowych.

Obudowy indywidualizowane

Oferta gotowych obudów jest aktualnie tak szeroka, że trudna do ogarnięcia, niemniej w wielu przypadkach nie udaje się znaleźć gotowej obudowy, w pełni spełniającej wszystkie wymagania.

Pierwszym sposobem rozwiązania problemu jest dobranie wersji najbliższej oczekiwaniom i dostosowanie jej do konkretnych potrzeb. Dziś większość producentów i dostawców obudów oferuje usługi związane z indywidualizacją. Oprócz wiercenia otworów, frezowania, zmiany materiału, jego koloru, faktury, dostępne są rozmaite systemy modułowe, gdzie obudowa o potrzebnej wielkości i formie zostaje złożona ze swego rodzaju znormalizowanych klocków.

W zakres indywidualizacji wchodzi też wykonanie eleganckiego frontu – płyty czołowej z otworami na kontrolki i wyświetlacz. W razie potrzeby frontu zawierającego także klawiaturę. Możliwości i oferty dotyczące indywidualizacji są szerokie i warto konsultować z producentami swoje potrzeby i oczekiwania.

Drugim sposobem uzyskania obudowy pod konkretne, specyficzne potrzeby jest wykonanie jej na zamówienie.

Obudowy na zamówienie – drukarki 3D

Jeśli ma to być obudowa metalowa z blachy, można zlecić wykonanie niemal dowolnej, z niezbędnymi wycięciami i przetłoczeniami.

Jeżeli chodzi o obudowy z tworzywa, znany od dawna, kosztowny sposób to zamówienie formy do wtryskarki, co oznacza koszty co najmniej kilkudziesięciu tysięcy złotych, a więc jest sensowne i opłacalne tylko w przypadku długich serii.

Od jakiegoś czasu dużo mówi się o wspomnianych na początku drukarkach 3D. Po pierwsze za pomocą tego typu drukarek można wykonać formy do wtryskarki. Drukarki 3D są różne, wykorzystując różne sposoby realizacji obiektu. Niektóre (MLS) mają możliwość drukowania elementów metalowych – form. Albo też metalowe formy uzyskuje się w sposób pośredni. Jednak są to formy nietrwałe, pozwalające wykonać kilkadziesiąt, najwyżej kilkaset wtrysków. Tego rodzaju rozwiązania są na razie bardzo mało popularne.

Coraz więcej mówi się natomiast o bezpośrednim drukowaniu obudów za pomocą drukarek 3D najpopularniejszego typu FDM (ale raczej nie FFF – Rep-Rap) i popularnego tworzywa – filamentu ABS. Jeszcze niedawno była to raczej ciekawostka i ekstrawagancja, ale stopniowo ceny spadają, a jakość się polepsza z uwagi na lepszy sprzęt i rosnące doświadczenie wytwórców. Drukowanie pojedynczych egzemplarzy (na przykład do prototypów) lub bardzo krótkich serii obudów do sprzętu elektronicznego za pomocą drukarek 3D w nielicznych przypadkach okazuje się rozwiązaniem optymalnym. Z uwagi na koszty przygotowania projektu 3D, ceny materiałów i wykonania nadal jest to rozwiązanie kosztowne (co najmniej kilkaset złotych za sztukę). Niemniej już teraz warto interesować się ofertami druku 3D.

Oczywista oczywistość?

Wielu współczesnych elektroników pamięta jeszcze czasy, gdy jedyną, w miarę dostępną obudową, było... plastikowe pudełko (na drobne akcesoria) od maszyny do szycia. Większe obudowy, zarówno dla konstrukcji amatorskich, jak i profesjonalnych, robiono z blachy w mniej lub bardziej estetyczny sposób.

Dziś rynkowa oferta obudów i tych gotowych i mniej lub bardziej indywidualizowanych, jest zaskakująco szeroka. Wybór jest ogromny i dziś podstawowym problemem okazuje się ogarnięcie umysłem całości, uchwycenie kluczowych cech, różnic, zalet i wad, żeby z nieprzebranego mnóstwa możliwości wybrać to, co w danym przypadku jest optymalne. Nietrudno też w dzisiejszych czasach silnej rynkowej konkurencji wyobrazić sobie fatalne skutki zastosowania niewłaściwej obudowy.

Niewątpliwie jednym z najważniejszych aspektów jest cena. Ceny obudów obejmują więcej niż trzy rzędy wielkości: od powiedzmy



Fotografia 3. Obudowa pyłoszczelna i wodoszczelna

dwóch złotych do kilku tysięcy złotych. Cena nie przekłada się liniowo na jakość i atrakcyjność. W grę wchodzi też między innymi estetyka, precyzja wykonania, trwałość, posiadanie certyfikatów zgodności z normami, renoma producenta i inne.

Kolejnym bardzo ważnym w praktyce aspektem okazuje się dostępność, czyli gwarancja szybkiej dostawy.

Jednak cena, jakość i dostępność to nie wszystko. Warto przypomnieć na pozór oczywiste pytanie:

do czego służy obudowa?

Otóż ewidentnie jej zadaniem jest zabezpieczyć i chronić. Tak, ale konkretnie: co, kogo, przed czym lub przed kim chronić?

1. Na pewno obudowa ma chronić układ elektroniczny **przed niekorzystnym wpływem środowiska**, w szczególności kurzu, pyłu oraz wody (wilgoci). Ale nie tylko!
2. Obudowa ma też **chronić człowieka** (przed elektroniką)! Żeby elektronika, a konkretnie prąd elektryczny nie wyrządził szkody człowiekowi.
3. W licznych przypadkach obudowa ma też **chronić elektronikę przed człowiekiem** (wandalizm).

Jak wiedzą prawie wszyscy, dwa pierwsze punkty są nierozłącznie powiązane z międzynarodowym oznaczeniem (klasyfikacją) IP, gdzie IP jest tłumaczone jako International albo Ingress Protection Rating/Marking. Dana obudowa ma stopień ochrony określony za pomocą dwóch liter IP, dwóch cyfr, przy czym na końcu może jeszcze wystąpić dodatkowa litera lub dwie (A, B, C, D, H, M, S, W).

Najważniejsze znaczenie mają dwie cyfry następujące po literach IP. Pierwsza dotyczy ochrony przed wnikaniem z zewnątrz obcych ciał stałych, druga – wnikaniem wody.

Cyfra zero to brak ochrony. Pierwsza cyfra równa 2 oznacza ochronę przed dostępem do części niebezpiecznych palcem (ciałami stałymi o średnicy 12,5 mm i większej). Pierwsza cyfra maksymalnie może być równa 6, co oznacza ochronę przed dostępem do części niebezpiecznych drutem i pyłoszczelność.

Druga cyfra często ma wartość 0, co oznacza brak ochrony przed wodą. Cyfra 4 oznacza ochronę przed silną strugą wody (100 l/min) laną na obudowę z dowolnej strony. Najwyższa liczba 8, najogólniej biorąc świadczy o ochronie przed skutkami ciągłego zanurzenia w wodzie. Wiele obudów ma stopień ochrony IP20, czyli brak ochrony przed kurzem i wodą. Dość często spotyka się obudowy o stopniu ochrony IP44, IP65, IP66, IP67. Ogólnie biorąc, najwyższy stopień ochrony to IP68 (obudowa pyłoszczelna, odporna na zanurzenie w wodzie). Jednak od jakiegoś czasu pojawiają się obudowy (i sprzęt elektroniczny) z oznaczeniem IP69K, zasadniczo dotyczącym sprzętu, który chroniony jest też przed bardzo silnym strumieniem wody (np. z myjki ciśnieniowej). Przykład na **fotografii 3** (Rittal).

Tu koniecznie trzeba wspomnieć o obudowach hermetycznych. Jest to określenie ogólne, nieścisłe. W zasadzie oznacza ono, że obudowa jest szczelna, uszczelniona. Ale w jakim stopniu?

Za obudowę hermetyczną od biedy można byłoby uznać taką z IP44, ale zazwyczaj określenie to używane jest w odniesieniu do obudów o stopniu ochrony co najmniej IP65, przy czym różnica między IP67 i IP68 może być znikoma lub żadna.

W praktyce największym wrogiem elektroniki okazuje się nie kurz, nie krople czy strumień wody, tylko wilgoć i inne substancje chemiczne zawarte w powietrzu. Jeżeli urządzenie ma długo pracować w trudnych warunkach, przy dużej wilgotności i w oparach substancji chemicznych, do wyboru obudowy hermetycznej należy podejść wyjątkowo poważnie i nie opierać się tylko na oznaczeniu IP. Konieczna może być konsultacja, i to nie z jednym dostawcą, tylko porównanie kilku ofert i zaleceń producentów/dystrybutorów.

O ile klasyfikacja IP jest znana, o tyle mniej osób wie, co to jest klasyfikacja IK. IK to miara odporności mechanicznej. Ma ona związek z trzecim wspomnianym punktem: ochroną przed wandalizmem. Skala IK jest jedenastostopniowa, a stopień ochrony mechanicznej określa dwucyfrowa liczba w zakresie od 00 do 10, czyli można spotkać oznaczenia IK00...IK10. IK00 to brak ochrony, a wzrastające liczby wskazują na dopuszczalną/bezpieczną energię uderzenia, wyrażaną w dżulach oraz podawaną w postaci ciężaru (masy) młotka i wysokości uderzenia. I tak przykładowo IK01 wskazuje na ochronę przed uderzeniami o energii do 0,15 J i upadkiem na obudowę obiektu o masie 0,3 kg z wysokości 7,5 cm. Klasa IK06 oznacza ochronę przed udarami o energii do 1 dżula i upadku na obudowę ciała (młotka) o masie 0,5 kg z wysokości 20 cm. Najwyższy unormowany stopień ochrony IK10 (wandaloodporność) to brak uszkodzeń przy energii uderzenia 20 J i upadku młotka o masie 5 kg z wysokości 40 cm.

Międzynarodowe klasyfikacje IP, IK niewątpliwie są bardzo pomocne przy wyborze obudowy, jednak przy wysokich wymaganiach, oprócz cyferek klasyfikacyjnych zapewne trzeba będzie wziąć pod uwagę także inne praktyczne czynniki, najprawdopodobniej o konsultacji z producentem/dostawcą obudów.

Nos dla tabakierzy?

Kwestia ogólnej orientacji, poznanie zarówno aspektów technicznych, jak i finansowych to niewątpliwie kluczowy aspekt zagadnienia. Jednak nie mniej istotny, a nadal nie zawsze doceniany, nie zawsze uwzględniany jest inny ważny aspekt. Wprowadzeniem niech będzie znany wiersz Wyrok, autorstwa Ignacego Krasickiego:

Czy nos dla tabakierzy, czy ona dla nosa?

Była wielka dysputa ze starym młokosą.

Na złotnika sąd przyszedł; bezwzględny, a szczerzy,

Dał wyrok nieodwołalnie: nos dla tabakierzy.

Przykłady i porównania są o tyle dobre, o ile nie są analizowane zbyt wnikliwie i nie wywołują niepotrzebnych skojarzeń. W kontekście naszych dotychczasowych rozważań problem może dotyczyć

REKLAMA

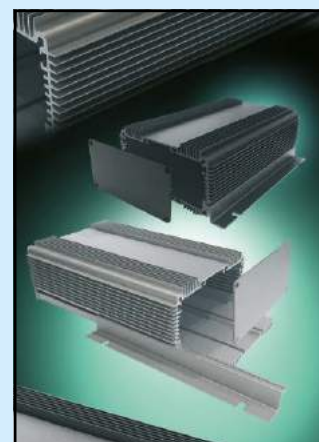


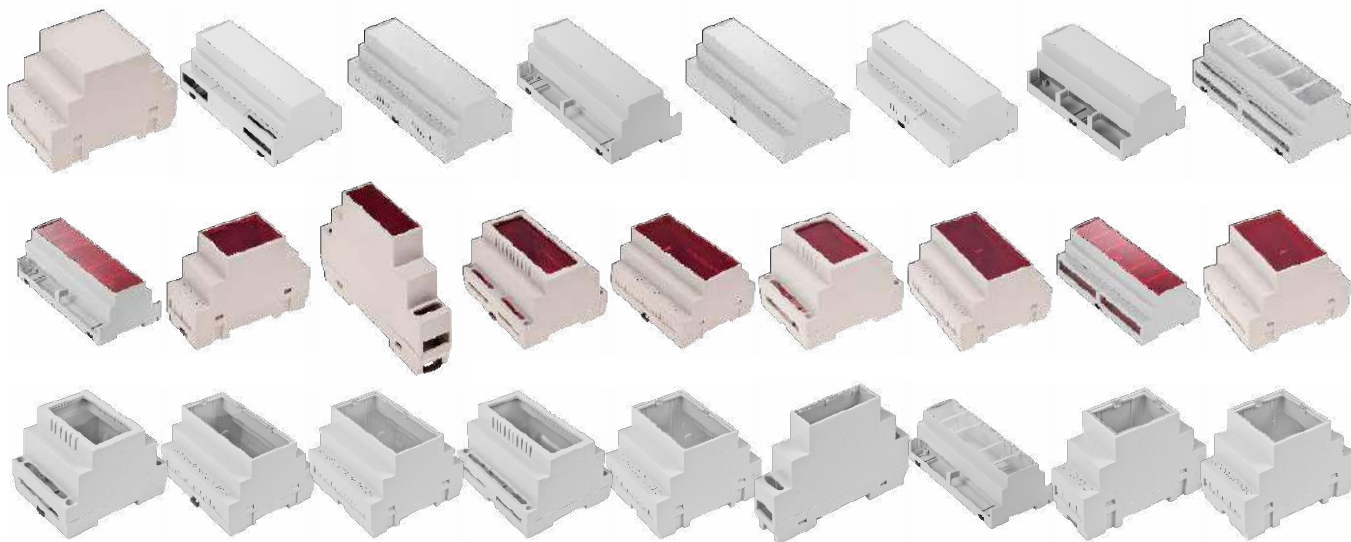
Obudowy wyciskane: standardowe i radiatory

Ponad 5000 różnych stylów obudowy:
hammfg.com/electronics/small-case

+44 1256 812812

sales@hammondmfg.eu





Fotografia 4. Obudowy na szynę DIN

następującej kwestii: **co jest ważniejsze: obudowa czy układ elektroniczny (w praktyce płytka)?**

Wbrew pozorom, pytanie wcale nie jest bezsensowne, zwłaszcza w obecnej sytuacji rynkowej. Co najwyżej mało ściśle zostało powyżej użyte słowo *ważniejsze*. Absolutnie nie chodzi o jakieś aspekty ambicjonalne. Ale niewątpliwie wielu elektroników konstruktorów ma głęboko zakorzenione przekonanie, iż kluczowe znaczenie ma układ elektroniczny i jego parametry. I w wielu przypadkach tak jest.

Jednak zasygnalizujmy dwie dziedziny, gdzie to właśnie obudowa, a nie elektronika może mieć decydujące znaczenie.

Jedna taka dziedzina to sprzęt powszechnego użytku oraz rozmaite gadżety produkowane i sprzedawane w bardzo dużej liczbie. Tu atrakcyjna obudowa może być najważniejszym czynnikiem sukcesu rynkowego albo też przyczyną porażki.

Druga dziedzina to rozmaite urządzenia specjalistyczne, mające pracować w trudnych warunkach, gdzie obudowa na przykład powinna być hermetyczna czy wandaloodporna. Obudowa, a nie elektronika, zadecyduje tam o praktycznej trwałości konstrukcji.

W niektórych zastosowaniach i dla części Czytelników te zagadnienia być może są oczywiste. Jednak praktyka, w tym opinie producentów i dystrybutorów obudów wskazują na częste braki w tym zakresie.

Otóż nie zawsze realizacja od pomysłu do przemysłu jest powierzana dużemu zespołowi kompetentnych fachowców z różnych dziedzin. Często pomysł, idea jest przedstawiana elektronikowi konstruktorowi i to on jest najważniejszą postacią w procesie projektowym. I tu rysuje się problem związany z szeroko pojętym tematem doboru obudowy!

Owszem, problemu może nie być. Oto przykład: konstruowane urządzenia są przeznaczone do montażu na szynie DIN (typ O, czyli TS-35). Wtedy w grę wchodzi zasadniczo tylko dwie kwestie. Jedną jest wybór materiału (polistyren, ABS) oraz wybór producenta obudowy, a tym samym jakości wykonania. Drugą oczywistą kwestią jest ustalenie szerokości – liczby zajmowanych modułów. **Rysunek 4** to fragment strony internetowej Kradexu.

Ale w innych przypadkach oparcie całości projektu na elektroniku/elektronikach może być błędem o poważnych skutkach. I to wcale nie z winy konstruktora elektronika.

W ostatnich latach elektronika rozwija się wyjątkowo szybko. Technika cyfrowa z jej licznymi nowymi rozwiązaniami, nowe technologie, coraz większa miniaturyzacja wymagają od konstruktorów ogromnej, coraz większej wiedzy. Wszechogarniająca technika cyfrowa spowodowała, że wielu dzisiejszych konstruktorów bardziej jest informatykami niż elektronikami. A jak wiadomo, w informatyce powszechne jest korzystanie z gotowców, gotowych fragmentów kodu i gotowych modułów.

Przeniesienie tego na grunt elektroniki: bezkrytyczne korzystanie z gotowców i katalogowych rozwiązań, jest jednak z kilku powodów ryzykowne.

Zwiększanie częstotliwości w technice cyfrowej wymaga od dobrego konstruktora opanowania nowych trudnych dziedzin, takich jak *signal integrity* czy *power integrity*.

W każdym przypadku trzeba spełnić wymagania dotyczące EMC – kompatybilności elektromagnetycznej, by urządzenie ani nie generowało nadmiernych zakłóceń, ani nie było wrażliwe na zewnętrzne zakłócenia o dopuszczalnych poziomach. Dotyczy to zarówno zakłóceń w postaci pól elektromagnetycznych (fal radiowych), jak i zakłóceń przewodowych występujących w sieci energetycznej.

Każdy konstruktor musi też uwzględnić kwestie bezpieczeństwa, izolacji galwanicznej, w praktyce licznych przepisów, odmiennych dla różnego rodzaju sprzętu elektronicznego.

W niektórych przypadkach trzeba rozwiązać coraz bardziej złożone problemy termiczne, związane ze stosowaniem nowoczesnych elementów półprzewodnikowych w obudowach wymagających nowych, specyficznych sposobów odprowadzania ciepła.

Ogromny, szeroki temat do dyskusji to powszechna cyfryzacja, a u wielu młodych konstruktorów brak wiedzy i doświadczenia w zakresie prawidłowego połączenia elementów techniki analogowej i cyfrowej.

I do tego jeszcze obudowy!

W nawale problemów wymagających rozwiązania podczas procesu projektowego kwestia doboru obudowy może wyglądać na mało ważną: trzecio- czy czwartoplanową. Właśnie w związku z wymaganą ogromną wiedzą z zakresu czystej elektroniki istnieli, istnieją i będą istnieć konstruktorzy z krwi i kości, bardzo zdolni, a może wręcz genialni, jednak nastawieni tylko na aspekty układowo-płytkowe.

Jeżeli nie czują oni znaczenia prawidłowego doboru obudowy, mogą się boleśnie przekonać, że zaniedbanie, a nawet tylko niedopracowanie w tym zakresie, może mieć poważne konsekwencje praktyczne.

Wróćmy do przykładu z obudowami na szynę DIN. Zasadniczo urządzenia na szynę DIN są znormalizowane, jednak przeznaczone do tego obudowy nieco różnią się szczegółami, a nawet wymiarami, zwłaszcza wewnętrznymi, o czym przekonał się niejeden konstruktor, chcący wykorzystać każdy milimetr miejsca. W grę wchodzi też na pozór drobne szczegóły wykonania, które mogą ułatwić lub utrudnić projektowanie, montaż i obsługę. Nawet tu mogą wystąpić kłopoty. Nie wszystkie obudowy na szynę DIN są jednakowo estetyczne i jednakowo łatwe do wykorzystania.

Tym bardziej dotyczy to innych obudów. Jedną sprawą to efektowny wygląd, istotny z punktu widzenia handlowego. Drugą sprawą

to wygodna i przyjazna bieżąca obsługa, ważna dla użytkownika. Trzecia, często niedoceniana kwestia dotyczy wygody montażu i demontażu oraz podatności serwisowej. Niejeden z nas przekonał się, jak ważne okazują się na pozór drobne szczegóły dotyczące kwestii mechanicznych i serwisowych. Niestety, zbyt często podczas projektowania zwraca się na to za mało uwagi.

Czwarta sprawa dotyczy realnej trwałości (utrzymania pierwotnego wyglądu i parametrów) w dłuższym czasie. Czy po doświadczeniach dłuższego okresu eksploatacji klient ponownie zakupi dany sprzęt, czy poszuka czegoś podobnego u innego dostawcy? Dwie obudowy mogą być nazwane wandaloodpornymi albo hermetycznymi. Mogą mieć takie same oznaczenia IP oraz IK, ale ich rzeczywista trwałość i odporność może znacznie się różnić, zwłaszcza po kilku latach pracy w niesprzyjających warunkach. Życie pokazuje, że często o rzeczywistej atrakcyjności sprzętu decydują drobne, nieoczywiste szczegóły dotyczące mechaniki i obudowy.

Niestety, nie ma tu prostych reguł, tym bardziej że w grę wchodzi presja cenowa. Niemniej obowiązkowo należy zastanowić się nad pytaniem:

**od czego zaczynać projektowanie urządzenia:
od elektroniki i płytki, czy od obudowy?**

Owszem, nie zawsze to pytanie jest aktualne. Często nie można podjąć finalnej decyzji co do obudowy przed powstaniem i gruntownym przebadaniem prototypowej wersji płytki. Jednak **kwestie obudowy powinny być przemysłane i ustalone jak najwcześniej, być może w kilku wariantach**.

W takich przypadkach, jak wspomniane obudowy na szynę DIN, decyzja jest łatwa. Jednak w wielu innych przypadkach naprawdę ważną kwestią praktyczną jest jak najwcześniejsze ustalenie nie tylko typu obudowy, ale też rozmieszczenia gniazd, kontrolki, wyświetlacza, przycisków, klawiatury, itp.

Dziś standardem jest, że dostawcy oferują ogromny wybór obudów i od razu wykonanie niezbędnych otworów, frontów i klawiatur. Jednak nie należy z tym czekać aż do powstania płytki.

Naprawdę warto rozważyć szczegóły związane z wygodą produkcji, użytkowania i serwisowania.

Konstruktor elektronik może mieć skłonność do stosowania prymitywnych obudów w formie pudełka albo wprost przeciwnie – zaszaleje i zaproponuje jakąś bardzo wymyślną obudowę. W obu przypadkach warto mu uświadomić inne ważne aspekty zagadnienia dotyczące: estetyki, finansów, dostępności (terminów i czasów oczekiwania), a także mechaniki, realnej trwałości, wygody użytkowania i serwisowania.

Jeżeli elektronik konstruktor ma skłonności, żeby przykładać za małą wagę do takich wstępnych ustaleń związanych z obudową, inne odpowiedzialne za projekt osoby powinny tych szczegółów dopilnować. I to na jak najwcześniejszym etapie projektu!

Omówiliśmy bardzo ważny punkt, a oto kolejny:

Klawiatury i fronty

Obudowę bez odpowiedniego frontu, opisu i manipulatorów można uznać za niekompletną. Producenci obudów z reguły mają w ofercie różne usługi związane z wykonywaniem frontów i klawiatur dokładnie pod potrzeby klienta.

Dla tych, którzy jakimś cudem jeszcze o tym nie wiedzą, krótka informacja: eleganckie fronty, skale oraz klawiatury można wykonać w stosunkowo prosty, a więc i tani sposób w postaci naklejek, składających się z kilku cienkich warstw, bazujących na przezroczystej, bezbarwnej folii poliesterowej albo poliwęglanowej. Na folii naniesione są różne warstwy, w tym kolorowa warstwa opisu oraz klej. Całość ma grubość od 0,2 mm wzwyż i jest naklejką na obudowę.

Tak właśnie, w formie cienkich naklejek, można zrealizować fronty, zawierające jedynie grafikę, elementy opisu i przezroczyste okna na wyświetlacze, ale też klawiatury. Zanim wspomnimy o szczegółach, rozszerzmy temat klawiatur. Wielu osobom



Fotografia 5. Przykłady klawiatur mechanicznych

nadal kojarzą się nie z cieniutkimi naklejkami foliowymi, tylko z czymś dużo większym i grubszym. Klawiatury możemy podzielić na główne grupy:

1. klawiatury mechaniczne,
2. klawiatury membranowe (foliowe),
3. klawiatury silikonowe,
4. klawiatury/ekrany dotykowe.

Przykład popularnej, prostej, uniwersalnej **klawiatury mechanicznej** znajdziesz na fotografii 5.

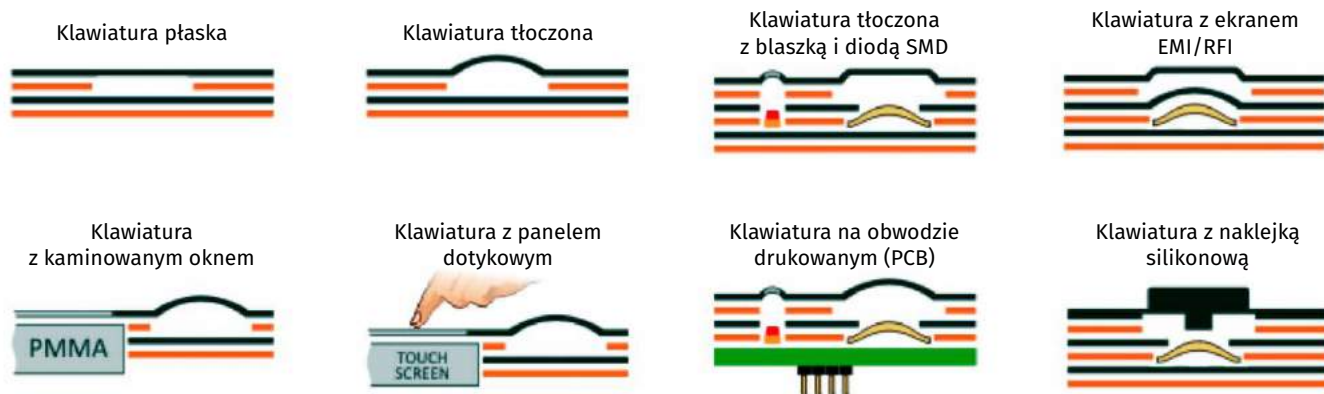
Tutaj w roli elementów stykowych zastosowane są powszechnie znane przyciski, zwane słusznie czy niesłusznie mikroswitchami. Lepsze klawiatury mechaniczne mają elementy stykowe wyższej jakości, w skrajnym przypadku mogą to być małe kontaktrony pobudzane magnesem. Generalnie klawiatury mechaniczne dobrej jakości są stosunkowo drogie i przez to niezbyt często wykorzystywane. Przykładem są zastosowania, gdzie kluczową sprawą jest wandaloodporność – wtedy przyciski i klawiatury mechaniczne okazują się najskuteczniejszym i najtrwalszym rozwiązaniem.

Jednak we współczesnym sprzęcie elektronicznym niewątpliwie najpopularniejsze są **klawiatury membranowe (foliowe)**. Jak było wspomniane wcześniej, taka klawiatura to front, naklejka frontowa, wzbogacona o funkcję klawiatury. **Fotografia 6** to fragment strony <http://www.qwerty.com.pl>.



Fotografia 6. Przykłady klawiatur membranowych

Poniżej przedstawiamy kilka standardowych schematów konstrukcyjnych klawiatur membranowych.



Horizon Technologies > Oferta > Klawiatury membranowe

Rysunek 7. Budowa różnych odmian klawiatur membranowych

Sam front w wersji minimalnej mógłby składać się z przezroczystej folii, na którą naniesiono warstwę opisu i warstwę kleju, co stworzy samoprzylepną naklejkę. Warstwa opisu powinna być naniesiona nie na powierzchnię zewnętrzną, gdzie łatwo ją zetrzeć, tylko od strony wewnętrznej, między folią nośnikiem, a warstwą kleju. Warstwa opisowa może być nanoszona rozmaicie. Tanie i popularne jest wykorzystanie sitodruku ze wszystkimi jego zaletami i wadami. Sitodruk i metody pokrewne ograniczają liczbę możliwych do uzyskania kolorów. Problemu tego nie ma przy bardziej zaawansowanych metodach nakładania barwników na folię. Na przykład wykorzystanie specjalizowanych drukarek pozwala uzyskać dowolne barwy frontów, także obrazy fotograficzne, praktycznie bez ograniczeń w zakresie kolorów i odcieni.

W przypadku klawiatury membranowej, foliowej (określenia te są stosowane wymiennie) oprócz kleju i warstwy opisu na pewno muszą dojść warstwy przewodzące, najogólniej biorąc wykonywane z pomocą pasty przewodzącej (ze srebrem), nanoszonej na przykład za pomocą sitodruku. I takie klawiatury są często realizowane, a ich grubości zaczynają się od 0,5 mm. Element czynny (stykowy) takiej klawiatury to cienkie warstwy przewodzące, normalnie oddalone od siebie o ułamek milimetra. Naciśnięcie folii powoduje ich zwarcie. Często klawiatury realizowane są jako matrycowe, składające się z pewnej liczby rzędów i kolumn, więc naciśnięcie klawisza oznacza zwarcie jednej z linii kolumn z jedną z linii rzędów (wierszy). Nie jest to czyste zwarcie, ponieważ przewodnictwo takich warstw jest niezbyt dobre, warstwy są cienkie, niekiedy niemal przezroczyste, dlatego rezystancje robocze klawiatur membranowych mogą przekraczać 100 omów. Ogromną zaletą takich prostych klawiatur jest trwałość, rzędu kilkunastu milionów naciśnień każdego klawisza.

Jedną z ważniejszych cech wszelkich klawiatur jest sygnalizacja albo brak sygnalizacji zadziałania klawisza. Mówi się, że omówione właśnie proste klawiatury są nieme, bo brak w nich sygnalizacji naciśnięcia klawisza. Nie ma też dodatkowego zaznaczenia umiejscowienia klawisza. Jednak w zewnętrznej folii można wykonać przetłoczenia. Takie przetłoczenia mogą służyć jako dodatkowe wskazanie umiejscowienia, jako obwódka klawisza. Mogą też być wypukłymi przetłoczeniami, które dodatkowo zapewnią klik, czyli sygnalizację zadziałania klawisza. Klawiatury membranowe mogą również zawierać sprężyste metalowe wkładki, które oprócz roli przewodzącego elementu stykowego zapewnią efekt klik. Czasem takie metalowe wkładki nazywane są membranami lub membrankami, co może budzić wątpliwości. Jednak określenie *klawiatury membranowej* obejmuje wszystkie klawiatury foliowe, także te bez dodatkowych blaszanych wkładek.

Co ważne, takie bardziej skomplikowane i droższe wersje klawiatur z przetłoczeniami i wkładkami metalowymi są nie tylko droższe, ale znacznie mniej trwałe (liczba zadziałań klawisza rzędu 1 miliona, czyli co najmniej o rząd wielkości mniej niż najprostszymi płaskimi).

Klawiatury membranowe mogą mieć też wbudowane jeszcze inne elementy dodatkowe. I tak prostymi metodami można na wybrane obszary nanieść specyficzną substancję, rodzaj izolatora, który umieszczony między dwoma warstwami przewodzącymi świeci pod wpływem zmiennego pola elektrycznego, dając interesujący efekt. Świecące kondensatory to tak zwane lampy EL. Wiadomo, że w obecności zmiennego pola elektrycznego w dielektryku każdego kondensatora występują straty w postaci ciepła. W tym przypadku część energii pola elektrycznego jest zamieniana na promieniowanie elektromagnetyczne – na światło. Kolor wytwarzanego światła zależy od składu dielektryka. Tak podświetlane klawiatury wymagają zasilania napięciem zmiennym o częstotliwości zwykle kilkuset herców i napięciu ponad 100 V.

Podświetlenie można też zrealizować, umieszczając w warstwach klawiatury miniaturowe diody LED SMD. Budowę różnych odmian klawiatur membranowych pokazuje **rysunek 7**, fragment strony <http://horizontech.pl>.



Rysunek 8 Przykład urządzenia, w którym płyta główna elektroniki pełni funkcję dolnej warstwy klawiatury



Fotografia 9. Przykłady klawiatur silikonowych

Do budowy mogą być wykorzystane różne odmiany przezroczystych folii, ale dolną warstwę może też stanowić laminat FR-4, stosowany także w płytkach drukowanych o grubości od ułamka milimetra do ponad milimetra. Wtedy na warstwie laminatu mogą być wykonane miedziane ścieżki, których przewodnictwo elektryczne jest wielokrotnie lepsze niż przewodzących past z zawartością srebra. **Rysunek 8** pokazuje budowę urządzenia, w którym płyta główna elektroniki pełni funkcję dolnej warstwy klawiatury.

Oferta klawiatur membranowych jest ogromna, począwszy od prostych modeli standardowych, uniwersalnych, do dowolnie skomplikowanych, pełnokolorowych, realizowanych pod konkretne zamówienie.

Klawiatury silikonowe wykonane są z przypominającego gumę bardzo elastycznego tworzywa sztucznego, zawierającego związki krzemu, stąd ich nazwa. Przykład na **fotografii 9** pochodzi ze strony krajowego producenta <https://lcelektronik.com>.

Styki przewodzące prąd elektryczny przy naciśnięciu realizowane są w nich w rozmaity sposób, między innymi z użyciem wkładek z materiału przewodzącego.

Klawiatury silikonowe nadal są atrakcyjne w niektórych zastosowaniach. Nadal bardzo popularne są klawiatury membranowe (foliowe). Jednak od kilku lat coraz częściej mamy do czynienia z jeszcze innym rodzajem klawiatur. Przyzwyczailiśmy się do nich we wszechobecnych już dziś smartfonach i tabletach. Mianowicie mówimy o **ekranach dotykowych**, ale jest to określenie niezbyt ścisłe. Mamy tu bowiem połączenie dwóch oddzielnych elementów: wyświetlacza LCD oraz klawiatury dotykowej, naklejonej na takim wyświetlaczu. Taka klawiatura dotykowa jest cienka i praktycznie przezroczysta. Przykład na **rysunku 10** ze strony dystrybutora <http://www.jm.pl>.

Na pierwszy rzut oka wygląda to podobnie jak w omawianych klawiaturach membranowych, gdzie też mamy do czynienia z cieniutkimi warstwami przewodzącymi. Owszem, pewne podobieństwa istnieją, ale zdecydowanie różne są podstawowe zasady działania.

Mianowicie w klawiaturze membranowej mamy szereg styków umieszczonych w kolumnach i rzędach, a zadaniem kontrolera jest wykrycie zwarcia, połączenia określonego styku. W dotykowych klawiaturach ekranowych chodzi o jak najdokładniejsze określenie współrzędnych 2D, czyli dwuwymiarowych (sic!) tego punktu ekranu, który został dotknięty.

Dlatego określenie klawiatura jest tu mniej trafne niż **panel dotykowy**. Panele dotykowe wykonywane są albo jako rezystancyjne, albo pojemnościowe.

Panele takie nie mają nic wspólnego z sensorami ze starych radioodbiorników i telewizorów, gdzie wymagany był kontakt czujnika z palcem. Tam sensor rezystancyjny wykrywał przepływ prądu przez palec, łączący dwa pola kontaktowe. Natomiast sensor pojemnościowy wykorzystywał znikomy prąd zmienny o częstotliwości 50 Hz, indukowany w ciele człowieka i wszystkich przewodnikach pod wpływem sieci energetycznej.

Współczesne panele rezystancyjne i pojemnościowe nie wymagają bezpośredniego kontaktu elektrycznego. Te pierwsze do określenia punktu, który został dotknięty, wykorzystują zasadę podobną do tej stosowanej w klawiaturach membranowych, jednak wykrywany jest nie tyle sam fakt zwarcia, połączenia styków, tylko dokonywany jest pomiar rezystancji, a raczej stosunków rezystancji. I właśnie wielkość zmierzonej rezystancji między odpowiednimi punktami – elektrodami po skalibrowaniu umożliwia określenie współrzędnych dotkniętego punktu. Panele rezystancyjne działają na takiej stosunkowo prostej zasadzie (pomiaru rezystancji), jednak mają kilka wad, między innymi niektóre wymagają stosowania rysików.

Trudniejsze do realizacji, znacznie trudniejsze do obsłużenia (technicznego) są panele pojemnościowe. Najogólniej biorąc, wykorzystują one znikomo małe zmiany pojemności między składnikami panelu, co oznacza, że muszą pracować z sygnałami pomiarowymi o dużej częstotliwości. Pomimo trudności technicznych, pozwalają precyzyjnie zidentyfikować miejsce dotknięcia palca, a nawet tylko zbliżenia palca. Co ważne, panele pojemnościowe pozwalają też wykryć jednoczesne dotknięcie kilku punktów (wielodotyk), co jest wykorzystywane w smartfonach, a ponieważ nie wymagają nacisku, mogą być umieszczone za szybą ochronną. To z kolei jest bardzo istotne z punktu widzenia trwałości i wandaloodporności.

Panele dotykowe zasadniczo mogą być naklejone na obudowę podobnie jak fronty i klawiatury membranowe. Dostępne są autonomiczne panele dotykowe (rysunek 10), jednak ich optymalnym wykorzystaniem jest współpraca z wyświetlaczami. Oferta wyświetlaczy z fabrycznie zintegrowanym panelem dotykowym, czyli ekranów dotykowych, rośnie. Jest to niewątpliwie atrakcyjna alternatywa, jednak ze względu na ceny nadal najlepszym rozwiązaniem bardzo często okazuje się klawiatura membranowa, ewentualnie współpracująca z pojedynczymi diodami LED albo z jakimś tanim wyświetlaczem LED lub LCD.

Współpraca z producentem/dostawcą

Dobór obudowy do urządzenia elektronicznego często okazuje się, albo wręcz musi być, procesem wieloaspektowym i dość skomplikowanym, dlatego należy się tym zająć jak najwcześniej!

Z uwagi na ogrom oferty rynkowej oraz liczne dodatkowe czynniki, warto przy wyborze obudowy konsultować się z producentem lub producentami albo kompetentnymi dystrybutorami.

Piotr Górecki

Niezabezpieczona | www.jm.pl/idm,868,kat,288,panele-dotykowe.html

Symbol JM Elektronik Skrócony opis	Obudowa	Producent	Ilość w opakowaniu	Karta katalogowa	Dodaj do zapytania
IR19.0/USB 80 Panel Dotykowy 19.1" IR 3.0mm standard USB więcej »		IRTouch	1	PDF	dodaj
RTPC070W-A30BP1-U Panel Dotykowy 7" W Black PMMA 3.0mm USB więcej »			1	PDF	dodaj
KD-007 Panel Dotykowy 7,0" resistive 4-wires więcej »			1	PDF	dodaj
RTPC170-A30BP1-U Panel Dotykowy 17" Black PMMA 3.0mm USB więcej »		ROCKTOUCH	5	PDF	dodaj
RTPC170-A60WC1-U Panel Dotykowy 17" White Ceramic 6.0mm USB więcej »		ROCKTOUCH	5	PDF	dodaj
RTPC121-A30BP1-U		ROCKTOUCH	1	PDF	dodaj

Rysunek 10. Przykład panelu dotykowego

Dylemat konstruktora

Specjalizacją naszej firmy są systemy rekuperacji budynkowej. Stale udoskonalamy nasze produkty zarówno funkcjonalnie, jak i od strony obsługi i wzornictwa. W odpowiedzi na oczekiwania klientów najnowsza seria paneli sterujących będzie wyposażona w interfejs dotykowy. Poszukujemy producenta paneli dotykowych, który pomoże nam w realizacji zamierzonego celu.

Polecane rozwiązanie

Wybór odpowiedniej technologii ma niebagatelny wpływ na ostateczny sukces produktu. Dlatego istotnym elementem jest wybór sprawdzonego i doświadczonego partnera, który od samego początku będzie w stanie udzielić wsparcia w zakresie prowadzonego projektu. Pracownicy Horizon Technologies z przyjemnością podzielą się swoją wiedzą zarówno w zakresie technologicznym, jak i szeroko pojętego wzornictwa przemysłowego. Firma skoncentrowała się na rozwoju technologii paneli dotykowych, paneli pojemnościowych, klawiatur membranowych oraz sposobów na ich podświetlenie. Jako jedna z nielicznych firm w Polsce posiada technologię LGF (Light Guide Film), która umożliwia podświetlenie całej klawiatury foliowej zaledwie kilkoma diodami SMD (Side-View LED) oraz technologią umożliwiającą całkowitą integrację paneli dotykowych z klawiaturami membranowymi przy wykorzystaniu technologii OCA Lamination (Optical Clear Adhesive), która zachodzi w pomieszczeniu typu cleanroom.



... Więcej informacji

Horizon Technologies od lat wspiera producentów urządzeń elektronicznych w procesie wprowadzania nowych projektów na rynek oraz zapewnia ciągłość produkcji, dostarczając niezbędne komponenty lub kompleksowe rozwiązania. Firma funkcjonuje na rynku, reagując na zmiany zachodzące zarówno w obszarze potrzeb związanych z procesem tworzenia projektu, jak i wymagań stawianych przed docelowym urządzeniem elektronicznym.



Publikacje:

www.elektronikab2b.pl:

- Horizon Technologies. Efekt motyla, czyli wszystko ma znaczenie
- Ewolucja, a nie rewolucja, czyli nowe trendy na rynku klawiatur
- Wszechstronne podejście w obszarze projektowania istotnym elementem sukcesu

Kontakt:

Horizon Technologies Sp. z o.o.
ul. Walczaka 25
66-400 Gorzów Wielkopolski
tel. +48 95 782 12 11, www.horizontech.pl
biuro@horizontech.pl

Dylemat konstruktora

Specjalizacją naszej firmy są instalacje alarmowe i monitoring obiektów przemysłowych. Nasze systemy muszą być przystosowane do pracy w trudnych warunkach – mogą być narażone na wilgoć, zapylenie, nasłonecznienie i szeroki zakres temperatur. Poszukujemy dostawcy solidnych obudów z tworzywa ABS, hermetycznych, przeznaczonych do zasilaczy i centrerek alarmowych oraz do montażu na szynę DIN.

Polecane rozwiązanie

Producentem obudów, przeznaczonych dla takich branż jak: elektroniczna, elektrotechniczna czy elektryczna, jest Kradex. Szeroka gama produktów katalogowych produkowana jest z ABS (linia professional) i PS (linia Economic) a także z materiału PC dla linii obudów hermetycznych ZP. Oferta obejmuje takie rodzaje obudów jak: dwuczęściowe, z panelami bocznymi, modułowe na szynę DIN, z miejscem na baterie, z wieczkiem, a także obudowy do zasilaczy, z montażem do ściany, centrerek alarmowych czy do pilotów. Znaczna część tych produktów uzyskała między innymi certyfikaty IP52, IP53 czy IP54, a obudowy hermetyczne posiadają certyfikaty IP65, IK09, zaś kategoria z uszczelką zalewaną – IP67. Obudowa ZP240.190.105 z nowej serii ma jako opcję dodatkową zawiasy oraz uchwyty montażowe, a wkrótce akcesoria te będą dostępne do kolejnych obudów. Akcesoria mogą być na zlecenie klienta zamontowane na miejscu, a złożona całość wysłana do klienta. Każda obudowa, czy to katalogowa, czy zrealizowana na zamówienie, może mieć wykonane także wszystkie



najpopularniejsze otwory użytkowe. Usługa frezowania to stały punkt oferty i jest wykonywana na miejscu w zakładzie. Mamy w ofercie także inne usługi, takie jak: nadruki, dodatkowe słupki montażowe, lakierowanie, ekranowanie EMC, fronty, etykiety itp.

... Więcej informacji

Kradex to polski producent obudów z tworzyw sztucznych. Firma o rodzinnych korzeniach, założona w Warszawie, swoimi początkami sięga 1985 roku. Od tego czasu z małego przedsiębiorstwa zmieniła się w liczącego się producenta z własną narzędziownią, magazynem i halą produkcyjną. Własne zaplecze techniczne

i dział projektowania pozwalają nie tylko na ciągłą rozbudowę oferty katalogowej obudów, ale także na opracowanie produktu na specjalne zamówienie. Działalność produkcyjna w zakładzie jest zgodna z unijną dyrektywą ROHS a w 2016 roku firma Kradex uzyskała certyfikat normy ISO 9001.

Publikacje:

www.elektronikab2b.pl:

- Kradex – kompleksowa oferta obudów i usług
 - Kradex – rozwój produktowy i kolejne certyfikaty
 - Kompleksowa oferta obudów z tworzyw sztucznych;
- IRE 2019 str. 184

Kontakt:

Kradex
ul. Naddnieprzańska 32
04-205 Warszawa
tel. 22 613 08 88, www.kradex.com.pl
kradex@kradex.com.pl

Dylemat konstruktora

Specjalizacją naszego biura konstrukcyjnego są projekty z zakresu automatyki domowej. Nasze produkty cechuje przede wszystkim innowacyjność funkcjonalna, ale dążymy także do tego, aby prezentowały się atrakcyjnie w nowoczesnych wnętrzach. Interesuje nas współpraca z doświadczonym i solidnym wykonawcą obudów, który zrealizuje projekt od etapu koncepcji i prototypu do mało- i średnioseryjnej produkcji.

Polecane rozwiązanie

Produkcja obudowy to wieloetapowy proces, łączący ze sobą wiele dziedzin okołoprodukcyjnych. Niezmiernie ważnym etapem jest obróbka końcowa, która nadaje produktom odpowiedni wyraz. Firma Maszczyk pomaga przeprowadzić przez cały proces produkcyjny. Do dyspozycji jest biuro projektowe, w którym wyspecjalizowani projektanci z dziedziny wzornictwa przemysłowego pomogą w stworzeniu wstępnych wizualizacji każdego pomysłu. W dalszym etapie powstaje model wydrukowany na drukarce 3D. Kończącym krokiem jest budowa formy wtryskowej na nowoczesnych maszynach CNC. Jednak to nie koniec. Firma specjalizuje się również w szeroko pojętej obróbce obudów. Zapewnia zaprojektowanie i wyprodukowanie klawiatury membranowej. Oferuje malowanie obudów w wyspecjalizowanej i hermetycznej komorze. Proponuje również usługi sitodruku, tampondruku i transferu wodnego.



... Więcej informacji

Firma MASZCZYK jest polskim producentem obudów do elektroniki z tworzyw sztucznych. Od ponad 35 lat dostarcza produkty krajowym i zagranicznym odbiorcom. Oferta firmy obejmuje ponad 1000 gotowych produktów oraz szeroki asortyment akcesoriów do obudów i klawiatur membranowych. Jest także liderem w tworzeniu gotowych urządzeń

elektronicznych, począwszy od pomysłu a kończąc na produkcji. Jest producentem, który wychodzi na przeciw oczekiwaniom klientów, dlatego w ofercie znajdują się nie tylko typowe, ale także innowacyjne modele, np. transparentne typu desk top czy pochodzące z najnowszej serii HandFit.

Publikacje:

www.elektronikab2b.pl:

- Maszczyk – kompleksowe technologie dla producentów elektroniki;
 - Maszczyk oferuje szybkie prototypowanie i bezpośrednie wytwarzanie krótkich serii;
- IRE 2019 str. 182

Kontakt:

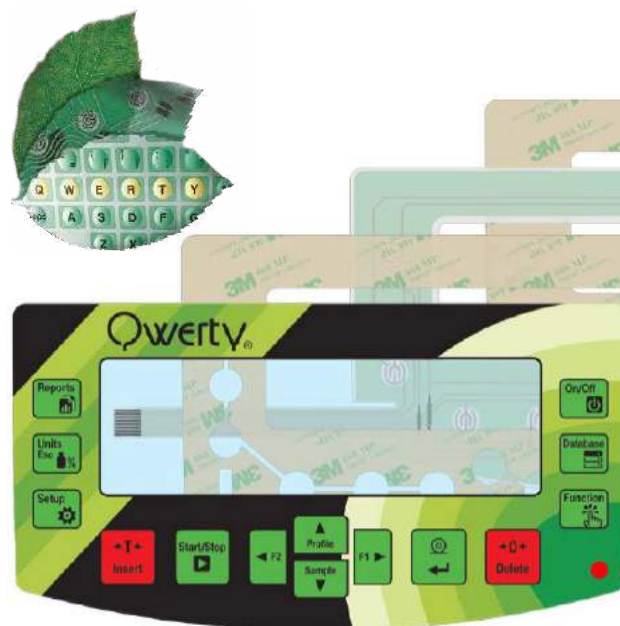
Maszczyk
 ul. Mickiewicza 10, 05-071 Sulejówek
 tel. 22 783 45 20, www.maszczyk.pl
maszczyk@maszczyk.pl

Dylemat konstruktora

Nasza firma produkuje sprzęt medyczny, więc nasze produkty muszą spełniać najwyższe standardy bezpieczeństwa i jakości. Jednocześnie stawiane są wygórowane wymagania funkcjonalne, które wymuszają stosowanie nietypowych rozwiązań. Poszukujemy producenta frontów z klawiaturą foliową, z możliwością zainstalowania anteny RFID i wykonania przetłoczeń w alfabecie Braille'a.

Polecane rozwiązanie

Klawiatury foliowe są elementami sterującymi urządzeń elektronicznych montowanymi na frontowej płycie obudowy lub w całości stanowiące taką płytę. Estetyczna, czytelna i dobrze działająca klawiatura może być doskonałą wizytówką i przyczynić się do rynkowego sukcesu urządzenia. Firma QWERTY oferuje klawiatury z blaszkami stykowymi – jest to doskonałe rozwiązanie do urządzeń pracujących w trudnych warunkach. Złożona blaszka w charakterze elementu zwierznego o dobieranej sile nacisku pozwala uzyskać kliknięcie, które jest niezawodnym potwierdzeniem zadziałania klawisza. Jednocześnie oferuje szeroką gamę kolorystyczną, zróżnicowane kształty przetłoczeń oraz różnorodne elementy dodatkowe np. anteny RFID, wsuwki czy przetłoczenia w alfabecie Braille'a.



... Więcej informacji

Firma QWERTY Sp. z o.o. powstała w 1988 r. Jest producentem i dostawcą klawiatur, elewacji i tabliczek foliowych oraz szklanych paneli dotykowych. Wyroby przeznaczone są dla przemysłu urządzeń elektronicznych, aparatury medycznej i pomiarowej. Do ich wytwarzania stosowane są najnowsze

technologie projektowania i produkcji oraz surowce i materiały najwyższej jakości. Doradcy firmy z najwyższą starannością zapoznają się z każdym zapytaniem i proponują najlepsze rozwiązanie, zarówno pod względem technicznym, jak i ekonomicznym.

Publikacje:

www.elektronikab2b.pl:

- QwertY – 31 lat sukcesów;
 - Klawiatury foliowe – Jak projektować bez błędów?;
 - Klawiatury foliowe – kryteria doboru
- www.automatyzacja2b.pl:

- Panele frontowe o specjalnych właściwościach;

IRE 2019 str. 21

Kontakt:

Towarzystwo Elektrotechnologiczne
QWERTY Sp. z o.o.

ul. Siewna 21, 94-250 Łódź

tel. 42 633 32 84, www.qwertY.com.pl

qwertY@qwertY.com.pl

Dylemat konstruktora

Nasze biuro konstruktorskie zajmuje się projektowaniem i prototypowaniem mikroprocesorowych urządzeń elektronicznych. Naszą specjalizacją jest dynamicznie rozwijająca się technika IoT. Realizowane zlecenia często kończą się małą i średnio seryjną produkcją. Interesuje nas współpraca z producentem klawiatur i paneli frontowych, który zapewni także solidne doradztwo w zakresie designu i technologii.

Polecane rozwiązanie

Klawiatura stanowi podstawowy element panelu operatorskiego. Dla użytkownika istotna jest ergonomia, czytelność panelu, wytrzymałość oraz funkcjonalność. Dla producenta najważniejsze są parametry techniczne, warunki pracy urządzenia, a także koszt i czas uruchomienia produkcji. Wybór projektu wzorniczego, kolorystyki, a przede wszystkim technologii wykonania powinny być efektem współpracy producenta z klientem. Dobrze zatem wybrać firmę z rodzimego rynku, która zajmuje się kompleksowo produkcją paneli operatorskich i projektowaniem. Jedną z nielicznych, która oferuje tak szeroki zakres usług jest LC Elektronik. W ofercie firmy znajdziemy klawiatury membranowe, silikonowe, PCB, CU-flex oraz panele dotykowe, więc możemy wybrać rozwiązanie najbardziej optymalne. Firma zapewnia

doradztwo techniczne przy konstruowaniu i projektowaniu urządzeń. Do dyspozycji klienta jest zespół specjalistów wzornictwa przemysłowego, technologów, a także inżynierów elektroników i mechaników.



... Więcej informacji

Firma LC Elektronik od 30 lat specjalizuje się w integrowaniu różnych technologii i produktów dla elektroniki. Jest producentem m.in. klawiatur membranowych, frontów foliowych oraz płyt czołowych, a także dystrybutorem wysokiej klasy obudów przemysłowych. Dzięki szerokiej ofercie produktów i usług wyróżnia się kompleksową obsługą klientów. LC Elektronik, jako jedyna firma w Polsce dostarcza klawiatury wykonane w różnych technologiach, umożliwiając wybór najodpowiedniejszej z nich do konkretnej aplikacji. Od kilkunastu lat działa

zgodnie z najwyższymi standardami zarządzania jakością w oparciu o normę ISO 9001.



Publikacje:

www.elektronikab2b.pl:

- LC Elektronik. Klawiatury optymalnie dopasowane do aplikacji,
- LC Elektronik spełnia wymagania ISO 9001:2015,
- Kompleksowe rozwiązania dla producentów elektroniki

Kontakt:

LC Elektronik Sp. z o.o. Sp. k.
ul. Pułkowa 58, 01-969 Warszawa
tel. +48 22 569 53 00, lcel@lcel.com.pl
www.lcelektronik.com

STM32CubeIDE 1.0

All-in-one STM32 development tool

TrueSTUDIO[®] for STM32

Środowisko programistyczne STM32CubeIDE (2)



– prosta aplikacja krok po kroku

25 kwietnia firma STMicroelectronics zaprezentowała środowisko programistyczne dla mikrokontrolerów STM32 o nazwie STM32CubeIDE. W drugim i jednocześnie finalnym artykule z tego cyklu pokazujemy, jak krok po kroku zrealizować prostą aplikację za pomocą tego narzędzia.

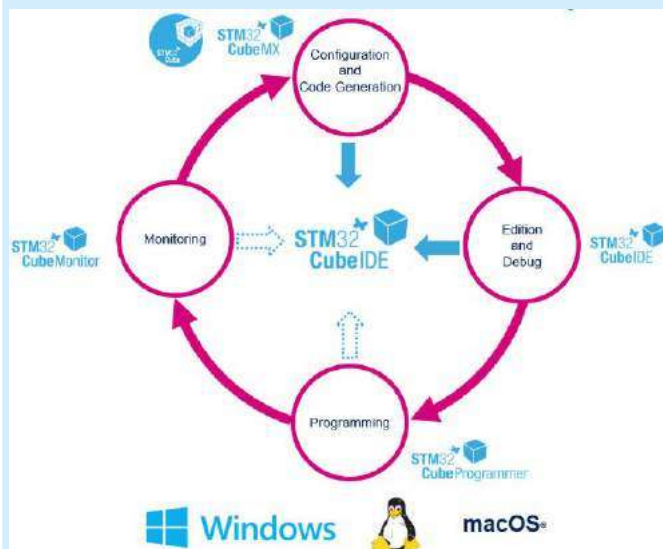
Programiści mają obecnie do wyboru szeroką gamę środowisk programistycznych, za pomocą których można tworzyć aplikacje dla mikrokontrolerów STM32. Wśród komercyjnych rozwiązań, a więc takich, które wymagają zakupu licencji w celu możliwości korzystania bez ograniczeń ze wszystkich funkcji, prym wiodzie IAR Embedded Workbench for ARM oraz Keil MDK-ARM. Alternatywą dla rozwiązań komercyjnych są środowiska oferujące pełnię swoich możliwości bezpłatnie i powstające przy wsparciu firmy STMicroelectronics. Są to środowiska bazujące na platformie Eclipse/CDT (C/C++ Development Tooling), zestawie kompilatorów GCC (GNU Compiler Collection) oraz debuggerze GDB (GNU Debugger). Takimi środowiskami są AC6 SW4STM32 (System Workbench for STM32), Atollic TrueSTUDIO oraz będące przedmiotem tego artykułu środowisko STM32CubeIDE.

STM32CubeIDE to najnowsza propozycja wśród środowisk programistycznych dla układów STM32. Elementem wyróżniającym STM32CubeIDE jest zintegrowany domyślnie STM32CubeMX. Jest to program, za pomocą którego programista przy wykorzystaniu graficznego interfejsu użytkownika konfiguruje mikrokontroler (piny,

peryferia, *middleware*, system zegarowy), a następnie generuje projekt programistyczny wraz z kodem (opartym na bibliotekach HAL lub LL), który realizuje wskazaną konfigurację oraz udostępnia interfejs programistyczny do implementacji warstwy aplikacyjnej.

Integracja narzędzi to jeden z głównych pomysłów przyswieszcających twórcom nowego środowiska programistycznego. Pierwsza wersja STM32CubeIDE dysponuje wspomnianym już programem STM32CubeMX. Kolejne wersje, planowane w przyszłości, będą stopniowo oferować coraz więcej programów, które obecnie funkcjonują jako samodzielne narzędzia. Mowa tu o programach typu STM32 Cube Programmer oraz STM32 Cube Monitor. W efekcie STM32CubeIDE ma stać się docelowo platformą udostępniającą wszystkie najważniejsze narzędzia dla układów STM32 wytworzone przez STMicroelectronics. Obrazowo pokazano to na **rysunku 1**.

STM32CubeIDE to nie tylko bogactwo narzędzi dla układów STM32, ale również elastyczność pod względem systemu operacyjnego, który może służyć do pracy ze środowiskiem programistycznym. Pakiet STM32CubeIDE dostępny jest dla trzech najpopularniejszych OS-ów: Windowsa, Linuxa oraz macOS-a.



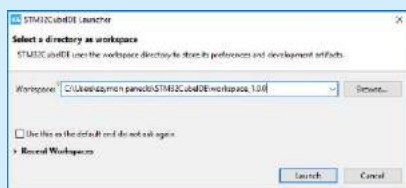
Rysunek 1. Konceptcja rozwoju środowiska programistycznego STM32CubeIDE

Rozpoczęcie pracy i stworzenie nowego projektu

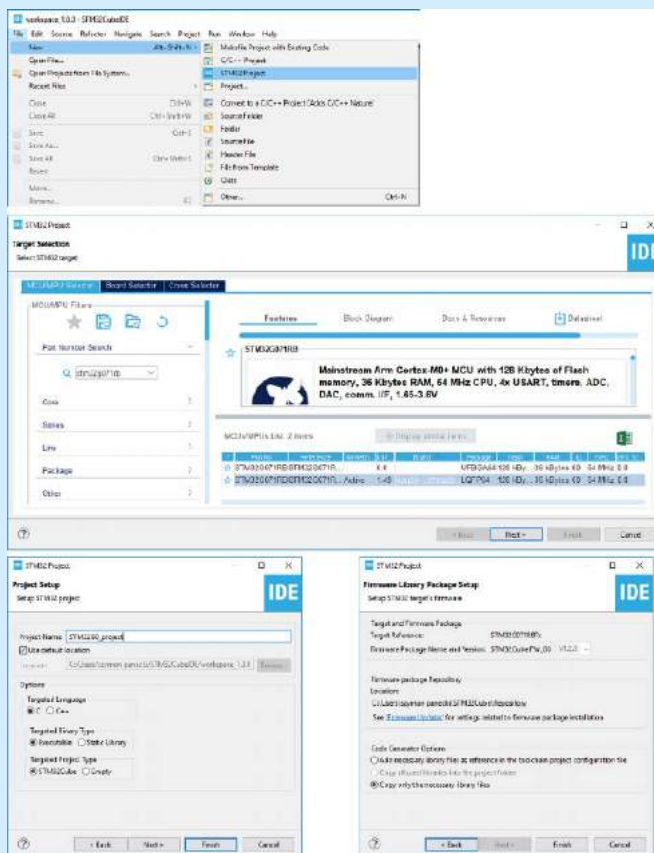
Każdorazowo po uruchomieniu środowiska programistycznego STM32CubeIDE użytkownik zostanie poproszony o wskazanie ścieżki do przestrzeni roboczej z projektami programistycznymi, tak zwanego *workspace'a* (widok odpowiedniego okna pokazano na **rysunku 2**). Jest to adres miejsca na dysku twardym komputera, do którego STM32CubeIDE odwoła się i wczyta wszystkie obecne tam projekty programistyczne, ponadto nowo utworzone projekty również będą w tej lokalizacji zapisywane. Po wskazaniu ścieżki do przestrzeni roboczej należy kliknąć na przycisk *Launch*.

W STM32CubeIDE, podobnie jak w wielu innych środowiskach programistycznych, aplikacje tworzone są według modelu opartego na projektach programistycznych. Pojedynczy projekt programistyczny stanowi zbiór wzajemnie zależnych plików, które przede wszystkim zawierają kod napisany w języku programowania (np. assembler, C, C++). Na podstawie plików projektu możliwe jest wygenerowanie pliku z kodem wykonywalnym na daną platformę sprzętową (w tym przypadku mikrokontroler STM32). Zatem pierwszym zadaniem programisty po uruchomieniu środowiska STM32CubeIDE jest stworzenie projektu programistycznego. Do tego celu służy narzędzie kreatora. Aby je wywołać, należy z menu głównego wybrać *File → New*. W ten sposób możliwe jest stworzenie różnorodnych elementów: folderu, pliku (źródłowego, nagłówkowego) oraz właśnie projektu programistycznego. W ramach tego artykułu pokazany zostanie projekt programistyczny korzystający z programu STM32CubeMX, dlatego właściwym wyborem użytkownika w kreatorze jest pozycja *STM32 Project*. W rezultacie tej czynności wyświetlone zostanie pierwsze okno kreatora, które służy do wyboru platformy sprzętowej. Dostępne są w nim trzy zakładki:

- **MCU/MPU Selector** – zakładka do wyboru mikrokontrolera STM32 na bazie filtrów (takich jak rdzeń, pamięć, peryferia, obudowa itp.),
- **Board Selector** – zakładka do wyboru płytki ewaluacyjnej z STM32 (Nucleo, Discovery, Eval board),
- **Cross Selector** – zakładka do wyboru mikrokontrolera STM32 odpowiadającego podzespołowi z oferty innej



Rysunek 2. Okno ze ścieżką do przestrzeni roboczej STM32CubeIDE



Rysunek 3. Kolejne kroki tworzenia projektu programistycznego w STM32CubeIDE

firmy (Infineon, Atmel/Microhip, NXP, Renesas, Silicon Labs, Texas Instruments).

W przypadku użycia pierwszej i trzeciej zakładki stworzony projekt będzie zawierał nieskonfigurowany mikrokontroler. W przypadku wykorzystania drugiej zakładki mikrokontroler zostanie wstępnie skonfigurowany, co oznacza, że jego peryferia zostaną przyporządkowane do wyprowadzeń zgodnie ze schematem połączeń na płytce ewaluacyjnej. Autor zdecydował się użyć pierwszej zakładki. W polu *Part Number Search* wpisana została nazwa podzespołu, który ma zostać użyty. Jest to układ STM32G071RBT6, ponieważ platforma sprzętowa to płytka NUCLEO-G071RB. Wybór potwierdzony zostaje kliknięciem przycisku *Next*.

W drugim oknie kreatora użytkownik wypełnia pole nazwy projektu (*Project Name*). Dodatkowo możliwe jest wybranie kilku ustawień projektu np. wskazanie preferowanego języka programowania (C lub C++) oraz podjęcie decyzji o użyciu pakietu STM32Cube. Po raz kolejny przejście do kolejnego etapu kreatora odbywa się poprzez kliknięcie przycisku *Next*.

W trzecim oknie kreatora użytkownik doprecyzowuje ustawienia dotyczące pakietu STM32Cube. Wybrana zostaje wersja pakietu bibliotek oraz wskazana zostaje lokalizacja repozytorium (ścieżka na dysku twardym, gdzie znajduje się pakiet STM32Cube). Ponadto możliwe jest wybranie wariantu kopiowania bibliotek do projektu (kopiowanie tylko niezbędnych plików lub wszystkich plików). Jest to finalny etap działania kreatora, zatem kończy go kliknięcie przycisku *Finish*. Wszystkie kroki kreatora zilustrowano na **rysunku 3**.

Wygenerowany projekt

Na **rysunku 4** pokazano zrzut ekranu środowiska programistycznego STM32CubeIDE z wygenerowanym projektem. Przyjrzyjmy się bliżej temu obrazowi. Na samej górze ekranu umieszczono są ikony do najczęściej używanych funkcji, w tym charakterystyczne dla Eclipse ikony młotka (do kompilacji projektu) oraz zielonego robaka

(do debugowania). W prawym górnym rogu ekranu znaleźć można ikony do zmiany tak zwanej perspektywy, a więc zestawu widocznych okien, które pomocne są programiście w danym etapie pracy nad aplikacją. Do wyboru jest perspektywa *C/C++* do pisania kodu, perspektywa *Debug* do debugowania oraz perspektywa *Device Configuration Tool* do pracy z STM32CubeMX. Użytkownik może też edytować perspektywę i dostosowywać je do własnych preferencji.

Po lewej stronie ekranu umieszczony jest menedżer projektów. W przestrzeni roboczej może znajdować się wiele projektów, spośród których w danym momencie tylko jeden jest aktywny. Każdy projekt reprezentowany jest przez widoczną w menedżerze nazwę, która po kliknięciu rozwija się w drzewo projektu zawierające listę katalogów i plików. Dwa bardzo istotne pliki to plik *main.c* z głównym kodem aplikacji oraz plik z rozszerzeniem *.ioc* będący projektem STM32CubeMX.

Dużą część ekranu zajmuje okno edytora. Może on w jednym momencie udostępniać jeden lub więcej otwartych do edycji plików, między którymi programista nawiguje przy użyciu zakładek. Edytor jest narzędziem przewidzianym głównie do pracy z plikami tekstowymi. Takimi plikami są właśnie znajdujące się w projekcie programistycznym pliki z kodem źródłowym. Są to przede wszystkim pliki z kodem w języku C np. wspomniany już *main.c* oraz również inne istotne pliki bibliotek do peryferiów z pakietu STM32Cube (HAL i LL). Edytor wyposażony jest w wiele pomocnych funkcji, np. kolorowanie składni, podpowiedzi do uzupełnienia kodu, zwijanie/rozwijanie bloków kodu i wsparcie pracy z debuggerem. Ponadto edytor daje możliwość edycji plików z graficznym interfejsem użytkownika – w tym przypadku plików programu STM32CubeMX z rozszerzeniem *.ioc*.

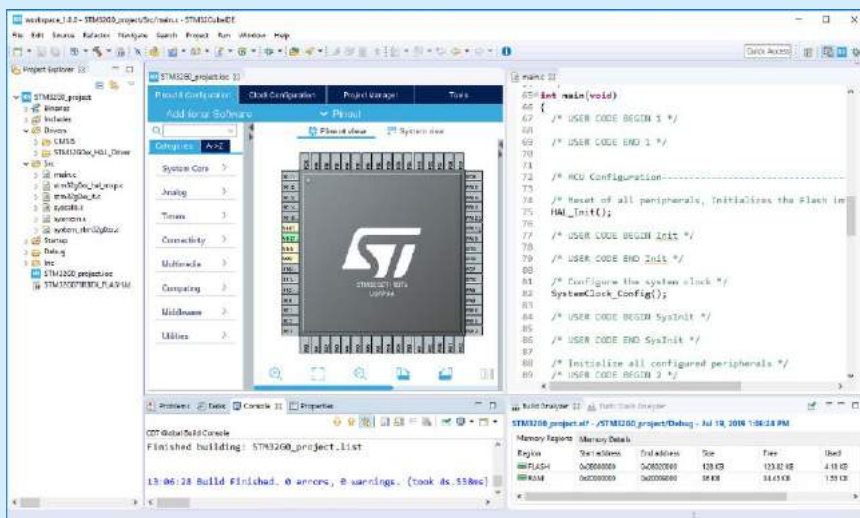
W dolnej części ekranu umieszczone zostały dodatkowe okna i zakładki, z których korzystać może programista. Najważniejszą z nich wydaje się zakładka *Console*. Udostępnia ona komunikaty informujące o kompilacji poszczególnych plików oraz całego projektu programistycznego. W przypadku powodzenia kompilacji finalny komunikat informuje o pomyślnym zakończeniu tego procesu. W przypadku niepowodzenia kompilacji wyświetlane są zidentyfikowane błędy, co pomaga programiście w usunięciu problemów. Dodatkową funkcją konsoli jest możliwość pracy w trybie terminalu dla portu szeregowego. Dzięki temu użytkownik może wysyłać/odbierać wiadomości do/z aplikacji mikrokontrolera przez interfejs UART.

Innym przydatnym oknem w dolnej części ekranu jest *Buid Analyzer*. Okno to udostępnia informacje na temat pamięci Flash i SRAM mikrokontrolera: całkowitą pojemność oraz zajęta i wolną aktualnie pojemność.

Praca z STM32CubeMX i edytorem

Stworzony projekt programistyczny jest punktem wyjściowym do rozpoczęcia pracy nad aplikacją. Na potrzeby artykułu w przykładowej aplikacji mikrokontroler realizować będzie pomiar napięcia na jednym ze swoich wyprowadzeń. Zrealizowanie tej oraz każdej innej aplikacji wymaga wykonania następujących kroków:

1. Konfiguracji zasobów mikrokontrolera w STM32CubeMX i wygenerowania kodu.
2. Edycji pliku *main.c* i zaimplementowania zadań przewidzianych dla aplikacji.



Rysunek 4. Widok środowiska STM32CubeIDE



Rysunek 5. Środowisko STM32CubeIDE: konfiguracja układu w STM32CubeMX, edycja pliku *main.c*

3. Skompilowania kodu, wgrania programu do mikrokontrolera i zdebugowania aplikacji.

W pierwszym etapie programista korzysta z programu STM32CubeMX. W tym celu w oknie menedżera projektów należy odnaleźć plik z rozszerzeniem *.ioc* i dwukrotnie na niego kliknąć, co spowoduje jego otwarcie w edytorze. Pomiar napięcia realizowany jest za pomocą przetwornika A/C, zatem konieczne jest jego włączenie. W STM32CubeMX z listy zasobów mikrokontrolera należy wybrać i rozwinąć grupę peryferiów analogowych (zakładka *Analog*), następnie kliknąć na przetwornik A/C (pozycja ADC1) oraz w oknie *Mode* aktywować jeden z kanałów przetwornika (np. IN0). Opcjonalnie w polu *Configuration* można zmienić ustawienia domyślne przetwornika np. czas próbkowania, rozdzielczość wyniku itp. Po aktywowaniu kanału przetwornika A/C przypisany do niego pin (np. PA0 w przypadku kanału IN0) zostanie oznaczony na schemacie wyprowadzeń kolorem zielonym, a tuż obok pojawi się opis funkcji pinu (ADC1_IN0). W tym momencie konfiguracja w STM32CubeMX jest skończona. Etap ten kończy wygenerowanie kodu. Do tego zadania programista używa menu głównego (*Project* → *Generate Code*) lub ikony przedstawiającej tryby mechanizmu.

W drugim etapie programista tworzy kod aplikacji. W tym celu w oknie menedżera projektów należy odnaleźć plik *main.c* i dwukrotnie na niego kliknąć, co spowoduje jego otwarcie w edytorze. Edycja pliku sprowadza się do:

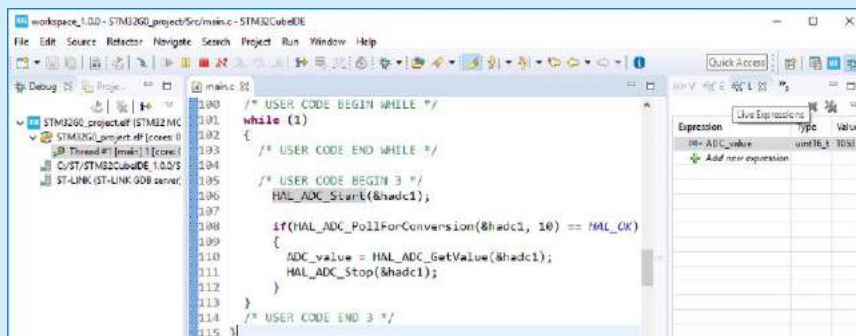
- stworzenia zmiennej *ADC_value* typu *integer* do przechowywania wyniku 12-bitowej konwersji analogowo-cyfrowej,
- wywołania w nieskończonej pętli funkcji:
 - *HAL_ADC_Start()* rozpoczynającej konwersję analogowo-cyfrową na wybranym kanale,
 - *HAL_ADC_PollForConversion()* sprawdzającej, czy konwersja analogowo-cyfrowa już się zakończyła,

- `HAL_ADC_GetValue()` przepisującej wynik konwersji analogowo-cyfrowej z rejestrów przetwornika A/C do zmiennej `ADC_value`,
- `HAL_ADC_Stop()` zatrzymującej konwersję analogowo-cyfrową.

Pracę z programem STM32CubeMX oraz edytorem w STM32CubeIDE zilustrowano na **rysunku 5**.

Kompilowanie i debugowanie

Po edycji pliku `main.c` praca nad kodem aplikacji jest zakończona. Przyszedł czas na skompilowanie projektu. Czynność tę można wywołać z poziomu menu głównego (*Project* → *Build All*) lub za pomocą kliknięcia ikony z obrazkiem młotka. Postęp procesu kompilacji programista może obserwować w polu Console, gdzie kompilator wyświetla liczne komunikaty na ten temat. Finalny komunikat powinien informować o pozytywnym zakończeniu kompilacji oraz o braku błędów i ostrzeżeń (*Build Finished. 0 errors, 0 warnings*). Teraz nadszedł właściwy moment na wgranie wykonywanego pliku do pamięci mikrokontrolera. Znowu należy posłużyć się menu głównym (*Run* → *Debug*) lub kliknąć ikonę przedstawiającą robaka o zielonym kolorze. Gdy program jest już umieszczony w pamięci mikrokontrolera, środowisko programistyczne zmieni perspektywę (zestaw widocznych okien i narzędzi), eksponując rozwiązania przydatne do debugowania aplikacji, a więc analizowania jej zachowania poprzez obserwowanie stanu mikrokontrolera (zawartości pamięci, rejestrów, zmiennych itp.) w różnych etapach wykonywania kodu. Przywołajmy tu dwa popularne rozwiązania do debugowania. Pierwszym rozwiązaniem jest wykonywanie kodu krokowo. Programista może z tego skorzystać poprzez menu główne (*Run* → *Step Into* oraz *Run* → *Step Over*) lub za pomocą ikon z ilustracjami strzałek. Drugim rozwiązaniem jest obserwowanie zawartości zmiennych. W przypadku naszej aplikacji występuje jedna zmienna, która przechowuje 12-bitowy wynik konwersji analogowo-cyfrowej. Co istotne, środowisko STM32CubeIDE oferuje tak zwany *Live Watch*, a więc podgląd zawartości zmiennych na żywo w trakcie wykonywania aplikacji przez mikrokontroler, bez konieczności zatrzymania jego pracy. Aby skorzystać z tej funkcji środowiska, należy kolejno: zlokalizować okno o nazwie *Live Expressions*, kliknąć na obiekt *Add new expression* oraz wpisać nazwę zmiennej, w tym wypadku jest to `ADC_value`. Ostatnim krokiem jest uruchomienie aplikacji z poziomu menu głównego (*Run* → *Resume*) lub skorzystanie z ikony z zielonym trójkątem. Widok środowiska STM32CubeIDE w trybie debugowania z włączoną funkcją podglądu na żywo zmiennych pokazano na **rysunku 6**.



Rysunek 6. Środowisko STM32CubeIDE w trybie debugowania z włączonym podglądem zmiennych

Podsumowanie

STM32CubeIDE może być atrakcyjnym rozwiązaniem dla programistów pracujących z mikrokontrolerami STM32. Po pierwsze środowisko to wykorzystuje popularne i sprawdzone na rynku rozwiązania, jakimi są platforma Eclipse/CDT, kompilator GCC oraz debugger GDB. Po drugie środowisko to czerpie z bogatych doświadczeń zespołu pracującego nad poprzednikiem STM32CubeIDE, a więc Atollic TrueSTUDIO. Po trzecie środowisko to proponuje nowość w postaci zintegrowanych narzędzi dla STM32, a pierwszym z nich jest STM32CubeMX.

Krótki i bardzo praktyczny film, demonstrujący krok po kroku, jak pracować z STM32CubeIDE (stworzenie projektu, konfiguracja mikrokontrolera w STM32CubeMX, edycja kodu, kompilowanie i debugowanie), dostępny jest pod adresem <http://bit.ly/2LD2aWq>.

W połowie lipca 2019 r. ukazała się rewizja v1.0.2 środowiska programistycznego STM32CubeIDE. Największą z dokonanych zmian jest aktualizacja programu STM32CubeMX do wersji v5.3.0. W kolejnych miesiącach tego roku należy spodziewać się następnych rewizji STM32CubeIDE. Z planowanych usprawnień warto wymienić:

- dodanie debugowania mikrokontrolerów dwurdzeniowych oraz wsparcie dla mikroprocesorów STM32MP1,
- dodanie debugowania wspierającego systemy operacyjne (*RTOS aware debugging*),
- dodanie możliwości zaimportowania projektów ze środowisk IAR EWARM oraz Keil MDK-ARM,
- zintegrowanie programów dla STM32 (STM32Cube Programmer i STM32Cube Monitor).

Szymon Panecki
STMicroelectronics
szymon.panecki@st.com

REKLAMA

E-prenumerata to:

- najszybszy dostęp do nowego wydania magazynu
- wygodne archiwum na www.avt.pl
- hipertekstowy spis treści i wyszukiwarka
- wbudowane linki – klikasz i jesteś na odpowiedniej stronie WWW

Zamów e-prenumeratę (.pdf) na
www.avt.pl/prenumerata/elektroniczne

e-prenumerata roczna z rabatem

15% – 91,80 zł

e-prenumerata dwuletnia z rabatem

30% – 151,20 zł

Prenumeratorzy wersji drukowanej za równoległe e-wydania płacą tylko 20% ceny: 21,60 zł/rok i 43,20 zł/2 lata

ISIX-RTOS v3 mini system operacyjny dla mikrokontrolerów rodziny Cortex-M0/M3/M4/M7 (5)

Sterowniki blokowe – I²C



System ISIX został zaprojektowany w taki sposób, aby poszczególne części systemu mogły być wykorzystywane w sposób niezależny. W poprzedniej wersji nie było dedykowanej biblioteki realizującej interfejs sterowników urządzeń, zatem konieczne było wykorzystanie dodatkowych bibliotek, np. dostarczonych przez producenta mikrokontrolera. Aktualnie wprowadzono dedykowaną bibliotekę `libperiph`, która zapewnia nową warstwę abstrakcji uniezależniającą sterowniki urządzeń od danego typu mikrokontrolera. W architekturze ARM-V7M, zarówno system jak i aplikacje pracują we wspólnej przestrzeni adresowej, zatem wprowadzona biblioteka nie wymusza konieczności jej użycia, a jest jedynie warstwą abstrakcji ułatwiającą pisanie programów niezależnych od sprzętu.

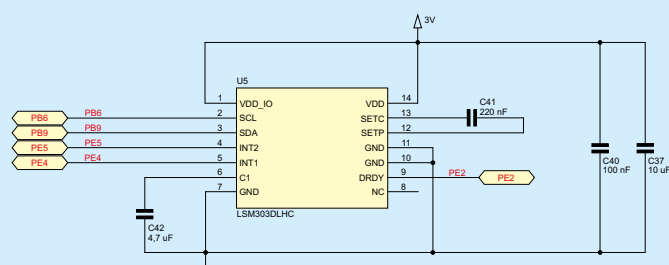
W kolejnej części dotyczącej sterowników urządzeń blokowych przedstawimy, sterownik dla magistrali I²C, który wpasowuje się w ogólny model programowy biblioteki `libperiph`. W celach dydaktycznych wykorzystamy zestaw STM32F411E-DISCO, który na pokładzie zawiera wbudowany układ LMS303DLHC, używający do komunikacji magistrali I²C. Jest to układ MEMS integrujący w pojedynczej strukturze, kompas oraz akcelerometr. Korzystając z kompasu napiszemy prosty program, który na konsoli szeregowej będzie wyświetlał aktualną pozycję w jakiej znajduje się zestaw. Fragment schematu przedstawiający wykorzystane fragmenty zestawu przedstawiono na **rysunku 1**.

Układ został dołączony do linii portów PB6 (SCL) oraz PB9 (SDA), stanowiących interfejs wejściowy kontrolera I2C1. Linie PE5 oraz PE4 użyte zostały jako wejścia przerwań zewnętrznych zgłaszanych w wyniku zdarzeń od układu peryferyjnego do mikrokontrolera. W nowym modelu programowym biblioteki `libperiph` konfiguracja dostępnych opcji dla danego układu odbywa się za pomocą tablicy konfiguracyjnej `the_machine_config` zawartej w pliku `dfs.cpp`. W naszym przykładzie struktura odpowiedzialna za konfigurację magistrali I2C1 pokazana jest na **listingu 1**.

Struktura konfiguracyjna rozpoczyna się od podania nazwy urządzenia peryferyjnego w postaci łańcuchowej pod jaką będzie ono widoczne w systemie oraz fizycznego adresu bazowego układu peryferyjnego. Następnie podajemy identyfikator magistrali do której dołączony jest kontroler, numer funkcji alternatywnej `AF_4` wybierający w multiplexerze kontroler I²C oraz numer bitu umożliwiający włączenie sygnału zegarowego dla tego układu. Na koniec przekazujemy adres do tablicy zawierającej konfigurację poszczególnych portów GPIO oraz konfigurację specyficzną dla kontrolera I²C. Konfigurację poszczególnych linii GPIO pokazuje **listing 2**. W tablicy znajdują się przypisania oznaczeń portów GPIO do funkcji pełnionych przez linie magistrali I²C. Strukturę odpowiedzialną za konfigurację kontrolera I2C1 pokazuje **listing 3**. Najistotniejszą częścią tej struktury jest numer przerwania zgłaszanego przez kontroler magistrali I²C oraz priorytet przerwania ustawiany w kontrolerze NVIC.

Sterownik magistrali I²C

Sterownik magistrali I²C został zaimplementowany w postaci klasy `i2c_master` (`stm32_i2c_v1.hpp`) i zawiera implementację obsługi kontrolera sprzętowego magistrali I²C. Sterownik bazuje na niskopoziomowej bibliotece `LL STM32Cube`.



Rysunek 1.

Listing 1. Struktura odpowiedzialna za konfigurację magistrali I2C1

```
{
    „i2c1”, reinterpret_cast<uintptr_t>(I2C1),
    bus::apb1, LL_GPIO_AF_4,
    unsigned(std::log2(LL_APB1_GRP1_PERIPH_I2C1)),
    i2c1_pins,
    &i2c1_conf
},
```

Listing 2. Konfiguracja poszczególnych linii GPIO

```
constexpr pin i2c1_pins[] {
    { pinfunc::scl, gpio::num::PB6 }, //SCK pin
    { pinfunc::sda, gpio::num::PB9 }, //SCL pin
};
```

Listing 3. Struktura odpowiedzialna za konfigurację kontrolera I2C1

```
constexpr device_conf i2c1_conf {
    {},
    I2C2_EV_IRQn,
    1,7, //! IRQ prio subprio
    0
};
```

Metoda `do_open()` z **listingu 4** wywoływana jest w momencie żądania otwarcia urządzenia przez manager urządzeń. W pierwszym kroku sprawdzany jest zakres argumentu `timeout` czy nie przekracza dozwolonego zakresu, a następnie odczytywana jest informacja o konfiguracji sygnałów zegarowych oraz włączane są odpowiednie sygnały zegarowe dla kontrolera I²C. Następnie pobieramy informację o konfiguracji portów GPIO oraz ustawiamy linie w taki sposób, aby pełniły rolę funkcji alternatywnych przypisanych do kontrolera I²C. Po wstępnej konfiguracji sygnałów zegarowych oraz portów GPIO przystępujemy do konfiguracji kontrolera I²C, ustawiając jego prędkość oraz tryb pracy master. Ponieważ w niektórych mikrokontrolerach kontroler I²C posiada błąd uniemożliwiający prawidłową inicjalizację kontrolera, gdy stan linii SDA, SCL nie jest neutralny wprowadzono dodatkowy warunek oczekujący na prawidłowe ustawienie linii SDA oraz SCL.

Metoda `do_close()` z **listingu 5** wywoływana jest, gdy manager urządzeń zażąda zamknięcia urządzenia. Metoda ta wykorzystywana jest do zwolnienia zajmowanych zasobów, takich jak przerwania oraz do odłączenia sygnałów zegarowych zapewniając redukcję poboru prądu przez mikrokontroler. W pierwszej kolejności, wyłączane są przerwania zgłaszane przez kontroler I²C, wyłączany jest kontroler, a na zakończenie linii GPIO przełączane są w stan domyślny oraz wyłączane jest przerwanie w kontrolerze przerwań NVIC.

Kolejną ważną metodą umożliwiającą konfigurację specyficzną dla danego sterownika (odpowiednik wywołania ioctl), jest metoda `do_set_option()`, która jako argument przyjmuje jedną z predefiniowanych klas odpowiedzialnych za przekazanie parametrów konfiguracyjnych dane urządzenie – **listingu 6**.

W przypadku kontrolera I²C jedyną aktualnie dostępną opcją jest zmiana prędkości transmisji magistrali. Na początku sprawdzamy z jakim parametrem mamy do czynienia, wywołując metodę `opt_ord()` klasy bazowej, co pozwala określić z jakim typem obiektu mamy do czynienia. W przypadku, gdy stwierdzimy, iż obiekt jest typu `option::speed` parametr `opt` jest rzutowany za pomocą operatora `static_cast`, do rzeczywistego obiektu, a następnie odczytywana jest aktualna prędkość i przekazywana, do niskopoziomowej funkcji konfiguracyjnej prędkość pracy magistrali I²C. Ponieważ kontroler I²C posiada ograniczenia sprzętowe uniemożliwiające zmianę prędkości, gdy jest on włączony, najpierw dokonujemy jego wyłączenia, ustawiamy prędkość pracy magistrali, a następnie następuje jego ponowne włączenie.

Najważniejszą metodą rozpoczynającą realizację fizycznego transferu pomiędzy hostem a kontrolerem I²C jest metoda `transaction()` pokazana na **listingu 7**. Jako pierwszy argument przyjmuje adres urządzenia na magistrali I²C oraz referencję do klasy bazowej `transfer`, która opakowuje bufor danych, w różne rodzaje transferu. W pierwszym kroku sprawdzana jest poprawność adresu I²C.

Listing 4. Kod metody `do_open()`

```
int i2c_master::do_open(int timeout)
{
    int ret {};
    do {
        // Check for timeout limits
        if(timeout<0 || timeout>=std::numeric_limits<decltype(timeout)>::max()) {
            ret = error::invalid;
            break;
        }
        m_timeout = timeout;
        ret = periph_conf(true); if(ret) break;
        dt::device_conf cnf;
        if((ret=dt::get_periph_devconf(io<void>(),cnf))<0) break;
        isix::set_irq_priority(cnf.irqnum, {uint8_t(cnf.irqfh), uint8_t(cnf.irql)});
        isix::request_irq(cnf.irqnum); error::expose<error::bus_exception>(ret);
        //+1 ERR IRQN
        isix::set_irq_priority(cnf.irqnum+1, {uint8_t(cnf.irqfh), uint8_t(cnf.irql)});
        isix::request_irq(cnf.irqnum+1); error::expose<error::bus_exception>(ret);
        LL_I2C_Disable(io<I2C_TypeDef>());
        if((ret=dt::get_periph_clock(io<void>()))<0) break;
        //Default speed configuration
        LL_I2C_Disable(io<I2C_TypeDef>());
        LL_I2C_ConfigSpeed(io<I2C_TypeDef>(),ret,100'000,LL_I2C_DUTYCYCLE_2);
        LL_I2C_SetMode(io<I2C_TypeDef>(),LL_I2C_MODE_I2C);
        LL_I2C_Enable(io<I2C_TypeDef>());
        LL_I2C_DisableIT_EVT(io<I2C_TypeDef>());
        LL_I2C_DisableIT_ERR(io<I2C_TypeDef>());
        //! Bug!
        if(LL_I2C_IsActiveFlag_STOP(io<I2C_TypeDef>())) {
            LL_I2C_EnableReset(io<I2C_TypeDef>());
            for(int i=0;i<8;++i) asm volatile("nop\t\n");
            LL_I2C_DisableReset(io<I2C_TypeDef>());
        }
    } while(0);
    return ret;
}
```

Listing 5. Kod metody `do_close()`

```
//! Do close
int i2c_master::do_close()
{
    int ret {};
    LL_I2C_DisableIT_EVT(io<I2C_TypeDef>());
    LL_I2C_DisableIT_ERR(io<I2C_TypeDef>());
    LL_I2C_Disable(io<I2C_TypeDef>());
    do {
        dt::device_conf cnf;
        if((ret=dt::get_periph_devconf(io<void>(),cnf))<0) break;
        isix::free_irq(cnf.irqnum+1);
        error::expose<error::bus_exception>(ret);
    } while(0);
    return ret;
}
```

W kolejnym kroku sprawdzamy jaki rodzaj transferu należy wykonać. W przypadku, transferu odczytu danych, ustawiany jest najmłodszy bit adresu oraz do zmiennej `m_rxddata` w klasie bazowej, przepisany jest adres bufora do którego zostaną przesłane dane, natomiast do zmiennej `m_rxdsize` przekazywana jest ilość danych jakie musimy odczytać. Podobnie realizowana jest obsługa transferu zapisu danych. Transfer dwukierunkowy – `trx_transfer` – może być mylący, ponieważ na magistrali I²C występuje jedynie transmisja sympleksowa, jednak w tym przypadku chodzi o wysłanie danych (najczęściej adres wewnętrzny), a następnie odczyt danych bez generowania na magistrali sekwencji START/STOP. W przypadku transferów od mikrokontrolera, po ustawieniu odpowiednich buforów, w urządzeniu wywoływana jest instrukcja czyszczenia pamięci cache, a następnie włączane są przerwania w kontrolerze I²C oraz generowana jest sekwencja START, co spowoduje rozpoczęcie procesu transmisji danych, realizowanego przez funkcję obsługi przerwania. Na zakończenie procedura czeka na semaforze na zakończenie procesu transmisji, sprawdza rezultat wykonania ostatniej transmisji i wychodzi z kodem błędu. Jednocześnie w buforach powinny znaleźć się odpowiednie dane, które zostały odczytane z urządzenia.

Sterownik kompasu/akcelerometru LMS303DLHC

Aby zaprezentować w praktyce użycie sterownika magistrali I²C biblioteki `libperiph`, napisano prostą aplikację umożliwiającą odczyt aktualnej pozycji z układu LMS303DLHC. Od strony interfejsu użytkownika, klasa składa się z trzech podstawowych metod:

```
int configure();
int get_accel(float& x, float& y, float& z);
int get_orientation(float& x, float& y, float& z);
```

Metoda `configure()`, powinna być wywołana przed użyciem innych metod i dokonuje wstępnej konfiguracji oraz kalibracji układu. Metoda `get_accel()`, odczytuje aktualne przyspieszenie i jako argumenty przyjmuje referencję do trzech zmiennych stanowiących odpowiednio wartości przyspieszenia w trzech osiach x, y, z. Podobnie metoda `get_orientation()` umożliwia odczyt aktualnego położenia płytki kompasu. Wszystkie powyższe metody zwracają wartość 0, w przypadku prawidłowego wykonania operacji lub w przypadku wystąpienia błędu zwraca ujemną wartość stanowiącą kod błędu.

Z uwagi na ograniczone łamy nie będziemy tutaj omawiać poszczególnych rejestrów układu oraz sposobu jego konfiguracji, a skupimy się jedynie na sposobie realizacji komunikacji sterownika z magistralą I²C, za co odpowiedzialne są metody:

```
int write_reg(int addr, unsigned char value);
int read_reg(int addr, unsigned char& value);
```

Metoda `write_reg()` pokazana na **listingu 8** jest odpowiedzialna za zapis pojedynczej wartości do rejestru układu LMS303. Jako argument przyjmuje adres złożony z dwóch części: adresu magistrali I²C oraz adresu wewnętrznego. Na początku przygotowywany jest bufor, który będzie przesłany za pośrednictwem magistrali I²C, stanowiący odpowiednio: adres wewnętrzny rejestru w układzie oraz wartość jaka powinna zostać przesłana do tego rejestru. Następnie tak przygotowana tablica opakowywana jest w klasę `tx_transfer`, a następnie przekazywana do metody `transaction()` realizującej właściwy transfer I²C. Starszą część adresu stanowi adres sprzętowy, a młodszą adres wewnętrzny.

Metoda `read_reg()` pokazana na **listingu 9** jest odpowiedzialna za odczyt rejestru z układu i jako pierwszy argument przyjmuje adres rejestru, natomiast jako drugi referencję do zmiennej, z której zostanie odczytana zawartość. Metoda ta jest bardzo podobna do poprzedniej, jedyną różnicą jest to, że do bufora nadawczego przekazany jest tylko adres wewnętrzny układu, a bufor oraz referencja do zmiennej opakowywane są w klasę `trx_transfer`. W ostatnim kroku wywoływana jest metoda `transfer()` dla obiektu I²C, co spowoduje rozpoczęcie fizycznej sekwencji transferu **write/read** na magistrali I²C.

Główny kod programu prezentujący działanie układu zawarty

Listing 6. Kod metody `do_set_option()`

```
// Set option
int i2c_master::do_set_option(const option::device_option& opt)
{
    int ret { error::inval };
    switch(opt.ord()) {
        // Configure I2C speed
        case option::ord::speed: {
            dt::clk_periph pclk;
            if((ret=dt::get_periph_clock(io<void>(), pclk))<0) break;
            if((ret=dt::get_bus_clock(pclk.xbus))<0) break;
            const auto i2spd = static_cast<const option::speed_t*>(opt).hz();
            LL_I2C_Disable(io<I2C_TypeDef>());
            LL_I2C_ConfigSpeed(io<I2C_TypeDef>(), ret, i2spd, LL_I2C_DUTYCYCLE_2);
            ret = error::success;
        }
    }
    return ret;
}
```

Listing 7. Najważniejsza metoda `transaction()` rozpoczynająca realizację fizycznego transferu

```
int i2c_master::transaction(int addr, const blk::transfer& data)
{
    //1 Means R0 0xff MAX I2C addr
    if(addr<0 || addr>=0xff || (addr&1)) {
        dbg_err("Invalid address");
        return error::inval;
    }
    isix::mutex_locker _lock(m_mtx);
    m_addr = addr;
    switch(data.type()) {
        //Rx transfer
        case blk::transfer::rx: {
            auto& t = static_cast<const blk::rx_transfer_base*>(data);
            m_addr |= I2C_OAR1_ADD0;
            m_rxddata = reinterpret_cast<volatile uint8_t*>(t.buf());
            m_txdata = nullptr;
            m_rxdsize = t.size();
            m_txsize = 0;
            break;
        }
        //Tx transfer
        case blk::transfer::tx: {
            auto& t = static_cast<const blk::tx_transfer_base*>(data);
            m_addr &= ~(I2C_OAR1_ADD0);
            m_txdata = reinterpret_cast<const volatile uint8_t*>(t.buf());
            m_rxddata = nullptr;
            m_txsize = t.size();
            m_rxdsize = 0;
            isix::clean_dcache_by_addr(const_cast<void*>(t.buf()), t.size());
            m_addr &= ~(I2C_OAR1_ADD0);
            break;
        }
        case blk::transfer::trx: {
            auto& t = static_cast<const blk::trx_transfer_base*>(data);
            m_txdata = reinterpret_cast<decltype(m_txdata)>(t.tx_buf());
            m_rxddata = reinterpret_cast<decltype(m_rxddata)>(t.rx_buf());
            m_txsize = t.tx_size();
            m_rxdsize = t.rx_size();
            isix::clean_dcache_by_addr(const_cast<void*>(t.tx_buf()), t.size());
            // Transmit part first
            m_addr &= ~(I2C_OAR1_ADD0);
            break;
        }
        default:
            return error::not_supported;
    }
    m_datacnt = 0;
    LL_I2C_EnableIT_ERR(io<I2C_TypeDef>());
    LL_I2C_EnableIT_EVT(io<I2C_TypeDef>());
    LL_I2C_AcknowledgeNextData(io<I2C_TypeDef>(), LL_I2C_ACK);
    LL_I2C_GenerateStartCondition(io<I2C_TypeDef>());
    int ret = m_wait.wait(m_timeout);
    do {
        if(ret<0) {
            LL_I2C_GenerateStopCondition(io<I2C_TypeDef>());
            break;
        }
    } while(0);
    ret = get_hwerror();
    if(ret) m_hw_error = 0;
    return ret;
}
```

Listing 8. Kod metody `write_reg()`

```
int lms303::write_reg(int addr, unsigned char value)
{
    const unsigned char buf[] = { addr<0xff, value };
    periph::blk::tx_transfer tran(buf, sizeof buf);
    return m_i2c.transaction((addr>>8) & 0xff, tran);
}
```

Listing 9. Kod metody `read_reg()`

```
int lms303::read_reg(int addr, unsigned char& value)
{
    unsigned char baddr = addr<0xff;
    periph::blk::trx_transfer tran(&baddr, &value, sizeof baddr, sizeof value);
    return m_i2c.transaction(addr>>8, tran);
}
```

jest w pliku *i2c_main.cpp*, a dokładniej w funkcji *watch_sensor()*, która stanowi jeden z wątków systemu operacyjnego ISIX pokazany jest na **listingu 10**.

Pierwszą czynnością jest utworzenie instancji klasy *i2c_master* o nazwie *i2c1*, stanowiącą klasę implementującą kod sterownika magistrali I²C. W kolejnym kroku tworzymy instancję klasy *lms303* o nazwie *lms*, w konstruktorze przekazując referencję do obiektu sterownika magistrali I²C.

Po wstępnym utworzeniu obiektów, wywołujemy metodę *configure()*, która odpowiedzialna jest za inicjalizację oraz kalibrację akcelerometru/żyroskopu. Jeśli funkcja inicjalizacji zakończyła się bezbłędnie w kolejnym kroku wchodzimy do nieskończonej pętli *for(;;)*, która cyklicznie z okresem 1 s odczytuje dane z kompasu a następnie za pomocą funkcji diagnostycznych wyświetla je na terminalu szeregowym. W przypadku wystąpienia błędów odczytu działanie pętli jest przerywane i wątek kończy działanie wypisując stosowny komunikat o błędzie.

Aby uruchomić wspomniany przykład, należy go pobrać z repozytorium kodu GIT za pomocą polecenia:
`git clone -b pub/ep0019 --recursive`
<https://www.boff.pl/cgi/public/isixsamples>

Listing 10. Główny kod programu

```
auto watch_sensor() -> void {
   Periph::drivers::i2c_master i2c1(„i2c1”);
    app::lms303 lms(i2c1);
    static constexpr auto IFC_TIMEOUT = 1000;
    do {
        auto ret = i2c1.open(IFC_TIMEOUT);
        if(ret) {
            dbg_err(„Unable to open i2c device error: %i”, ret);
            break;
        }
        ret = i2c1.set_option(Periph::option::speed(400'000));
        if(ret) {
            dbg_err(„Unable to set i2c option error: %i”, ret);
            break;
        }
        ret = lms.configure();
        if(ret) {
            dbg_err(„LMS sensor init error: %i”, ret);
            break;
        }
        for(float x,y,z;;) {
            ret = lms.get_orientation(x,y,z);
            if(ret) {
                dbg_err(„LMS orientation error: %i”, ret);
                return;
            }
            dbg_info(„X pos: %i Y pos: %i Z pos: %i”, int(x*1000),int(y*1000),int(z*1000));
        }
    } while(0);
}
```

Następnie należy skonfigurować, skompilować program oraz zaprogramować płytkę ewaluacyjną za pomocą następujących poleceń:

```
waf configure --board=stm32f411e_disco
--crystal-hz=8000000 --debug
waf
waf program
```

Po zaprogramowaniu mikrokontrolera i podłączeniu terminala szeregowego na konsoli powinniśmy zobaczyć komunikaty o aktualnym położeniu płytki wyświetlanych w okresach sekundowych.

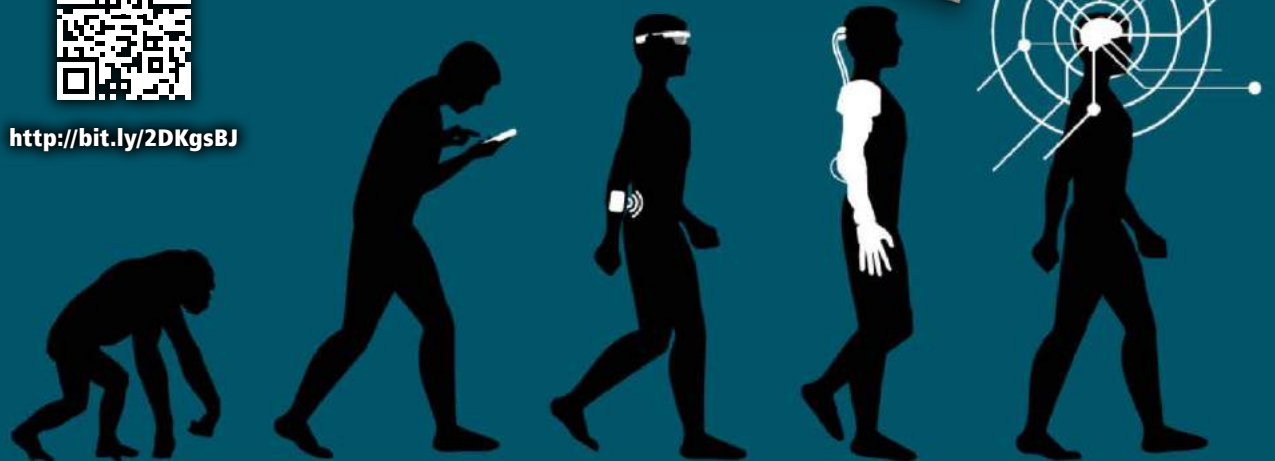
Lucjan Bryndza, EP
lucjan.bryndza@boff.pl

REKLAMA

m.technik
 Ciekawi świata są zawsze młodzi
w prezencie na każdą okazję



<http://bit.ly/2DKgsBJ>



przejrzyć i kupić na **www.ulubionykiosk.pl**

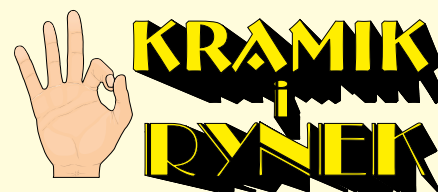
Ogłoszenia i reklamy hurtowni, sklepów, importerów, producentów, dealerów, itp. są płatne. Cena podstawowego modułu (35x20 mm) wynosi 66 zł + VAT. Koszt minimalnej ramki dla ogłoszeń o wielkości 3 modułów wynosi 198 zł + VAT. Moduły można łączyć zarówno w pionie jak i w poziomie. Maksymalna szerokość ogłoszenia to 5 modułów, wysokość 12 modułów. Rabaty stosujemy wyłącznie dla reklam powyżej 8 modułów: 4-6 emisji 10%, 7-11 emisji 15% i od 12 emisji 25%.

Oferta specjalna:

- publikacja fragmentów cennika w ramce o wielkości: 8 modułów w pionie cena 264 zł + VAT, 9 modułów w poziomie 305 zł + VAT
- rabat specjalny dla firm poszukujących pracowników wynosi 25% (wyłącznie dla dużych reklam).

Wszelkich informacji udziela **Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60**, e-mail: grzegorz.krzykawski@ep.com.pl.

Reklamy do tej rubryki mogą być przygotowane przez Zamawiającego w CMYK, w formacie CDR (wersja do 2018), AI, EPS (tekst zmieniony na krzywe), PSD, PDF (programy Adobe w wersji do CC 2019 włącznie PC/Mac) z próbnym wydrukiem. Małe reklamy mogą być przygotowane w redakcji (gratis) na podstawie odręcznego szkicu. Opracowania te nie będą jednak wówczas uzgadniane z Zamawiającym przed oddaniem do druku.



Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczonych w Elektronice Praktycznej

Hurtownia elementów elektronicznych "AKSOTRONIK" zaprasza do swojego sklepu internetowego
Zaloguj się i kupuj ON-LINE na naszej stronie:

WWW.AKSOTRONIK.COM.PL

Przetwornica Step-Down LM2596 3,40 PLN
Moduł WiFi do Arduino 16,60 PLN
Elektromagnes 6V oraz 12V Cena od 15,90 PLN
Woltomierze LED AC oraz DC Cena od 7,50 PLN
Kable do płytek stykowych Cena od 1,30 PLN
Czujniki indukcyjne Cena od 7 PLN
Anteny WiFi oraz GSM Cena od 2,80 PLN
Silniki krokowe 200 oraz 400 kroków Cena od 30 PLN
Moduł bluetooth HC05 do Arduino Cena 20 PLN
Moduły z przełącznikiem Cena od 3,60 PLN
Zarówki LED do samochodu Cena od 1,60 PLN

Aksotronik
ELEMENTY ELEKTRONICZNE
WWW.AKSOTRONIK.COM.PL

Uwaga!!! Powyższe ceny dotyczą zakupów minimalnych ilości hurtowych, poprzez nasz sklep internetowy. W swojej ofercie posiadamy m.in.: półprzewodniki (diody, układy scalone, tranzystory, triaki, elementy optoelektroniczne), elementy dystansowe, złącza, przełączniki, elementy akustyczne, rezystory, kondensatory, kwarce, podstawki, moduły Arduino.

Zapraszamy do kontaktu: INFO@aksotronik.com.pl, tel: (22) 783-20-51

Frezarka cnc
Do prac mechanicznych w elektronice

Podzespół: Zrób sam
mechaniczne, elektroniczne, oprogramowanie

www.pyffel.com.pl
Tel. (075) 732-47-00

RACK i Eurocarta 19" Wyposażenie szaf 19"

www.obudowa.pl

Producent obudów dla elektroniki tel. 032-230-2301

www.delta.poznan.pl

► APTI-250C61-2812WP

Wielkość matrycy: 2,1 Mpx (Sony IMX290)
Obiektyw: 2,8 - 12 mm (kąt widzenia 85° - 23°)
Rozdzielczość: 1920 x 1080 (1080p)
Zasięg oświetlacza IR: 60 m
Protokoły sieciowe: TCP/IP, NTP, HTTP, ONVIF 2.4
PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66
3D-DNR, WDR, detekcja ruchu, H.265 / H265+
Aplikacje dla: Android, iOS
Bardzo dobra jakość w jeszcze lepszej cenie

► APTI-201D2-36WP

Wielkość matrycy: 2,1 Mpx (przetwornik 1/2.9")
Obiektyw: 3.6 mm (kąt widzenia 69°)
Rozdzielczość: 1920 x 1080 (1080p)
Przepływność (bitrate): 64 ... 12000 kbit/s
Protokoły sieciowe: TCP/IP, NTP, HTTP, ONVIF 2.4
PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66
3D-DNR, WDR, detekcja ruchu, H.265 / H265+
Aplikacje dla: Android, iOS
Bardzo dobry stosunek jakości do ceny

► APTI-41VA3-2812WP

Wielkość matrycy: 4.0 Mpx (przetwornik 1/2.5")
Obiektyw: 2,8 - 12 mm (kąt widzenia 81° - 23°)
Rozdzielczość: 2560 x 1440
Obsługa audio - zewnętrzny mikrofon
Protokoły sieciowe: TCP/IP, NTP, HTTP, ONVIF 2.4
PoE 802.3af, Klasa szczelności IP66, H.265
3D-DNR, F-DNR (Defog), WDR, detekcja ruchu,
Aplikacje dla: Android, iOS
Wysoka rozdzielczość dostępna w atrakcyjnej cenie

Największy wybór w Polsce

KITY AVT

<http://bit.ly/2FNvrIN>

www.ep.com.pl

ELMAX 1988

OBWODY DRUKOWANE
Produkcja, Projektowanie, Montaż

Certyfikat Underwriters Laboratories
UL 94V-0 E480148 TYPE 1

Zakład produkcyjny:
05-260 Marki
ul. Duża 1
tel. 22 781 63 95
22 761 95 80
fax. 22 781 63 95 w 23
www.elmax.waw.pl
elmax@elmax.waw.pl

Płytki jednostronne
Płytki dwustronne
Płytki na podłożu aluminium
Płytki czolowe FR4

Serie dowolne
Prototypy
Maksymalny wymiar płytek 1w 630 mm

Dokumentacja technologiczna
Dokumentacja konstrukcyjna
Trawione szablony SMD

Montaż elektroniczny
Krótkie terminy
Wykonania super expresowe

Aktywny kalkulator prototypów na stronie internetowej

Pokrycie Sn lub SnPb inne na życzenie
Maski, opisy montażowe w różnych kolorach



Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektronika Praktycznej”

Reklamy stron internetowych na str. 8

AKSOTRONIK.....	141
ARMEL	141
BORNICO.....	6
COMPUTER CONTROLS.....	9
DELTA-OPTI.....	141
ELMAX.....	141
FALDRUK	10
FAULHABER	84, 85
GAMMA	8
HAMMOND.....	123
HEILIND	86, 87
HORIZON TECHNOLOGIES	128
KRADEX.....	129
LC	132
MASZCZYK.....	130
MICROCHIP.....	7
PIEKARZ	8
PYFFEL.....	141
QWERTY	131
RENEX.....	8
ST MICROELECTRONICS.....	5, 35, 53, 57, 65

Moduł 8 przekaźników sterowany poprzez Wi-Fi

Moduł zbudowany z myślą o zastosowaniu w systemie domowej automatyki. Pokazuje kolejny przykład zastosowania układu ESP8266. Obsługa odbywa się poprzez dedykowane aplikacje na PC oraz na Androida.

Analizator widma audio – Spectrum

Do budowy urządzenia wykorzystano bardzo ciekawy układ analizatora widma pod postacią układu MSGEQ7, który integruje w sobie 7 filtrów pasmowo-przepustowych. W połączeniu z mikrokontrolerem i wyświetlaczem zbudowanym z linijek LED powstało urządzenie, które zaskakuje funkcjonalnością i przyciąga uwagę.

Radiowy przedłużacz dla DS18B20

Jednym z najpopularniejszych czujników temperatury z interfejsem cyfrowym jest DS18B20. Znalazł zastosowanie w bardzo wielu urządzeniach. Zaprezentujemy układ, który dodatkowo poszerzy wachlarz zastosowań, ponieważ pozwoli na bezprzewodową komunikację z czujnikiem.

Automatyczny wyłącznik monitora

Zadaniem układu jest wyłączanie monitora w sytuacji, kiedy sygnał wizji (CVBS) nie zawiera żadnej treści. Zamiast utrzymywać ekran w stanie zaczernienia, można po prostu odłączyć jego zasilanie. Układ automatycznie załączy monitor, kiedy pojawi się treść obrazu.

Super kondensator z balanserem

Układ umożliwia rozpoczęcie eksperymentów z super kondensatorami we własnych układach podtrzymania zasilania. W zależności od doboru elementów możliwe jest uzyskanie pojemności nawet do 400 F przy napięciu pracy 5,0...5,4 V. Dla uzyskania wyższego napięcia pracy, moduły można łączyć w szereg, a dla zwiększenia prądu rozładowania równolegle.

Scalona lampka dla elektronika

Pod tą nietypową nazwą kryje się również nietypowe urządzenie. Jego funkcja jest bardzo prosta, służy do oświetlania, ale forma w jakiej zostało wykonane zaskoczy niejedną osobę, zwłaszcza elektronika.

a ponadto tematy wiodące EP09:

WYŚWIETLACZE

co wybrać do określonych aplikacji
oraz

INSTRUMENTY POMIAROWE I TESTOWE DLA ENERGETYKI

Tutaj przejrzysz i kupisz ulubione czasopisma – **bieżące i archiwalne**



ULUBIONY KIOSK.PL

UlubionyKiosk.pl to:

- egzemplarze wydań papierowych w cenie okładowej – przesyłka zawsze gratis
- egzemplarze e-wydań – wygodny sposób zamawiania wydań elektronicznych
- egzemplarze archiwalne – prosty sposób na wyszukiwanie brakujących wydań
- prenumerata realizowana w trybie przedpłaty oraz stałego zlecenia bankowego
- możliwość założenia własnej „Teczki” by zamawiać magazyny jeszcze łatwiej
- Klub Ulubionego Kiosku – zbieraj punkty i wymieniaj je na atrakcyjne nagrody



Przesyłka gratis

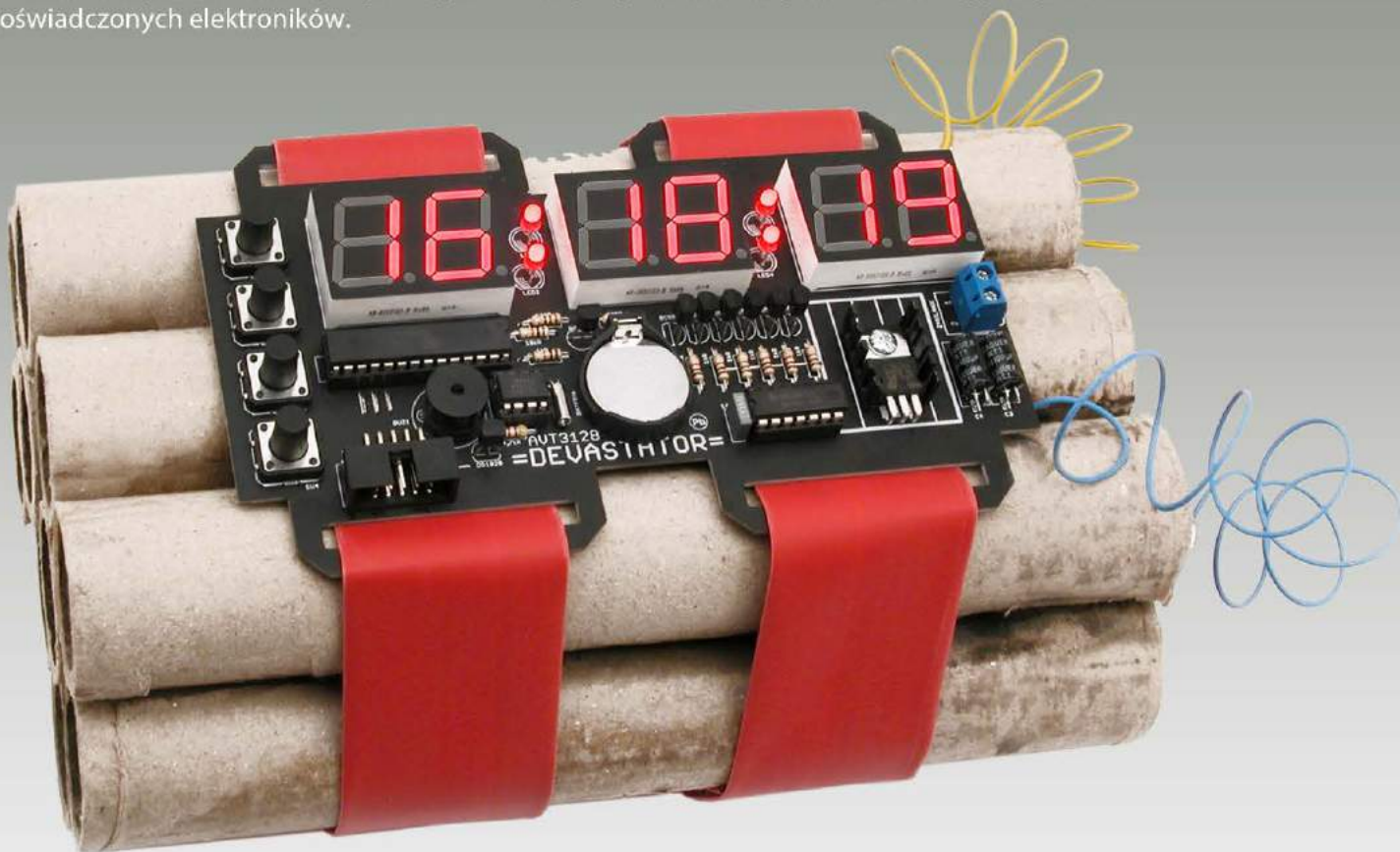
Zamów szybko i wygodnie na:

www.ulubionykiosk.pl



AVT 3128 DEVASTATOR, czyli bombowy zegarek

Estetyczny, praktyczny, efektowny, niezwykle pomysłowy zegar bomba, który zawsze wywołuje efekt WOW wśród rodziny i znajomych. Ponadto DEVASTATOR to pierwszy naprawdę uniwersalny projekt DIY. Jest odbierany równie entuzjastycznie przez osoby zupełnie niezwiązane z techniką, jak i przez doświadczonych elektroników.



Kod handlowy:
AVT3128



sklep.avt.pl

AVT-Korporacja Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Dział Handlowy tel.: 222 578 450 e-mail: handlowy@avt.pl