Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

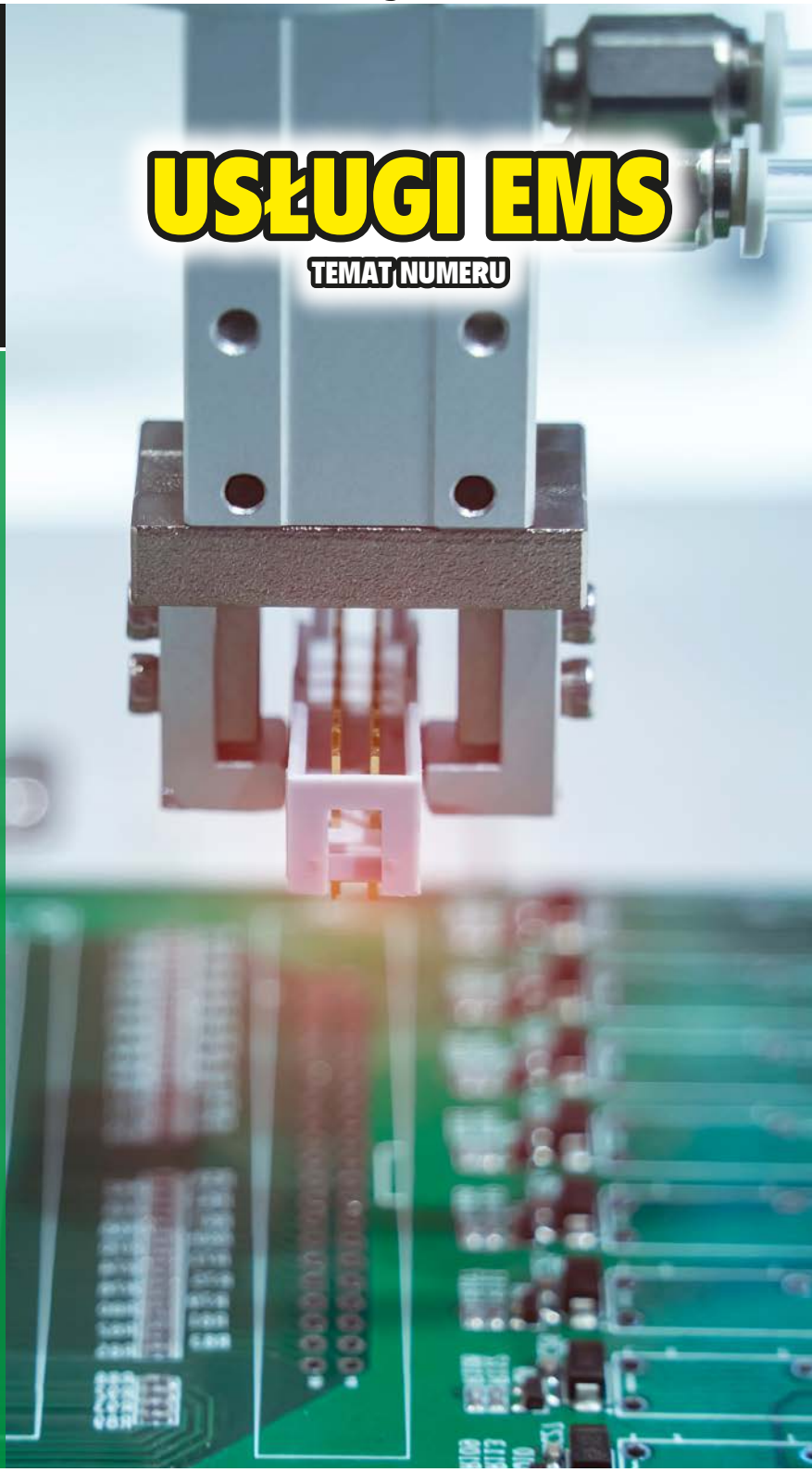
ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● grudzień ● 12/2022 ●

Tylko Prenumeratorzy

- mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP na www.ep.com.pl – **EP W TOKU**
- mają dostęp do materiałów dodatkowych, takich jak pliki źródowe projektów na naszym serwerze **FTP** www.ulubionykiosk.pl/media



USŁUGI EMS

TEMAT NUMERU

inspirujące, użyteczne projekty

Timer z termostatem • Wysokościomierz barometryczny • Zasilacz warsztatowy • SCL – zaawansowany sterownik oświetlenia schodowego • Moduł bezpiecznika elektronicznego z układem NIS5420 • Licznik impulsów z podtrzymaniem bateryjnym • Akumulator Li-Ion 3S DIY • Sterownik mikrosilnika krokowego dla Pi Pico • Detektor napięcia sieciowego 230 V AC • Poker Sorter • Choinka świąteczna obserwująca domowników • Bezprzewodowy czujnik poziomu wody • Stacja meteo, czyli czyszczenie szuflad • Gra PONG na bazie Arduino i wyświetlacza LED

tutoriale

EMS to nie tylko montaż • Elementy indukcyjne wysokiej mocy • Elementy indukcyjne w filtrach zasilania • Produkcja zawsze zaczyna się od projektu. Kompleksowa oferta kluczem do sukcesu • Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE. Zaawansowane kondycjonery sygnałów termoparowych

kursy

Kurs FPGA Lattice. Pierwszy projekt

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR
ISSN 1230-3526 Indeks 357677
12 >
9 771230 352221

ELEMENTY INDUKCYJNE W OBWODACH ZASILANIA

eprasa.pl 9df22a5208

Zaprenumeruj „Elektronikę Praktyczną”, a zawsze dostaniesz najnowszy numer wprost do Twojej skrzynki!

na start
do 6* wydań gratis

po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty do 12* wydań gratis

* Cena prenumeraty rocznej **na start** wynosi 207,90 zł. Przy zamówieniu prenumeraty dwuletniej za 340,20 zł oszczędność wynosi równowartość sześciu wydań „Elektroniki Praktycznej”.

Przedłużasz prenumeratę? Aby otrzymać zniżkę lojalnościową, przedłuż prenumeratę po zalogowaniu się do swojego panelu na **www.ulubionykiosk.pl**, gdzie znajdziesz atrakcyjną ofertę prenumeraty, która uwzględnia przysługujące Ci zniżki za lojalność. Po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty otrzymasz **rabat 50%** na prenumeratę dwuletnią.

Oferta dotyczy prenumeraty drukowanej.

Wszystkie opcje prenumeraty i e-prenumeraty znajdziesz na stronie

www.UlubionyKiosk.pl

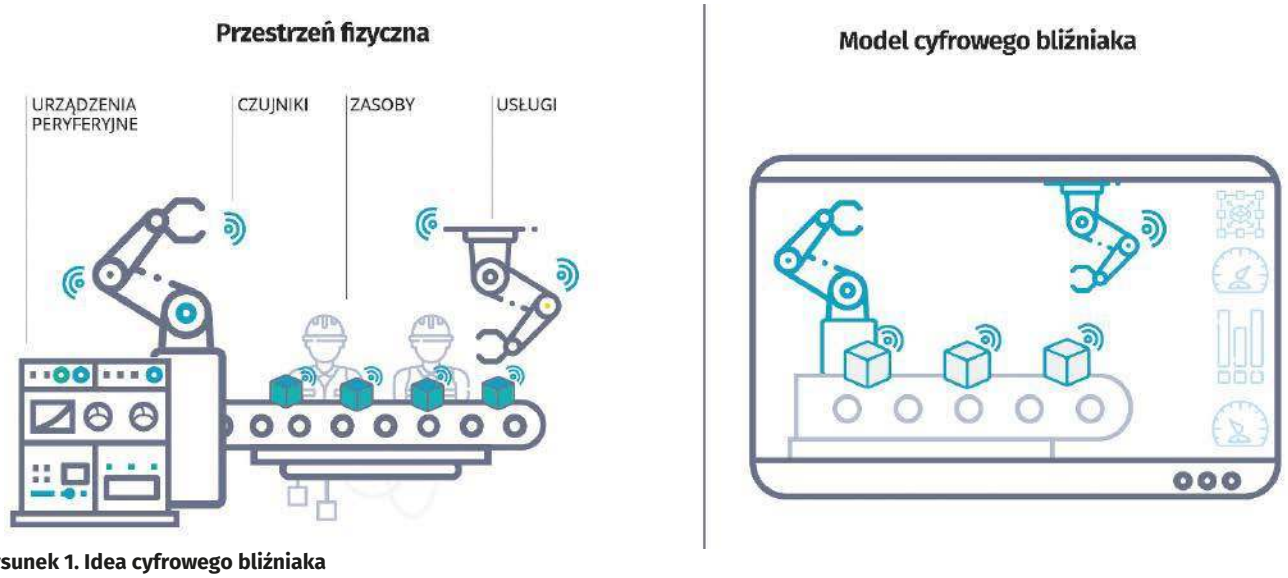
prenumerata@avt.pl

AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, konto 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

eprasa.pl 9df22a5208

Cyfrowe bliźniaki

Internet Rzeczy bez większych przeszkód wkroczył do zastosowań przemysłowych i jest określany jako IIoT (*Industrial Internet of Things*). Umożliwia przede wszystkim stałe monitorowanie procesów produkcyjnych oraz dostosowanie planu konserwacji i serwisowania. Zintegrowany z systemami ERP (*Enterprise Resource Planning*) pozwala zarządzać zasobami i zużyciem energii i w efekcie optymalizować procesy produkcyjne. Z kolei integracja z systemami CRM (*Customer Relationship Management*) pozwala budować zautomatyzowane struktury z obsługą w czasie rzeczywistym. To wszystko spowodowało, że IIoT bardzo ściśle połączył fizyczne zasoby operacyjne – maszyny, roboty, czujniki i całe linie produkcyjne – z wirtualnymi systemami informatycznymi.



Rysunek 1. Idea cyfrowego bliźniaka

Połączenie dwóch branż, dwóch technologii, dwóch zasobów o różnych możliwościach zwykle prowadzi do powstania czegoś nowego. W naszym przypadku jest to powstanie cyberfizycznych systemów produkcyjnych – CPS (*Cyber-Physical Systems*), które w najbardziej zaawansowanym rozwinięciu tworzą cyfrowe bliźniaki (*Digital Twins*). Są to cyfrowe repliki fizycznych obiektów i procesów bazujące na danych, które są na bieżąco dostarczane z wielu sensorów i przetwarzane w czasie rzeczywistym z zastosowaniem inteligentnych algorytmów. Każdy fizyczny produkt czy proces produkcyjny może mieć swoje cyfrowe odwzorowanie w świecie wirtualnym. Im bardziej precyzyjne jest takie odwzorowanie, tym bardziej jest użyteczne, a to z kolei zależy od jakości danych dotyczących parametrów produktów czy linii produkcyjnej i szybkości ich przesyłania. Są w dużym stopniu interaktywne, zwłaszcza w przypadku zastosowania do ich obsługi wirtualnej lub rozszerzonej rzeczywistości (*Virtual/Augumented Reality*).

Technologia cyfrowego bliźniaka daje wgląd w specyfikę działania złożonych elementów maszyn i umożliwia testowanie ich funkcjonowania w zróżnicowanych warunkach. Pozwala też zoptymalizować plan napraw i konserwacji. Symulowane procesy fabryczne pozwalają na lepsze zorganizowanie produkcji, a następnie wprowadzenie fizycznych zmian do urządzeń wykonawczych. To wszystko ułatwia prototypowanie, obniżając jego koszt za sprawą wirtualnych, szybkich i skalowanych testów. W konsekwencji zapewnia też optymalizację procesów decyzyjnych w produkcji, logistyce i sprzedaży. Krótkie prezentacje możliwości takich rozwiązań pokazują filmy: https://youtu.be/-jOEdJq-7mc i https://youtu.be/H2e09ou5olE.

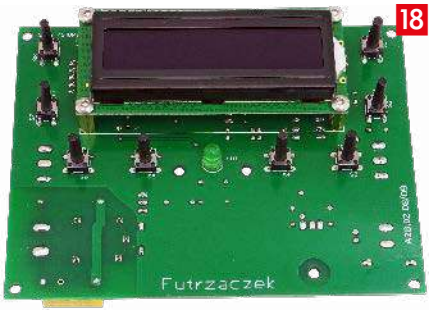
Zbliżamy się do końca kolejnego roku. To dobry moment, aby podziękować wszystkim autorom artykułów publikowanych w EP. Każdy z nich jest elektronikiem zawodowo lub hobbystycznie, każdy specjalizuje się w którejś z dziedzin elektroniki i każdy z nich dołożył starań, aby podzielić się wiedzą i doświadczeniem z innymi. Wszystkim tym osobom, naszym Czytelnikom oraz ich rodzinom chciałbym życzyć dużo zdrowia, czasu i ciepła w trakcie, zbliżających się świąt.

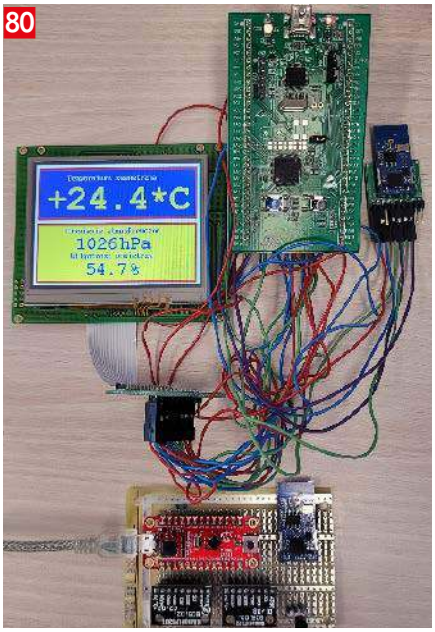
Damian Sasnowski

eprasa.pl 9df22a5208

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 12 (359) • Grudzień 2022





Nie przeocz

Nowe podzespoły 5
Dodaj do obserwowanych 10
Konkurs 27
Koktajl niusów 95

Projekty

Timer z termostatem 18
Wysokościomierz barometryczny 23
Zasilacz warsztatowy (1) 28
SCL – zaawansowany sterownik oświetlenia schodowego (2) 34

Miniprojekty

Moduł bezpiecznika elektronicznego z układem NIS5420 38
Licznik impulsów z podtrzymaniem bateryjnym 39
Akumulator Li-Ion 3S DIY 42
Sterownik mikrosilnika krokowego dla Pi Pico 44
Detektor napięcia sieciowego 230 V AC 46

Projekty czytelników

Poker Sorter 54

Temat numeru: Usługi EMS

EMS to nie tylko montaż 48

Prezentacje

Produkcja zawsze zaczyna się od projektu.
Kompleksowa oferta kluczem do sukcesu 53

Poradnik implementacji

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (20).
Zaawansowane kondycjonery sygnałów termoparowych 58

Elektronika w praktyce

Elementy indukcyjne wysokiej mocy 62
Elementy indukcyjne w filtrach zasilania 66

Projekty SOFT

Choinka świąteczna obserwująca domowników 72
Bezprzewodowy czujnik poziomu wody 76
Stacja meteo, czyli czyszczenie szuflad (1) 80
Gra PONG na bazie Arduino i wyświetlacza LED 87

Kursy

Kurs FPGA Lattice (2). Pierwszy projekt 91

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Hity następnego numeru 99

Dodatkowe materiały do artykułów znajdziesz na https://ulubionykiosk.pl/media

Szczegóły na stronie 71

eprasa.pl 9df22a5208

nowe podzespoły

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

Seria oscylatorów TCXO o bardzo małej wrażliwości na przyspieszenia

Oscylatory TCXO nowej serii T1276, zaprojektowane specjalnie do pracy w przestrzeni kosmicznej, wyróżniają się bardzo małą wrażliwością na przyspieszenia, poniżej 0,07 ppb/g. Są też odporne na promieniowanie jonizujące do 200 krad (Si) TID. W ramach tej serii dostępne są warianty o częstotliwości znamionowej od 2,5 do 120 MHz z wyjściem CMOS i sinusoidalnym. Mogą one pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –55 do +125°C z napięciem zasilania 3,3 lub 5,0 V. Zapewniają odporność na udary i wibracje do 1500 g (0,5 ms) i 50 g (20...2000 Hz). Są zamykane w hermetycznych obudowach DIP o powierzchni 35×20,3 mm i grubości 8,9 mm.

www.greenrayindustries.com

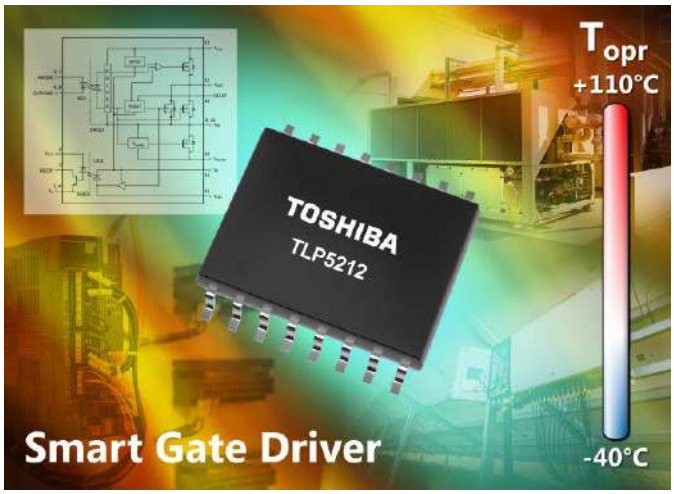
Diody o ultramałej pojemności do realizacji zabezpieczenia ESD interfejsów samochodowych

Nexperia rozszerza ofertę diod zabezpieczających ESD o bardzo małej pojemności o cztery nowe modele, przeznaczone do realizacji zabezpieczeń szybkich linii danych w elektronice samochodowej. Zapewniają one ochronę interfejsów USB 3.2, HDMI 2.0 i LVDS w systemach informacyjno-rozrywkowych. Oferta obejmuje dwie wersje zamykane w 2-wyprowadzeniowych obudowach DFN1006BD

Oznaczenie	Typ obudowy	Wymiary	Konfiguracja	Liczba linii	V	Cd	I	V
PESD5V0C1BLS-Q	SOD882BD (DFN1006BD-2)	1×0,6×0,47	dwukierunkowa	1	5	<0,3	6,5	15
PESD5V0C1ULS-Q			jednokierunkowa			<0,6		
PESD5V0C2UM	SOT883-2 (DFN1006-3)			2		0,5		
PESD5V0C2UM-Q						0,5		

(PESD5V0C1BLS-Q i PESD5V0C1ULS-Q), przeznaczone do ochrony pojedynczych linii danych oraz dwie w 3-wyprowadzeniowych obudowach DFN1006 (PESD5V0C2UM i PESD5V0C2UM-Q), przeznaczone do ochrony linii różnicowych. Wszystkie wersje charakteryzują się małą pojemnością wewnętrzną (od 0,3 pF), zapewniającą bardzo dobrą integralność sygnału oraz małą rezystancję wewnętrzną, od 0,27 Ω. Wersje z sufiksem „-Q" uzyskały kwalifikację AEC-Q101. PESD5V0C1BLS-Q to dioda zapewniająca ochronę jednokierunkową, a pozostałe realizują ochronę dwukierunkową. Wszystkie cztery modele charakteryzują się identycznymi wymiarami (1,0×0,6×0,47 mm), napięciem VRWM równym 5 V i prądem IPPM równym 6,5 A. Realizują ochronę przed wyładowaniami do 15 kV.

www.nexperia.com



Sterownik bramek tranzystorów IGBT/MOSFET z wewnętrzną barierą optoizolacyjną

TLP5212 to kolejny sterownik bramek tranzystorów IGBT i MOSFET z wewnętrzną barierą optoizolacyjną z oferty firmy Toshiba, mogący znaleźć zastosowanie w falownikach, serwonapędach AC i zasilaczach UPS. Zawiera on parę wewnętrznych tranzystorów n-MOS w stopniu wyjściowym, zapewniających wydajność prądową ±2,5 A. Charakteryzuje się czasem propagacji do 250 ns. Nadaje się do pracy w warunkach przemysłowych; jego zakres dopuszczalnej temperatury pracy wynosi od –40 do +110°C.

TLP5212 zawiera wewnętrzne obwody zabezpieczające oraz izolowane wyjście Fault. Po zadziałaniu zabezpieczenia wymaga podania sygnału wejściowego w celu powrotu do normalnej pracy. W przygotowaniu jest jego odpowiednik TLP5222 z automatycznym restartem.

eprasa.pl 9df22a5208

Układ jest zamykany w obudowie SO16L o wymiarach 10,3×10,0×2,3 mm, zapewniającej minimalną drogę upływu 8 mm, co pozwala na zastosowania w aplikacjach wymagających izolacji na poziomie 5000 Vrms.

www.toshiba.semicon-storage.com

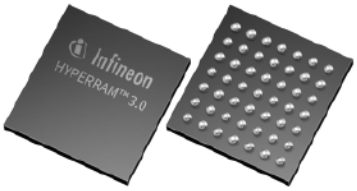
Przekaźnik elektromechaniczny SPST-NO 16 A/400 VAC o temperaturze pracy do +105°C

W temperaturze szkodliwej dla innych podobnych przekaźników, model RHT34024 działa normalnie. Jego maksymalny prąd przełączania wynosi 16 A. Jest to przekaźnik SPST-NO przystosowany do montażu na płytce drukowanej, mogący przełączać napięcia do 400 VAC. Pracuje ze znamionowym napięciem wejściowym 24 VDC, przy czym dostępny jest też odpowiednik 12-woltowy o oznaczeniu RTH34012.

RHT34024 może znaleźć zastosowanie nawet w najbardziej wymagających środowiskach przemysłowych. Jego zakres dopuszczalnej temperatury pracy rozciąga się od –40 do +105°C, co pozwala na montaż w urządzeniach wytwarzających dużą ilość ciepła, np. boilerach. Kolejną zaletą jest długi czas bezawaryjnej pracy oraz możliwość łatwej wymiany w przypadku montażu w podstawce (np. RT7872P, RT78725 lub RT78726). Wymiary modelu RHT34024 wynoszą 29×12,7×15,7 mm. Zapewnia on izolację do 5000 V rms między kontaktami wyjściowymi i cewką.

www.soselectronic.com

Pamięci HYPERRAM 3.0 o przepustowości do 800 MBps



Infineon rozszerza ofertę pamięci RAM o dużej przepustowości i małej liczbie wyprowadzeń o nowe pamięci HYPERRAM 3.0 o pojemności 256 Mb. Zawierają one rozszerzony, 16-bitowy interfejs HyperBus, zapewniający przepustowość do 800 MBps. Są to pamięci energooszczędne, doskonale nadające się do aplikacji wymagających buforowania sygnałów wideo i wykonujących intensywne obliczenia matematyczne, a także automatyki przemysłowej, AIoT i motoryzacji.

HYPERRAM to pamięć ulotna oparta na PSRAM, zapewniająca szybkość transmisji porównywalną z SDR DRAM, ale przy mniejszej liczbie wyprowadzeń i mniejszym poborze mocy. Zwiększona przepustowość danych interfejsu HyperBus w przeliczeniu na pojedyncze wyprowadzenie umożliwia współpracę z mikrokontrolerami o mniejszej liczbie wyprowadzeń oraz stosowanie płytek drukowanych z mniejszą liczbą warstw. Daje to możliwości tworzenia projektów o mniejszej złożoności i niższej cenie.

Firma Infineon wprowadziła na rynek pierwszą generację pamięci HYPERRAM obsługujących interfejs HyperBus w 2017 roku. Pamięci HYPERRAM drugiej generacji, wprowadzone w 2021 roku, zapewniały obsługę interfejsów zgodnych z Octal xSPI i HyperBus JEDEC o szybkości transmisji do 400 Mbps. Układy HYPERRAM trzeciej generacji obsługują nowy, rozszerzony interfejs HyperBus, umożliwiający transfer danych z szybkością 800 MBps. Są obecnie dostępne w obudowach BGA-49 o powierzchni 8×8 mm. Pracują z napięciem zasilania 1,8 V.

Pamięci rodziny HYPERRAM występują w wersjach o pojemności od 64 Mb do 512 Mb. Uzyskały kwalifikację AEC-Q100 i nadają się do pracy w temperaturze otoczenia do 125°C.

www.infineon.com

Antena GNSS do montażu w rogu płytki drukowanej

Agosti SR4G080 to nowa antena GNSS firmy Antenova, przystosowana do montażu w rogu płytki drukowanej. Jej kluczową zaletą jest mała wymagana płaszczyzna uziemienia. Większość anten SMD wykorzystuje powierzchnię PCB wokół anteny jako płaszczyznę uziemienia do emitowania sygnału, więc to wymóg odnośnie do jej wymiarów, a nie wymiarów fizycznych samej anteny, określa potrzebną przestrzeń. Wyniki pomiarów promieniowania przeprowadzonych przez firmę Antenova pokazują, że Agosti działa dobrze na małych płaszczyznach uziemienia o wymiarach 40×20 mm, 70×25 mm lub 80×30 mm w zależności od wersji, co czyni ją doskonałym wyborem w przypadku urządzeń produkowanych w małych obudowach.

Wymiary anteny wynoszą 9,0×5,8×1,7 mm. Jest ona przeznaczona do pracy w zakresie częstotliwości od 1559 do 1609 MHz. Charakteryzuje się sprawnością 50%. Nadaje się do pracy w sąsiedztwie innych anten. Została pod tym kątem przetestowana z modelem Pharoah (ozn. SR4L073), również wymagającym bardzo małej płaszczyzny uziemienia. Obie anteny zapewniają doskonałą izolację i mogą pracować blisko siebie bez interferencji sygnałów 4G z czułymi odbiornikami GNSS.

Małe anteny SMD, takie jak Agosti, stanowią interesującą alternatywę dla delikatnych anten ceramicznych, powszechnie stosowanych w odbiornikach GNSS. Są nie tylko znacznie mniejsze, ale też zapewniają lepszą charakterystykę dookólną. Anteny ceramiczne zajmują zazwyczaj powierzchnię 12 lub 14 mm², są cięższe od anten SMD i wymagają znacznie większej płaszczyzny uziemienia. Muszą być umieszczane na środku płytki drukowanej i działają dobrze tylko wtedy, gdy są skierowane w niebo. Anteny SMD nowej generacji firmy Antenova nie wykazują tych ograniczeń i działają niezależnie od orientacji urządzenia.

www.antenova.com

35-amperowy stopień mocy GaN do układów napędowych i wzmacniaczy audio

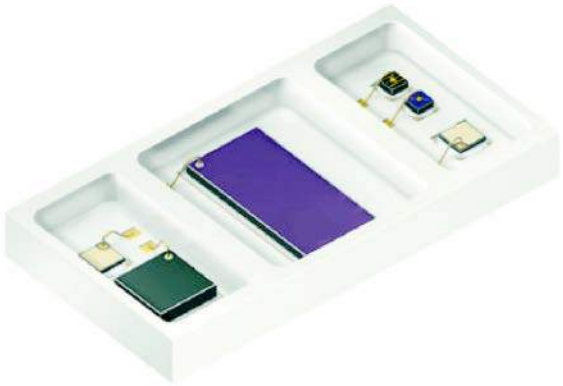
Firma EPC opracowała kolejny stopień mocy rodziny ePower, przeznaczony do układów napędowych i wzmacniaczy audio klasy D. Jest to układ półmostkowy, zrealizowany w technologii GaN, pracujący z maksymalnym napięciem 100 V i częstotliwością taktowania od 5 kHz do 3 MHz. Zapewnia wydajność prądową 35 A. W konfiguracji konwertera buck o napięciu wejściowym 48 V i napięciu wyjściowym 12 V pozwala uzyskać sprawność przekraczającą 96% przy

eprasa.pl 9df22a5208

częstotliwości taktowania 1 MHz. Struktura wewnętrzna EPC23102 obejmuje też interfejs wejściowy, kompatybilny z poziomami napięć CMOS 3,3 V i 5 V, przesuwnik poziomów logicznych, układ doładowania bootstrap oraz układ sterowania bramek tranzystorów wyjściowych high-side i low-side.

EPC23102 jest zamykany w obudowie QFN o powierzchni 5,0×3,5 mm. Jego cena hurtowa wynosi 5,40 USD przy zamówieniach 1000 sztuk. W ofercie firmy EPC jest też dostępna płytka ewaluacyjna (ozn. EPC90147) w cenie 200 USD.

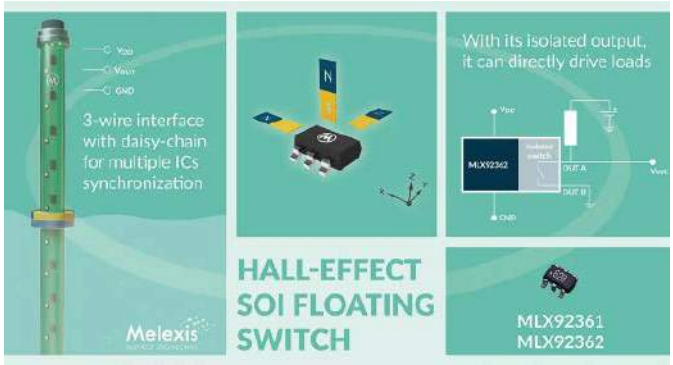
www.epc-co.com



Wielochipowy pakiet czujników biometrycznych z trzema typami emiterów i dwoma detektorami

Firma Osram opracowała nowy, wielochipowy pakiet czujników biometrycznych BIOFY SFH 7072, umożliwiający realizację przenośnych czujników tętna i nasycenia krwi tlenem w zegarkach, smartfonach, opaskach fitness i innych urządzeniach przenośnych. Zawiera on dwa emitery światła zielonego, pracujące na długości fali 526 nm, emiter światła czerwonego (660 nm), emiter podczerwieni (950 nm) oraz dwa detektory szerokopasmowe 410...1100 nm. Wszystkie trzy emitery pracują z kątem emisji ±60°. Układ został zoptymalizowany pod kątem zapewnienia silnego sygnału PPG. Jest produkowany w chipowej obudowie o wymiarach 7,5×3,9×0,9 mm. Zawiera zabezpieczenie ESD do 2 kV.

www.osram.com



Przełączniki Halla z izolowanym wyjściem przekaźnikowym do monitorowania poziomu cieczy

Przełączniki Halla MLX92362 i MLX92361 firmy Melexis zostały zaprojektowane do zastosowań jako zamienniki przekaźników kontaktronowych m.in. w systemach monitorowania poziomu cieczy. Są to miniaturowe układy, zamykane w obudowach TSOT-6L o wymiarach 3×3×1 mm, realizujące pomiar natężenia pola magnetycznego w dowolnej płaszczyźnie. Różnią się sposobem programowania

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

Autoryzowany dystrybutor Altium w Polsce

Nowy Altium Designer 23
na Nowy Rok
Sprawdź promocje świąteczne

ALTIUM DESIGNER

Pracuj SZYBCIEJ
Zyskaj WIĘCEJ

Wybierz zunifikowane środowisko projektowania elektroniki łączące wszystkie narzędzia do projektowania PCB w jednej aplikacji

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

eprasa.pl 9df22a5208

wartości progowej pola i współczynnika temperaturowego: fabrycznie (MLX92361) lub po zamontowaniu w aplikacji docelowej (MLX92362). Wyjście przełączające obu układów charakteryzuje się obciążalnością prądową 100 mA i jest odizolowane od pozostałych bloków wewnętrznych, dzięki czemu może być podłączone do potencjałów powyżej wartości na linii VDD lub poniżej wartości na linii GND.

MLX92362 i MLX92361 zawierają zabezpieczenie termiczne i podnapięciowe. Są zdatne do pracy w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +150°C. Ich zakres napięcia zasilania wynosi od 4,5 do 28 V, a typowy pobór prądu to 180 µA. Zaletą w stosunku do przekaźników są mniejsze wymiary oraz brak elementów ruchomych, zapewniający dłuższy czas bezawaryjnej pracy. Istnieje możliwość synchronizowania pracy kilku przełączników za pomocą linii SYNC.

www.melexis.com

Szybkie 64-bitowe mikroprocesory do zaawansowanych interfejsów HMI o dużej rozdzielczości

Szybkie 64-bitowe mikroprocesory grupy RZ/A3UL pozwalają na realizację graficznych interfejsów użytkownika o dużej rozdzielczości. Są one taktowane zegarem do 1 GHz i mogą pracować pod kontrolą systemów operacyjnych czasu rzeczywistego, pozwalając w pełni wykorzystać ich możliwości, w tym skrócić czas startu aplikacji do mniej niż 1 sekundy. Cecha ta jest istotna w systemach wymagających szybkiej reakcji, takich jak sprzęt przemysłowy, urządzenia AGD czy terminale POS.

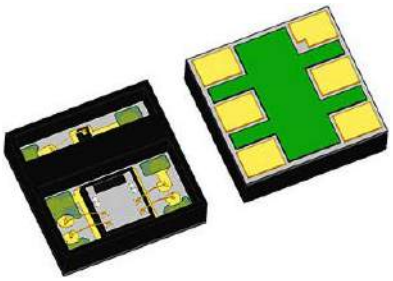
Mikroprocesory grupy RZ/A3UL zawierają jednostkę obliczeniową ARM Cortex-A55. Dostępne są wśród nich również wersje z obsługą interfejsów szybkich pamięci DDR3L/DDR4 i interfejsów Octal-SPI. Umożliwiają one współpracę z wyświetlaczami wyższej klasy o rozdzielczości HD (1280×720) oraz z bardziej zaawansowanymi interfejsami HMI, korzystającymi z kamer i różnego typu czujników.

Mikroprocesory RZ/A3UL obsługują dwa popularne systemy RTOS: FreeRTOS i Azure RTOS. Ponieważ firma Renesas jest dostawcą licencji na Azure RTOS dla rodziny RZ, użytkownicy mogą po prostu pobrać pakiet Azure RTOS z serwisu GitHub i natychmiast rozpocząć pracę. Ponadto Renesas oferuje elastyczny pakiet oprogramowania ze sterownikami FreeRTOS i HAL (Hardware Abstraction Layer), które programiści mogą wykorzystać jako punkt odniesienia podczas tworzenia własnych aplikacji. Obszerny pakiet oprogramowania middleware jest również dostępny do obu systemów operacyjnych, co dodatkowo skraca czas i obniża koszty projektowania.

Funkcje peryferyjne i przypisania pinów w RZ/A3UL są kompatybilne z tymi w mikroprocesorach grupy RZ/G2UL, przeznaczonych do aplikacji HMI i opartych na systemie Linux oraz w mikroprocesorach RZ/Five, opartych na RISC-V. Oznacza to możliwość opracowywania nowych produktów przy użyciu tej samej konstrukcji płytki, poprzez prostą wymianę chipa. Kompatybilność ta umożliwia również łatwe przejście z produktów obsługujących RTOS do tych opartych na systemie Linux, ułatwiając rozwój wielu wariantów.

www.renesas.com

Czujnik fotoelektryczny odbiciowy w obudowie SMT



NJL5821R/22R to miniaturowy czujnik fotoelektryczny z wbudowanym emiterem IR 940 nm i fotodetektorem, produkowany w płaskiej 6-wyjściowej obudowie SMT o wymiarach 2,6×2,5×0,8 mm. Może być stosowany m.in. do pomiaru prędkości, kąta i położenia przy współpracy z taśmą kodową w zakresie temperatury otoczenia od –30 do +105°C. Zawiera dwufazowe wyjście cyfrowe z sygnałami przesuniętymi o 90°.

Układ występuje w wariantach o różnej rozdzielczości: 150 lpi (ozn. NJL5821R) i 180 lpi (NJL5822R). Pracuje z napięciem zasilania od 2,7 do 5,5 V, pobierając moc poniżej 50 mW. Charakteryzuje się czasem narastania/opadania sygnału wyjściowego równym 0,1 µs. Dopuszczalny zakres odległości powierzchni czujnika od taśmy kodowej wynosi od 0,5 do 5,0 mm.

www.nisshinbo-microdevices.co.jp

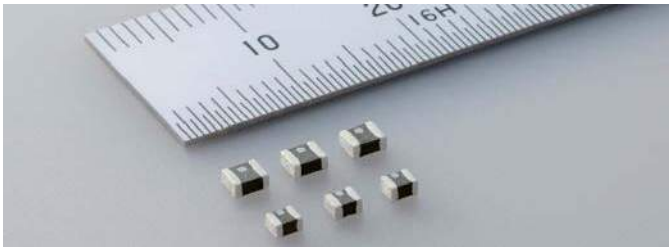
Małogabarytowe transformatory SMD o izolacji do 3000 VAC

Małogabarytowe transformatory SMD serii E13EMHV (ozn. B78308*A003) firmy TDK nadają się idealnie do zastosowań w konwerterach DC-DC o różnych topologiach. Charakteryzują się napięciem roboczym 1000 VDC, izolacją pomiędzy uzwojeniem pierwotnym i wtórnym wynoszącą do 3000 VAC (50 Hz, 60 s) oraz odpornością na przepięcia do 2500 VP-P. Są produkowane w obudowach rozmiaru 15,8×12,9×11,4 mm o odstępie izolacyjnym min. 8,14 mm i drodze upływu min. 11,2 mm, zgodnie z wymogami normy IEC 60664-1.

Seria E13EMHV obejmuje dwa transformatory do konwerterów flyback o przekładni 1:0,22:0,78 i 1:0,33:0,7 oraz trzy do konwerterów push-pull i half-bridge, dostępne w wersjach o przekładni 1:1,07 i 1:1:0,57:2,14. Wszystkie mogą pracować w zakresie temperatury otoczenia od 100 kHz do 500 kHz i charakteryzują się małą pojemnością sprzężenia na poziomie 2 pF. Uzyskały kwalifikację AEC-Q200 Rev. D. Są przystosowane do pracy w temperaturze otoczenia od –40 do +150°C.

www.tdk-electronics.tdk.com

eprasa.pl 9df22a5208



Chipowe cewki drutowe z kwalifikacją AEC-Q200 o małej rezystancji DC i dużym prądzie znamionowym

Taiyo Yuden wprowadza do sprzedaży serię wysokoprądowych cewek chipowych MCOIL LCEN z kwalifikacją AEC-Q200, przeznaczonych do pracy w elektronice samochodowej. Mogą one pracować w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +125°C. Występują w 13 wariantach o indukcyjności od 0,15 µH do 4,7 µH, zamykanych w dwóch typach obudów rozmiaru 2,0×1,6×1,2 mm i 2,5×2,0×1,2 mm. Charakteryzują się małą rezystancją DC, wynoszącą już od 9 mΩ i pomimo małych gabarytów, mogą pracować z dużym prądem znamionowym do odpowiednio 5,5 A i 6,7 A.

www.yuden.co.jp

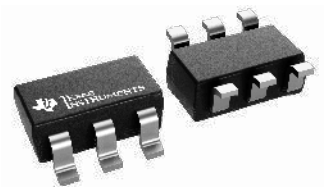
Cewka wysokotemperaturowa 0,22 µH rozmiaru 6767 o maksymalnym prądzie przewodzenia 155 A

Nowa cewka indukcyjna IHSR-6767GZ-5A firmy Vishay wyróżnia się dużą dopuszczalną temperaturą pracy, dużym dopuszczalnym prądem przewodzenia do 155 A i bardzo małym współczynnikiem DCR/µH. Jest to cewka z kwalifikacją AEC-Q200, zaprojektowana do zastosowań w elektronice motoryzacyjnej, zamykana w ekranowanej, kompozytowej obudowie rozmiaru 6767 (17,15×17,15×7,0 mm) o bardzo małym przydźwięku akustycznym. Pracuje w maksymalnej temperaturze otoczenia +155°C. Może znaleźć zastosowanie w filtrach i wielofazowych, wysokoprądowych przetwornicach DC-DC, pracujących z częstotliwością taktowania do 5 MHz.

IHSR-6767GZ-5A charakteryzuje się dwukrotnie mniejszą rezystancją DC od innych cewek wysokoprądowych, wynoszącą typowo 0,24 Ω oraz mniejszymi wymiarami od podobnych cewek ferrytowych. Zapewnia odporność na gwałtowne zmiany temperatury, wilgoć i udary mechaniczne. Może przewodzić duże impulsy prądowe bez wchodzenia w nasycenie.

www.vishay.com

Rodzina precyzyjnych źródeł napięciowych o poborze prądu 0,65 µA i dokładności ±0,05%



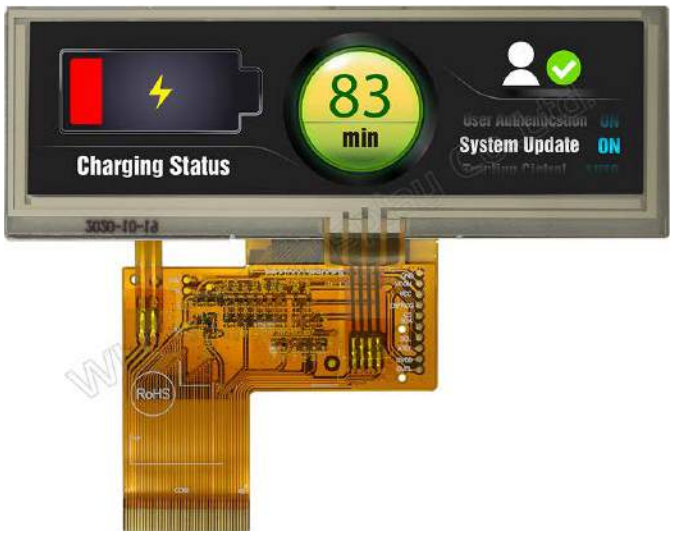
Precyzyjne źródła napięciowe REF35 firmy Vishay charakteryzują się energooszczędną pracą, małym dryftem i dużą dokładnością początkową. Ich pobór prądu, wynoszący zaledwie 0,65 µA w stanie aktywnym, można dodatkowo obniżyć do 0,1 µA po przełączeniu w tryb standby. Układy te są specyfikowane w zakresie temperatury od –40 do +105°C, przy czym ich całkowity zakres dopuszczalnej temperatury pracy rozciąga się od –55 do +125°C, pozwalając na zastosowania w aplikacjach przemysłowych. Małe wyjściowe napięcie szumu umożliwia współpracę z przetwornikami o rozdzielczości do 16 bitów.

Źródła serii REF35 występują w 11 wersjach o napięciu wyjściowym 1,024; 1,2; 1,25; 1,6; 1,8; 2,048; 2,5; 3,0; 3,3; 4,096 i 5,0 V. Są zamykane w dwóch typach obudów: SOT-23-6 i WCSP-4.

Pozostałe parametry:

- błąd początkowy: maks. ±0,05%,
- współczynnik temperaturowy: maks. 12 ppm/°C w zakresie –40...+105°C,
- szum 1/f: 3,3 ppm (0,1...10 Hz),
- stabilność długoterminowa: 40 ppm @ 1000 godzin,
- wydajność prądowa wyjścia: +10 mA/–5 mA,
- napięcie dropout (VDO): 250 mV @ 10 mA,
- zakres napięcia wejściowego: od VREF + VDO do 6 V.

www.ti.com



Nowe wyświetlacze panoramiczne od Winstar o wysokiej jasności

Wyświetlacze typu WF39ESWASDNN0#, WF39ESWASDNG0# i WF39ESWASDNT0# to 3,9-calowe ekrany LCD-TFT o rozdzielczości 480×128 px. Podstawową wersją jest WF39ESWASDNN0#, czyli wyświetlacz bez sensora dotykowego. Pozostałe warianty są rozbudowane o panel dotykowy z technologią pojemnościową w WF39ESWASDNG0# i rezystancyjną w WF39ESWASDNT0#. Są to wyświetlacze o wysokiej jasności, którą producent określił na poziomie 1000 cd/m² dla WF39ESWASDNN0# oraz 800 i 700 cd/m² dla WF39ESWASDNG0# i WF39ESWASDNT0#. Dzięki wysokiej jasności, a także kontrastowi 800:1 i kątom obserwacji 80°/80°/80°/80° – prezentowane treści będą czytelne zarówno w świetle, jak i w mroku. W tabeli zestawiono wybrane parametry modeli WF39ESWASDNN0#, WF39ESWASDNG0# i WF39ESWASDNT0#. Urządzenia wyróżniają się szerokim zakresem temperatur – producent gwarantuje ich bezawaryjną pracę w zakresie temperatur od –30 do 85°C. To sprawia, że doskonale sprawdzą się w aplikacjach zewnetrznych, takich jak automaty vendingowe, parkomaty, biletomaty, stacje ładowania, kasy samoobsługowe, itp.

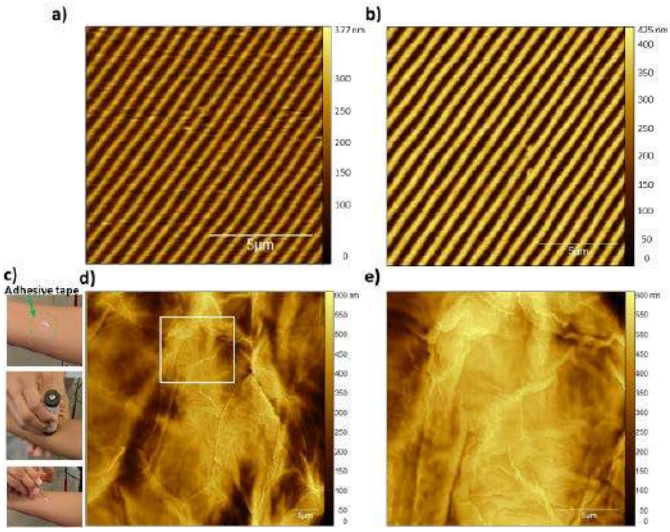
www.unisystem.pl

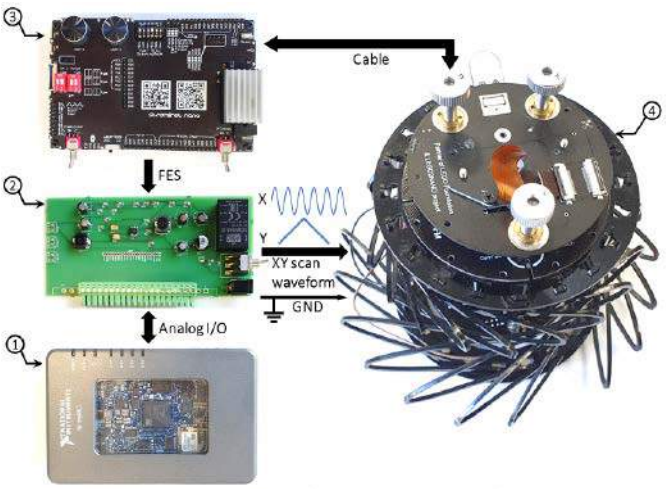
model	WF39ESWASDNN0#	WF39ESWASDNG0#	WF39ESWASDNT0#
przekątna	3,9”	3,9”	3,9”
rozdzielczość	480×128 px	480×128 px	480×128 px
jasność	1000 cd/m	800 cd/m	700 cd/m
kontrast	800:1	800:1	800:1
kierunek obserwacji	80° /80° /80° /80<	80° /80° /80° /80<	80° /80° /80° /80<
wymiary zewnętrzne	105,5×37,0×3,05 mm	105,5 × 37,0 × 5,2 mm	105,5×37,0×4,58 mm
zakres temperatur pracy	–30...85°C	–30...85°C	–30...85°C
interfejs	RGB	RGB	RGB
panel dotykowy	nie	tak, pojemnościowy	tak, rezystancyjny

eprasa.pl 9df22a5208

dodaj do obserwowanych

Przedstawiamy redakcyjny wybór najciekawszych projektów 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.





1) Open-source controller (myRIO-1900, NI) 2) Open-source buffer circuit, 3) Simplified AFM controller, 4) Simplified AFM (Head and supporting structure)

Niedrogi system do obrazowania w nanoskali

Głównym elementem tego systemu jest sterownik do realizacji szybkiego mikroskopu sił atomowych. Podstawowym założeniem projektu było utworzenie niedrogiej konstrukcji i opublikowanie jej jako projektu typu open source. Pozostałe założenia sterownika to:

- maksymalna prędkość próbkowania do 5093 µm/s (9,3 s/klatkę),
- prędkość skanowania 100 razy większa niż prędkość poprzedniego kontrolera AFM,
- HS-AFM o rozdzielczości 512×512 pikseli i obszarze obrazowania do 46,3×46,3 µm.

Niedrogi HS-AFM ma pozwolić na obrazowanie nanotekstury np. ludzkich korneocytów skóry. Szybkie mikroskopy sił atomowych (HS-AFM) o wysokiej rozdzielczości czasowej umożliwiają wizualizację zjawisk dynamicznych w rozdzielczości nanoskali. Jednak HS-AFM są bardziej złożone i droższe niż konwencjonalne AFM, a szczegóły dotyczące kontrolera HS-AFM nie były wcześniej publikowane, szczególnie jako otwarty projekt.

Autor zaprezentowanego projektu, Edwin Hwu, wskazuje, że wysokie bariery wejścia utrudniają popularyzację technologii HS-AFM zarówno w zastosowaniach akademickich, jak i przemysłowych. Ponadto systemy HS-AFM na ogół mają bardzo mały obszar obrazowania, który ogranicza zastosowania tej techniki. Zaprezentowane na portalu Hackaday.io (oraz w publikacji linkowanej poniżej) badania opisują kontroler open source, który umożliwia taniemu prostemu systemowi AFM osiągnięcie maksymalnej prędkości próbkowania wynoszącej ponad 5 mm/s (osiąga on 9,3 s/klatkę przy 512×512 pikseli), czyli jest prawie 100 razy wyższa niż w przypadku oryginalnego kontrolera tego mikroskopu.

Dodatkowo, proponowany kontroler podwaja obszar obrazowania do 46,3×46,3 µm w porównaniu z oryginalnym systemem. Niedrogi HS-AFM może z powodzeniem ocenić nasilenie atopowego zapalenia skóry (AD) poprzez pomiar nanotekstury ludzkich korneocytów skóry w trybie stałego wzrostu DC. Bazujacy na tych kontrolerach system HS-AFM kosztuje mniej niż 4000 dolarów, dzięki zastosowaniu rozwiązań open source. Ma to zapewnić instytutom badawczym o ograniczonych zasobach przystępny dostęp do wysokoprzepustowego obrazowania w nanoskali w celu dalszego rozwoju społeczności badawczej, korzystającej z HS-AFM.

http://bit.ly/3AWKz3U
http://bit.ly/3UjGcGY

Radio All Band DSP z nowym firmware

Prezentowane urządzenie to stosunkowo prosty odbiornik radiowy na układzie Si47xx firmy Silicon Labs. To wspaniałe radio jest przede wszystkim wynikiem ciężkiej pracy Ricardo Carattiego, który opracował szczegółową bibliotekę dla układu Si47xx, Gerta Baaka, który był odpowiedzialny za początkowy kod TFT oraz Thiago Limy, który

eprasa.pl 9df22a5208

zbudował zestaw z dotykowym wyświetlaczem TFT. Radio to jest uniwersalnym odbiornikiem, przeznaczonym do bardzo szerokich zastosowań. Układy Si4732 i Si 4735 obsługują modulację FM, AM i SSB (USB i LSB) oraz odbierają RDS na FM. Niestety autor w tej konstrukcji użył modułu radiowego z układem SI4730-B20 oznaczonego NE928-10A V:01, który NIE OBSŁUGUJE LW, SW i FM/RDS, aczkolwiek dzięki kompatybilności układów w obrębie rodziny można wymienić go na układ Si4732, zmieniając jedną płytkę w systemie.

Urządzenie jest stosunkowo proste w budowie i zawiera następujące elementy:

- płytkę z mikrokontrolerem ESP32,
- moduł radiowy SI4730,
- kolorowy wyświetlacz TFT o przekątnej 2,8 cala z ekranem dotykowym,
- wzmacniacz mocy klasy D,
- baterię litową 3,7 V z ładowarką i przetwornicą podwyższającą napięcie,
- enkoder obrotowy i potencjometr, wykorzystywane do sterowania.

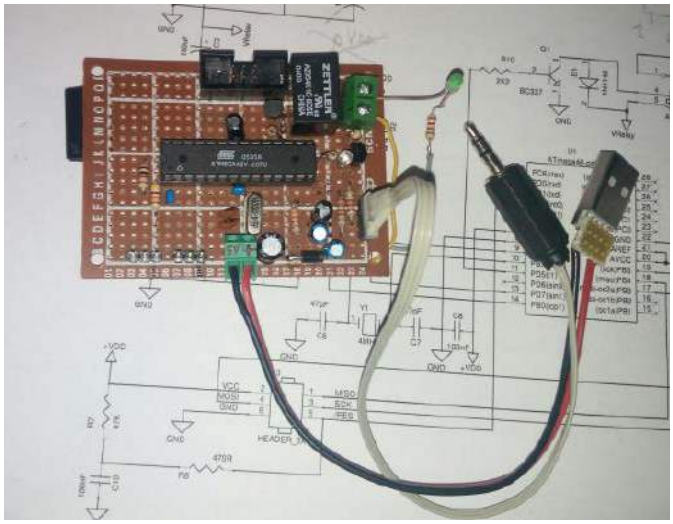
Autor, od czasu publikacji projektu kilka miesięcy temu, jak i samego urządzenia jako gotowego produktu pod nazwą ATS-25 All Band Radio, zdążył już opracować nowe oprogramowanie firmware dla tej konstrukcji. Na portalu Hackaday.io autor, Mirko Pavelski, zamieścił wyczerpujący opis nowego oprogramowania wraz z listą dodanych aktualizacji. Główne ulepszenia polegają na bardziej stabilnej pracy, poprawionej czułości ekranu dotykowego, pracy na ekranie w pionie i innych funkcjach. Całe menu stało się bardziej funkcjonalne i łatwiejsze w obsłudze. Pierwsze, co można zauważyć na ekranie startowym, to więcej informacji o aktualnym trybie pracy. Kolejną bardzo ważną możliwością jest możliwość zmiany głośności przez jednokrotne wciśnięcie gałki strojenia. Teraz nie ma potrzeby stosowania dodatkowego potencjometru.

Najważniejszą nowością, zdaniem autora, jest przepiękny mod Retro-Look, który doskonale oddaje radio w stylu z lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych. Skalę można bardzo łatwo przetłumaczyć i dostosować do lokalnych stacji radiowych, edytując plik Preset.h, po prostu wpisując częstotliwości i nazwy lokalnych stacji radiowych.

Nowe oprogramowanie firmware pozwala na wyświetlanie widma odbieranego sygnału, a także daje możliwość wyświetlania okienka z danymi RDS (nazwa stacji, itp.). Nowe menu ustawień pozwala na większą elastyczność w sterowaniu, a także powrót do ustawień fabrycznych. Finalnie, dodano również tryb CW, z krokami strojenia 100 i 10 Hz, z wyświetlanymi cyframi.

Jednak największą zmianą jest fakt, że jak wskazują informacje autora, jest to ostatnia w pełni otwarta i darmowa wersja firmware. Od kolejnej wersji 4.1 oprogramowanie będzie wymagało aktywacji, co oznacza, że najpewniej nie będzie już darmowe, ale – jak podaje autor – z pewnością zasługuje na wsparcie finansowe z uwagi na wymagany nakład pracy.

http://bit.ly/3XMySGY



Watson – prosty moduł z przekaźnikiem sterowanym przez telefon

Zaprezentowany przez autora system jest w rzeczywistości drugą wersją tego projektu. Pierwsza, opracowana w 2015 roku, była znacznie bardziej złożona, ale dzięki kilku zmianom i zebranemu doświadczeniu udało się ją uprościć. Urządzenie jest prostym, zdalnie sterowanym przekaźnikiem sterowanym np. za pomocą wiadomości SMS. Telefon odbierający SMS jest podłączony do obwodu przez gniazdo audio, a sztuczka układu polega na użyciu spersonalizowanych dźwięków do powiadomień. Bez DTMF, tylko za pomocą specjalnie utworzonej sekwencji dźwięków, która może być skonfigurowana jako sygnał powiadomienia w telefonie.

Pierwsza wersja bazowała na małym obwodzie z mikrokontrolerem PIC12F635 z dodatkiem dekodera tonów DTMF MT8870. Nowy układ jest znacznie prostszy. Założeniem było wyeliminowanie złożonej aplikacji do współpracy i dekodera kodów DTM. Rezultatem jest mały obwód, który można podłączyć za pomocą gniazda audio do dowolnego smartfona, który obsługuje dowolny komunikator. Układ i oprogramowanie wgrane do mikrokontrolera są obecnie skonfigurowane do sterowania tylko jednym przekaźnikiem, ale istnieje możliwość rozbudowy układu w celu sterowania do 16 przekaźnikami.

http://bit.ly/3UpUlSV

REKLAMA

eprasa.pl 9df22a5208

Helium mapper

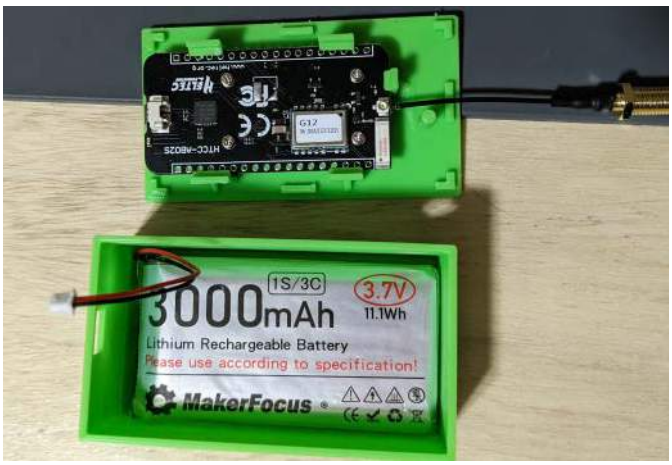
Helium to globalna, rozproszona sieć hotspotów, które zapewniają publiczny zasięg bezprzewodowy dalekiego zasięgu dla urządzeń Internetu Rzeczy (IoT) z obsługą sieci LoRaWAN. Hotspoty wytwarzają i są wynagradzane w HNT, natywnej kryptowalucie blockchain Helium. Blockchain Helium to nowy, publiczny blockchain typu open source, stworzony w całości w celu zachęcenia do tworzenia fizycznych, zdecentralizowanych sieci bezprzewodowych. Dziś blockchain Helium i jego setki tysięcy hotspotów zapewniają dostęp do największej sieci LoRaWAN na świecie.

Celem tego projektu jest stworzenie najlepszej do druku obudowy 3D dla Mappera sieci Helium opartego na CubeCell HTCC-AB02S. Mappery w sieci Helium to urządzenia, które w czasie rzeczywistym mapują zasięg sieci i raportują go do głównego serwera systemu. Jest to potrzebne, aby monitorować zdecentralizowanych dostawców usługi.

Zastosowana w projekcie płytka rozwojowa CubeCell HTCC-AB02S to bogaty w funkcje moduł IoT, integrujący w sobie wydajny rdzeń ARM Cortex M0+ z dużą liczbą linii GPIO, radio LoRa SX1262 wypierające LoRaWAN, niebieski wyświetlacz OLED, odbiornik GPS oraz możliwość podpięcia akumulatora i ładowania go z ogniwa słonecznego. Zintegrowany w systemie układ ASR6052, wraz z transceiverem LoRa Semtech SX1262 pozwala na kompletną obsługę LoRaWAN w wersji 1.0.2. Jak na liczbę zintegrowanych podzespołów, cała płytka jest naprawdę energooszczędna. W trybie głębokiego uśpienia zużywa do 50 μA.

Zaprezentowana w projekcie obudowa konkuruje o bycie najlepszą obudową dla tego mappera. Oferuje kompaktową obudowę dla elektroniki wraz z baterią o pojemności 3000 mAh oraz miejsce do montażu anteny.

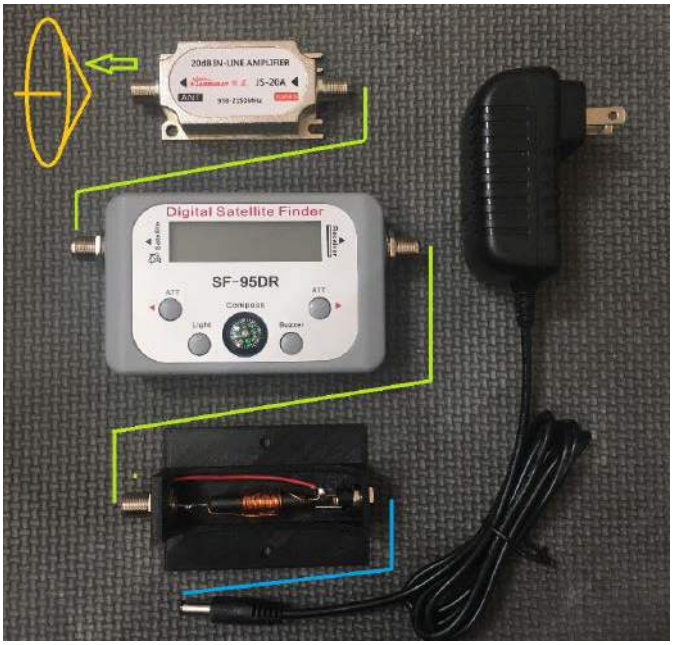
http://bit.ly/3VBD9Lm
http://bit.ly/3inTk0w



Przenośny, zautomatyzowany radioteleskop

Radioteleskopia nie jest tak popularna wśród amatorów, jak jej klasyczna optyczna bliźniaczka. Wynika to głównie z wyższego poziomu trudności przy odbiorze znaczących sygnałów radiowych kosmicznego pochodzenia, jak i mniej zachęcającego wizualnie charakteru wyników. Autor tego projektu, Ameer Mtanio, w ramach projektu edukacyjnego, realizowanego dla jednej ze szkół, z którymi współpracuje jego obserwatorium, postanowił pokazać, że możliwe jest proste i niedrogie zbudowanie radioteleskopu. Dodatkowo, z uwagi na to, że to projekt budowany dla szkoły, musi zapewniać on prostą i atrakcyjną wizualnie prezentację zbieranych danych.

System bazuje na stelażu widłowym ETX-125, który normalnie stosuje się z teleskopami optycznymi. Stelaż ten jest wyposażony w sterowanie elektryczne, dzięki czemu możliwe jest jego automatyczne wycelowanie w dowolny fragment nieba. Zamiast tuby teleskopu optycznego umieszczony jest wydrukowany w 3D uchwyt dla talerza satelitarnego. Wykorzystano tutaj zwykły talerz do telewizji satelitarnej, aby zmniejszyć koszt systemu. Również jako odbiornik anteny wykorzystano komercyjnie dostępny konwerter LNB telewizji satelitarnej.

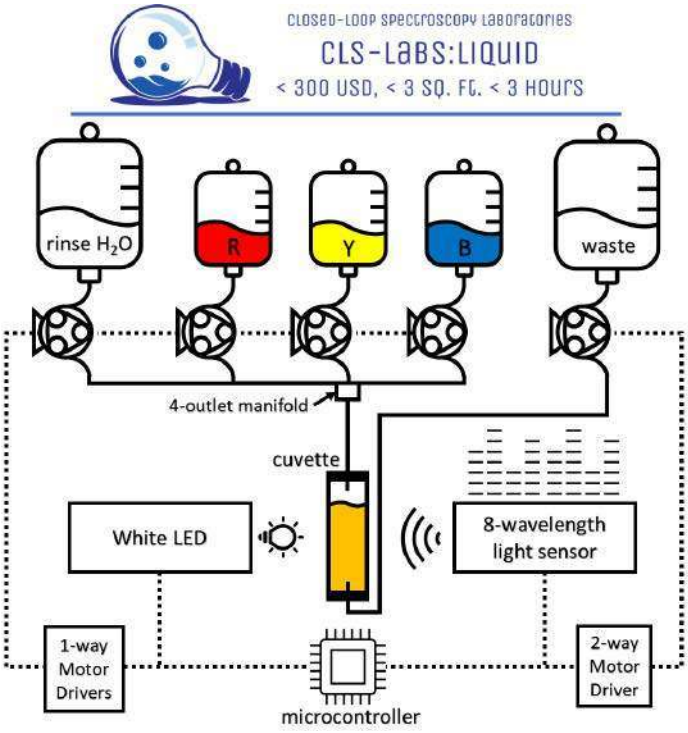


eprasa.pl 9df22a5208

Sygnały z konwertera są następnie wzmacniane niskoszumowym wzmacniaczem antenowym 20 dB. Zebrany sygnał podłączony może być do cyfrowego wykrywacza satelitów – urządzenia często stosowanego przez monterów telewizji satelitarnej do trymowania pozycji anteny podczas montażu. Podaje on ogólny poziom siły sygnału w danym momencie. Dzięki temu możliwe jest skanowanie nieba w poszukiwaniu silnych źródeł sygnału.

Ciekawszym rozwiązaniem jest podłączenie do układu prostego odbiornika SDR. Autor przygotował taki odbiornik, który razem z tabletem i odpowiednim oprogramowaniem czyni z nich niewielki analizator RF. Pozwala to na prezentację widma odbieranego sygnału na tablecie, a także proste jego dekodowanie z zastosowaniem wielu modulacji.

https://hackaday.io/project/171028-rt-x



Spektroskopia w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego – automatyczny mieszalnik kolorów

Projekt ten jest częścią większego systemu, jaki jest tworzony przez duet Sterling Baird i Taylor Sparks, który skupia się wokół tematyki autonomicznych laboratoriów, spektroskopii optycznej i systemów uczenia maszynowego. Platformy akceleracji materiałów mają potencjał, aby zredukować koszty i czas wprowadzania nowych materiałów na rynek z poziomu 20 milionów dolarów i 20 lat do zaledwie 1 miliona dolarów i jednego roku, jak wskazuje Baird. Mimo to oczywiście nakłady na tworzenie nowych materiałów są ogromne i wszystkie próby ich minimalizowania są istotne.

Wcześniej autorzy skonstruowali, jako przykład, autonomiczne laboratorium, które wykorzystuje diody emitujące światło RGB i spektrofotometr z dyskretnymi kanałami w połączeniu z algorytmami optymalizacji, aby dopasować widma docelowe substancji. Zasada działania pierwszego systemu była prosta – miał on symulować jakiś proces chemiczny, dający odpowiedź w postaci widma optycznego, a następnie optymalizować proces, aż do uzyskania zadanego widma. Wykorzystano diodę RGB, która jest prosta do sterowania i prosty 8-kanałowy spektrometr. Wbudowany mikrokontroler zapala diodę, obserwuje wynikowe widmo i różnicę pomiędzy nim a docelowym i próbuje zmienić je tak, aby uzyskać zadany kształt widma. Konstrukcja takiego układu kosztuje mniej niż 100 dolarów i zajmuje niecałą godzinę.

Wykorzystanie światła było pewnym uproszczeniem, bo światło miesza się prościej i taniej niż związki chemiczne, a sam układ pozwolił zaprezentować pewną koncepcję. Jej sprawdzenie umożliwiło pójście dalej. Druga iteracja systemu, którą Baird zaprezentował na portalu Hackada.io, kosztuje trochę więcej – około 300 dolarów i zajmuje niemalże trzy razy więcej miejsca niż pierwszy autonomiczny lab, jednakże pozwala na pracę z chemikaliami. Tutaj, dla uproszczenia, zastosowano trzy rozcieńczone barwniki spożywcze, które podawane są przez pompy perystaltyczne do kuwety optycznej, w której mierzone są widma absorpcji mieszaniny. Do pomiaru służy biała dioda i prosty, 8-kanałowy spektrometr optyczny.

Całym systemem steruje Raspberry Pi Pico W. Kontroluje on pracę podajników poszczególnych reagentów-barwników za pomocą pomp perystaltycznych oraz pracę pozostałych pomp w systemie, które pozwalają na wypłukanie kuwety po pomiarze i usunięcie próbki do zbiornika z odpadami. Do RPi podłączony jest także spektrometr – w tej roli pracuje 10-kanałowy czujnik koloru AS7341, osadzony na module wyprodukowanym przez Adafruit. Czujnik ten komunikuje się z RPi przez interfejs I^2C.

Na mikrokontrolerze pracuje specjalne oprogramowanie, które komunikuje system z komputerem, gdzie pracuje tzw. optymalizator. Algorytm ten pozwala na optymalizację mieszanki tak, aby była maksymalnie zbliżona do zadanego widma optycznego. Projekt ten jest tylko demonstratorem. Możliwe jest jego wykonanie z bardziej odpornych chemicznie komponentów, aby możliwa była praca z innymi związkami chemicznymi. Można również dodać większą liczbę substratów reakcji czy zwiększyć zbiorniki barwników, aby możliwe było prowadzenie innych reakcji.

http://bit.ly/3Vmxh9c

REKLAMA

HAMMOND

nowy!

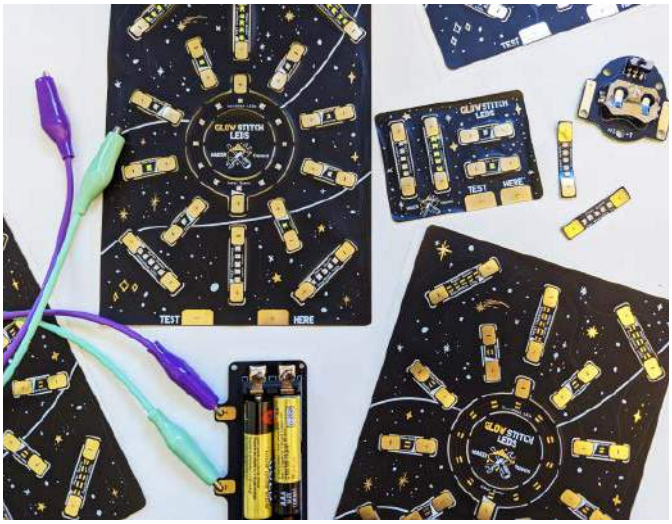
1557 - Obudowy z poliwęglanu i IP68 oraz z ABS i IP66

Dowiedz się więcej: https://hammfg.com/1557

Skontaktuj się z nami, aby otrzymać bezpłatną próbkę ewaluacyjną.

eusales@hammfg.com • + 44 1256 812812

eprasa.pl 9df22a5208



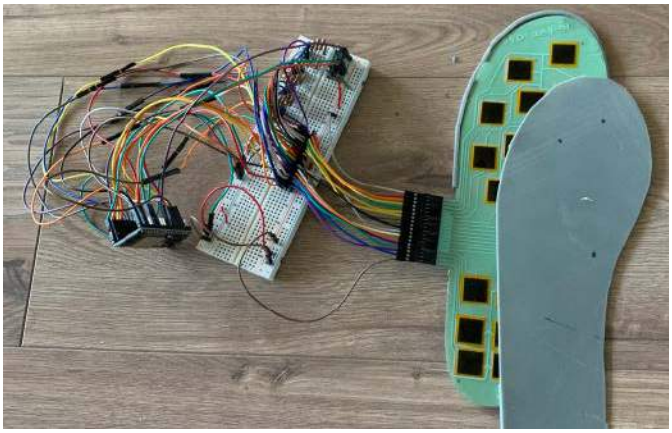
GlowStitch – przyszywalna elektronika z diodami świecącymi

Moduły z diodami LED GlowStitch są elastyczne, można je malować, przyszyć maszynowo lub ręcznie do tkaniny i są kolorowe. Idealnie nadają się dla hobbystów, twórców, cosplayerów i nauczycieli, zajmujących się nowoczesnym zastosowaniem tekstyliów. Moduły zaprezentowane w tym projekcie są idealnym produktem rzemieślniczym typu wszystko w jednym, do obwodów miękkich, papierowych układów elektronicznych i wielu innych. Co najlepsze, aby zacząć korzystać z diod LED GlowStitch, nie potrzeba niczego więcej niż to, co dostarczane jest w pudełku z zestawem.

Jak piszą autorzy projektu, kiedyś, gdy chcieliśmy dodać diody elektroluminescencyjne do odzieży czy miękkich obwodów, konieczne było ręczne szycie przewodzącą nicią, co jest czasochłonne – nawet dla profesjonalistów – i trudne do nauczenia w szkołach. Kompatybilność diod LED GlowStitch z maszynami do szycia przenosi technologię elektroniki noszonej w przyszłość. Prototyp można zbudować za pomocą taśmy przewodzącej, a następnie szybko sfinalizować projekt za pomocą maszyny do szycia.

Celem tego projektu było sprawienie, aby technika elektroniki noszonej była szybsza i bardziej dostępna przy szyciu maszynowym. Za pomocą taśmy przewodzącej wystarczy przykleić paski z diodami, co pozwala szybko przetestować ich rozkład przed zszyciem na maszynie.

https://hackaday.io/project/186907-glowstitch-led-strips



Inteligentne wkładki do butów SmartShoe

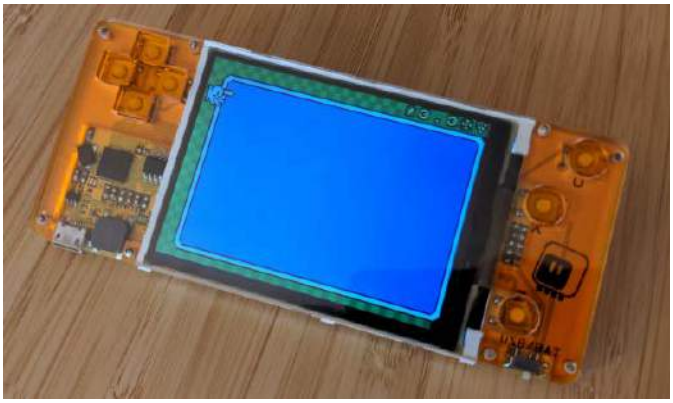
Wkładki SmartShoe to inteligentny sensor nacisku, umieszczany w butach, który zapewnia trzy kluczowe funkcje:

1. Nowatorską metodę wprowadzania danych przez użytkownika. Dzięki dostępności systemów wirtualnej czy rozszerzonej rzeczywistości pojawiła się szeroka potrzeba tworzenia nowych kontrolerów. Wkładki SmartShoe mogą zapewnić różnorodne dane wejściowe dla szerokiego zakresu zastosowań w systemach VR/AR itp.
2. Analizator chodu w czasie rzeczywistym. Użytkownicy mogą zostać natychmiast ostrzeżeni o swojej niewłaściwej postawie, zamiast być powiadamiani przez lekarza kilkadziesiąt lat później, gdy jest już za późno.
3. Pasywne i ciągłe monitorowanie masy ciała. Nasza waga zmienia się w ciągu dnia, w tym obserwowane są pionowe jej skoki, gdy jemy, pijemy czy korzystamy z toalety. Jednakże waga także powoli spada, gdy wydychamy dwutlenek węgla, który można wykorzystać do wykrycia wahań naszego metabolizmu, odnotowując nachylenie spadku. Można również wydedukować stan nawodnienia, porównując spożycie i wydalanie płynów, powiadamiając użytkowników, jeśli są odwodnieni lub zatrzymują więcej wody niż zwykle.

Te trzy aplikacje to tylko trzy przykładowe zastosowania tego systemu, jakie rozważają autorzy. Oczywiście realne aplikacje takiego systemu ogranicza chyba tylko wyobraźnia. Aby polepszyć możliwości systemu, przed twórcami urządzenia jeszcze wiele pracy; a oto, jakie rzeczy planują oni jeszcze zoptymalizować w układzie:

- Zaprojektowanie kompaktowej płytki PCB, która będzie mieściła na sobie moduł ESP32-WROOM i 18-pinowe złącze dla taśmy FPC, która łączy kontroler z samą wkładką. W module będą znajdować się także moduł inercyjny (IMU) MPU6050 i sterownik interfejsu haptycznego DRC2605L. Na PCB znaleźć ma się też system zasilania ze zintegrowaną ładowarką dla ogniwa LiPo.
- Dalsze testowanie rozmieszczenia sensorów nacisku na wkładce, w celu usprawnienia ich działania.
- Eksperymenty z modelami uczenia maszynowego, aby możliwe było wyodrębnienie cech postawy, chodu i wagi oraz zbieranych danych.
- Nowy projekt elastycznej płytki drukowanej z sensorami nacisku i integracja jej z płytką kontrolera.

http://bit.ly/3udIAob



µGame 22 – ulepszona konsola do gier oprogramowana w CircuitPythonie

Zaprezentowany projekt skupia się na ulepszeniach dla konsoli µGame, jakie wprowadził do niej użytkownik portalu Hackaday.io, ukrywający się pod nickiem deʃhipu. Celem jest opracowanie wygodnej konsoli ręcznej, którą będzie można oprogramować w CircuitPythonie. Konsola bazuje na mikrokontrolerze RP2040 z 2 MB pamięci Flash, do którego podłączony jest duży ekran o przekątnej 3,2" i mały głośnik. Wszystko znajduje się w wygodnej obudowie, wycinanej laserowo z miejscem na dwie baterie AAA do zasilania. Konstrukcja została wyposażona dodatkowo w gniazdo USB-C, co jest podyktowane jego zwiększoną wytrzymałością mechaniczną. Dotychczasowe prototypy miały micro USB, co skutkowało częstym wyrwaniem tego gniazda, chociażby dlatego, że ktoś włożył konsolę do torby wraz z podpiętą ładowarką.

eprasa.pl 9df22a5208

Konsola jest relatywnie prostą konstrukcją. Umieszczony jest w niej mikrokontroler RP2040 ze wszystkimi wymaganymi dodatkami, rezystorami, oscylatorami i pamięcią Flash. W układzie jest magnetyczny głośnik ze wzmacniaczem FET, a także włącznik i siedem przycisków funkcyjnych.

Pierwsze testy układu były bardzo frustrujące z uwagi na wykorzystanie (pierwszy raz) przez autora spoiwa bezołowiowego. Układ RP2040 wymagał kilku podejść z lutownicą na gorące powietrze, aby rozpocząć poprawnie pracę. Druga wersja PCB i obudowy układu miała już pewne ulepszenia:

- dodano złącze qwiic, dzięki czemu można je rozszerzyć o czujniki,
- zmieniono pady na właściwe dla wybranego oscylatora kwarcowego,
- zamienione miejscami USB i głośnik – lepiej, gdy wtyk USB jest dalej od krawędzi,
- naprawiono zwarcie na głośniku,
- przeniesiono zworki resetowania i rozruchu z tyłu urządzenia, aby był do nich dostęp przy założonej obudowie,
- dodano przelotki na pinach SWD i SWC, dzięki czemu można uzyskać do nich dostęp z obu stron w celu debugowania,
- dodano wycięcie na przełącznik i przesunięto go głębiej, aby nie wystawał już poza obrys urządzenia,
- użyto mniejszych otworów na przedniej płycie, aby zmienić śruby mocujące obudowę,
- zaokrąglone krawędzie elementów obudowy,
- dodano wycięcie dla złącza qwiic,
- przeniesiono etykiety przycisków, aby były bardziej widoczne.

Ogólnie wszystkie takie drobne zmiany sprawiają, że urządzenie jest trochę wygodniejsze i przyjemniejsze w użyciu z wersji na wersję.

https://hackaday.io/project/186921-game-22

Aktywna sonda FET do oscyloskopu o pasmie do 1,3 GHz

Autor tego projektu chciał sprawdzić, czy oscylator w jednym z projektowanych obwodów rzeczywiście oscyluje – więc potrzebował sondy o małej pojemności wejściowej. Szukając rozwiązania, natknął się na informacje, które pozwoliły mu na skonstruowanie tego rodzaju sondy. Pomiar za pomocą standardowych sond, które były dostarczane z używanym przez niego oscyloskopem, nie wydawał się dobrym pomysłem. Sonda ma około 10 pF pojemności, a nominalna pojemność obciążenia kryształu to około 7 pF – to problem. Jeśli oscylator jest prawidłowo uruchomiony, podłączenie sondy może zatrzymać oscylacje. Jeśli obciążenie jest zbyt małe, podłączenie sondy może z kolei w ogóle nie pozwolić oscylatorowi na drgania. Potrzebna jest więc sonda o bardzo małej pojemności wejściowej.

Projekt ten pochodził z pracy licencjackiej Wolfganga Griebela, która powstała ponad 25 lat temu… autorowi jednak udało się zaadaptować ten system i zaprojektować do niego płytkę drukowaną. Otrzymana sonda charakteryzuje się zmierzonym pasmem około 1,3 GHz.

https://hackaday.io/project/184924-diy-13-ghz-fet-probe

Myszka ze starych kontrolerów Nintendo Wii

Celem tego projektu jest skonwertowanie starego kontrolera Wii Nunchuck na mysz USB HID za pomocą dwóch małych płytek Adafruit i kabla. Projekt nie wymaga w ogóle lutowania i jest bardzo prosty w wykonaniu. Układ wykorzystuje dwie płytki dostarczane przez Adafruit. Pierwsza z nich to moduł do podłączenia kontrolera Wii, który pozwala odczytywać jego stan przez interfejs I²C. Druga płytka wyposażona jest w mikrokontroler ESP32-S3, który odczytuje

stan kontrolera i konwertuje te informacje do postaci pakietów myszy HID, dołączonej do komputera przez port USB. Dzięki użyciu standardu HID system nie wymaga żadnych sterowników po stronie komputera PC i działa z każdym systemem operacyjnym.

https://hackaday.io/project/188294-usbnunchuckmouse

OpenDendrometer – system do monitorowania stanu drzew

Rozwiązanie OpenDendrometer zapewnia wgląd w krytyczne informacje dotyczące zdrowia roślin. Jest to cenne narzędzie do badania i zarządzania wzrostem roślin. OpenDendrometer może pomóc odpowiedzieć na pytania, takie jak:

- Czy drzewo doświadcza stresu z powodu niedoboru/nadmiaru wody?
- Czy tempo wzrostu drzewa spada, czy rośnie?
- Czy tempo wzrostu owoców jest na dobrej drodze do zbiorów?

Dendrometr to przyrząd służący do pomiaru zmian średnicy drzew i owoców. Niewielkie mikrometrowe zmiany średnicy zachodzą w drzewach i owocach w ciągu dnia w ramach procesów transportu zdrowej wody. Porównanie tych dziennych zmian średnicy

REKLAMA

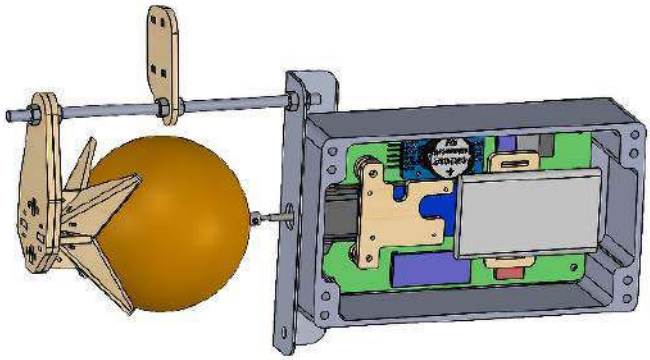
ZAJRZYJ NA TE STRONY

GAMMA
info@gamma.pl
www.gamma.pl
PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE

RACK i Eurocarta 19" Wyposażenie szaf 19"
www.obudowa.pl
Producent obudów dla elektroniki tel. 032-230-2301

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

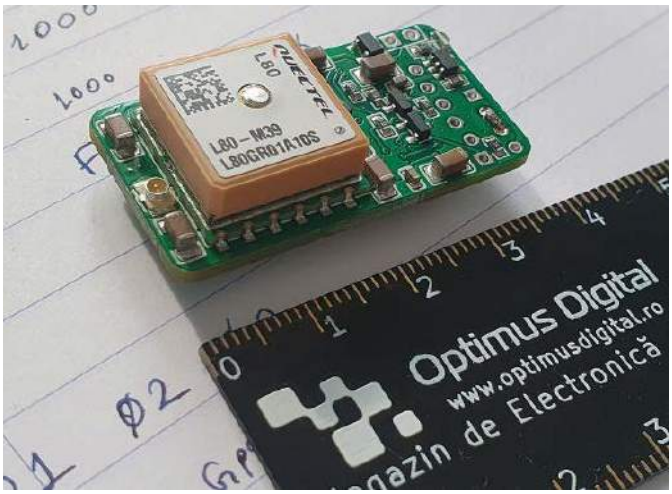
eprasa.pl 9df22a5208



może pomóc przewidzieć początek i wystąpienie stresu wodnego. Ponadto pomiary średnicy zebrane w ciągu tygodni i miesięcy mogą pozwalać ocenić tempo i wielkość wzrostu rośliny.

OpenDendrometer to tani dendrometr cyfrowy z możliwością bezprzewodowego przesyłania danych. Mówiąc najprościej, jest to urządzenie, które mierzy, rejestruje i bezprzewodowo raportuje zmiany w przemieszczeniu liniowym. Wykorzystuje powszechnie dostępne komponenty elektroniczne i techniki produkcyjne, aby zapewnić łatwość zbudowania własnego dendrometru. Wszystkie pliki projektowe i informacje są udostępniane na stronie z projektem.

https://hackaday.io/project/185224-opendendrometer



Squeak – system do śledzenia zwierząt domowych z GPS i LoRaWAN

Moduł Squeak to prosty system do śledzenia pozycji dużych zwierząt domowych (psów i kotów), którego założenie jest bardzo proste – ma zapewnić śledzenie pozycji zwierzęcia przez czas do dwóch miesięcy bez ładowania ogniwa (przy założeniu wyłączonego GPS-a i przesyłania danych co 15 minut). Jak wskazuje autor, istnieje wiele innych urządzeń do śledzenia zwierząt i zasobów z wbudowanymi odbiornikami GPS. Niektóre z nich również wykorzystują sieć LoRa w takiej czy innej formie. Wszystkie mają swoje zalety i wady. Mimo to autor zdecydował się na opracowanie własnego systemu.

Zaprojektowany moduł mierzy 38×20×12 mm. Nie obejmuje to baterii i anteny. Tracker zawiera moduł RN2483 firmy Microchip jako procesor aplikacji. Takie rozwiązanie było możliwe dzięki opublikowaniu przez Microchip kodu źródłowego dla tego modułu.

Ogólna architektura trackera jest następująca: moduł jest zawsze zasilany z LDO, ale przez większość czasu jest uśpiony. Na żądanie może włączyć LDO zasilające moduł GPS (Quectel L80) i czekać na poprawkę pozycji, którą może następnie przesłać przez LoRaWAN. Pamięć RAM modułu GPS jest zawsze zasilana przez linię V_BACKUP i jest też obwód pomiaru napięcia akumulatora i wbudowana ładowarka MCP73831 dla akumulatorów Li-Poly.

https://hackaday.io/project/188224-squeak-gps-pet-tracker

Podstawa do prezentacji działania protezy mioelektrycznej

Nie wszystkie projekty muszą być przełomowe czy skomplikowane, żeby były ciekawe. Zaprezentowany tu interesujący, ale prosty element to podstawa do prezentacji i ładowania nowoczesnej protezy dłoni. Podstawa zawiera nadgarstek Motion Control, baterie FlexCell, port ładowania i nowoczesny kontroler IBT. Powstała, aby ukryć okablowanie i stworzyć czysty interfejs między elektrodami a ręką. Autor wyprodukował również niestandardowe wiązki kablowe, które pozwalają na sterowanie elektrodami przez I²C przy minimalnym okablowaniu. Firma IBT używa tej podstawki np. na konferencjach, aby zademonstrować swój nowy kontroler, a podstawy takie są również wysyłane do klinicystów, aby wykorzystać go do demonstracji systemów IBT swoim pacjentom.

http://bit.ly/3H0Ih7W

StenoKeyboard – klawiatura dla stenotypistów

Stenografia to technika bardzo szybkiego wpisywania tekstu, przy użyciu specjalnie zaprojektowanego systemu stenograficznego, przy użyciu „akordów" wielu klawiszy naciśniętych jednocześnie oraz specjalnej klawiatury. Każde naciśnięcie i zwolnienie klawisza odpowiada jednemu słowu. „Akordy" są zaprojektowane często wokół brzmienia słów i są dość łatwe do nauczenia i zapamiętania.

Stenotypowanie pozwala szybciej pisać, niż mówić – w szczególności pozwala łatwo zapisywać to, co inni mówią w czasie rzeczywistym, a nawet z pewnym zapasem. Wystarczy nauczyć się systemu akordów fonetycznych, które odpowiadają poszczególnym słowom. Dlatego też technika ta jest często używana na przykład do zapisywania przebiegu rozpraw sądowych itp. Większość czytelników może ją stąd znać – to klasyczny element rozpraw w amerykańskich sądach, pokazywanych w telewizji. W Polsce technika ta nie przyjęła się w sądownictwie, jednakże warto zapoznać się z tą ciekawą klawiaturą.

Można stenografować na standardowej klawiaturze PC (o ile pozwala na wciśnięcie tylu klawiszy na raz), jest dostępne nawet bardzo fajne oprogramowanie, które to umożliwia, jak zauważa autor. Łatwiej i wygodniej jest jednak korzystać ze specjalnie przygotowanej klawiatury. I o to właśnie chodzi w tym projekcie.

Klawiatura Kos 1.0 zawierała moduł Arduino Pro Mini, ponieważ był to wówczas popularny moduł i miał najbardziej rozpowszechnione wsparcie. Ale obecnie to stary mikrokontroler, a płytka jest trudna do zdobycia i droga z uwagi na brak chipów. Dlatego też autor postanowił wrócić do tego projektu i tym razem użyć czegoś nowoczesnego – Raspberry Pi Pico. Moduł ten jest zarówno tani, jak i szeroko dostępny, przynajmniej na razie. Dzięki większej liczbie wyprowadzeń z każdej strony można było znacznie uprościć projekt. Nie trzeba już łączyć rzędów w poprzek dwóch połówek i ścieżki mogą swobodnie biec po obu stronach PCB.

eprasa.pl 9df22a5208

Podobnie jak w przypadku poprzednich wersji, do wykonania jednej klawiatury potrzebne są dwie płytki drukowane, a łączy się je, lutując moduł z mikrokontrolerem pośrodku. Ponieważ QMK obsługuje teraz również RP2040, nie powinno być żadnych problemów z oprogramowaniem układowym, ale prawdopodobnie autor napisze docelowo własne oprogramowanie w CircuitPythonie do stenotypowania. Możliwe jest także uruchomienie protokołu USB HID steno, ale dotychczas nie było to testowane. Pi Pico otwiera wiele możliwości, nawet umieszczenie uproszczonej wersji Plovera wraz ze słownikiem w pamięci samej klawiatury i emulacja zwykłej klawiatury HID.

https://hackaday.io/project/10408-steno-keyboard

Zintegrowany spektrometr gamma

Używając małej płytki drukowanej z mikrokontrolerem Raspberry Pi Pico, scyntylatorem (zazwyczaj NaI(Tl)) i fotopowielaczem krzemowym (SiPM), można samodzielnie zbudować własny spektrometr promieniowania gamma. Niezbędne przetwarzanie i wielokanałowy analizator są na pokładzie, więc nie są potrzebne żadne zewnętrzne części, z wyjątkiem czegoś do przeglądania danych (oczywiście z ekranem). Zaprezentowany detektor wykorzystuje tzw. krzemowy fotopowielacz (SiPM) zamiast zwykłych fotopowielaczy, które są bardziej powszechne w tego typu projektach. Oznacza to, że cały układ jest znacznie mniejszy, a także bezpieczniejszy, ponieważ nie są potrzebne żadne wysokie napięcia. Również w przeciwieństwie do projektów takich jak theremino, nie jest potrzebny komputer ani nawet zewnętrzna karta dźwiękowa – wszystko jest samowystarczalne. Można wykonać niezależne pomiary, używając tylko kabla zasilającego USB i zapisać widma w pamięci Flash Raspberry Pi Pico lub podłączyć układ do komputera PC przez połączenie szeregowe emulowane przez USB.

Oto kilka najważniejszych kluczowych cech tego spektrometru:

- kompaktowa konstrukcja – całkowity rozmiar 120×50 mm (70×50 mm na elektronikę i dodatkowe 50×50 mm do montażu scyntylatora),
- detektor typu wszystko w jednym – do rejestrowania widm gamma nie są wymagane żadne elementy zewnętrzne (np. karta dźwiękowa),
- łatwo programowalny przy użyciu standardowego Arduino IDE lub gotowych do użycia plików oprogramowania układowego,
- urządzenie niskonapięciowe – wykorzystanie krzemowego fotopowielacza eliminuje konieczność stosowania wysokiego napięcia,
- zakres napięcia zasilania SiPM – od 28 V do 33 V,
- wbudowany ekran OLED,
- niski pobór prądu – około 15 mA z zasilania 5 V w trybie standardowym,
- regulowane wzmocnienie przedwzmacniacza dla impulsów z SiPM (wpływa na zakres energii i rozdzielczość),
- konfigurowalny zakres energii z 4096 wartościami ADC,
- tryb domyślny – zdolny do pomiaru co najmniej około 60 000 cps, jednocześnie mierząc energię,
- tryb Geigera – pomiar do co najmniej około 180 000 cps bez pomiaru energii,
- dodatkowe piny zasilania i złącze I²C dla wyświetlaczy itp.

http://bit.ly/3uaPCdp

REKLAMA

presto CONTRANS TI

www.contrans.pl wejdź i kup on-line

CONTRANS TI Sp. z o.o. ul. Polanowicka 66, 51-180 Wrocław
contrans@contrans.pl +48 71 325 26 21...24 FAX +48 71 325 44 39

CONTRANS TI

eprasa.pl 9df22a5208

AVT sklep

W ofercie AVT*
AVT5958

Podstawowe parametry:
- pomiar temperatury w zakresie –55...+125°C,
- utrzymywanie temperatury z zakresu 1...120°C przez czas od 1 min do 99 h 59 min,
- dwie wartości czasów i temperatur do zadania,
- nastawy przechowywane w nieulotnej pamięci EEPROM,
- zewnętrzne wejścia uruchamiania i wstrzymywania odliczania oraz zerowania układu,
- histereza ±1°C,
- wyjście przekaźnikowe o obciążalności do 6 A,
- alfanumeryczny wyświetlacz LCD o organizacji 2 wiersze po 16 kolumn,
- zasilanie napięciem stałym 12 V.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT5822	Termostat warsztatowy (EP 12/2020)
AVT5732	uniTherm – termostat z wyświetlaczem OLED (EP 12/2019)
AVT5620	Wielozadaniowy termostat (EP 1/2018)
AVT3220	Termostat z wyświetlaczem LED (EdW 1/2018)
AVT5589	4-kanałowy termostat z alarmem (EP 6/2017)
AVT5354	Zaawansowany, funkcjonalny termostat (EP 11/2016)
AVT1878	Prosty termostat cyfrowy (EP 8/2015)
AVT3131	Uniwersalny termostat (EdW 6/2015)
AVT1855	Sterownik wentylatora z czujnikiem wilgotności powietrza (EP 5/2015)
AVT5441	Cyfrowy termostat (EP 3/2014)
AVT1742	Rozbudowany termostat (EP 6/2013)
AVT5363	Termostat z regulowaną pętlą histerezy (EP 9/2012)
AVT1699	Regulator temperatury (EP 8/2012)
AVT5354	Termostat (EP 7/2012)
AVT3025	Regulowany termostat cyfrowy (EdW 3/2012)
AVT950	Termostat elektroniczny (EP 9/2006)

* **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]** – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji.

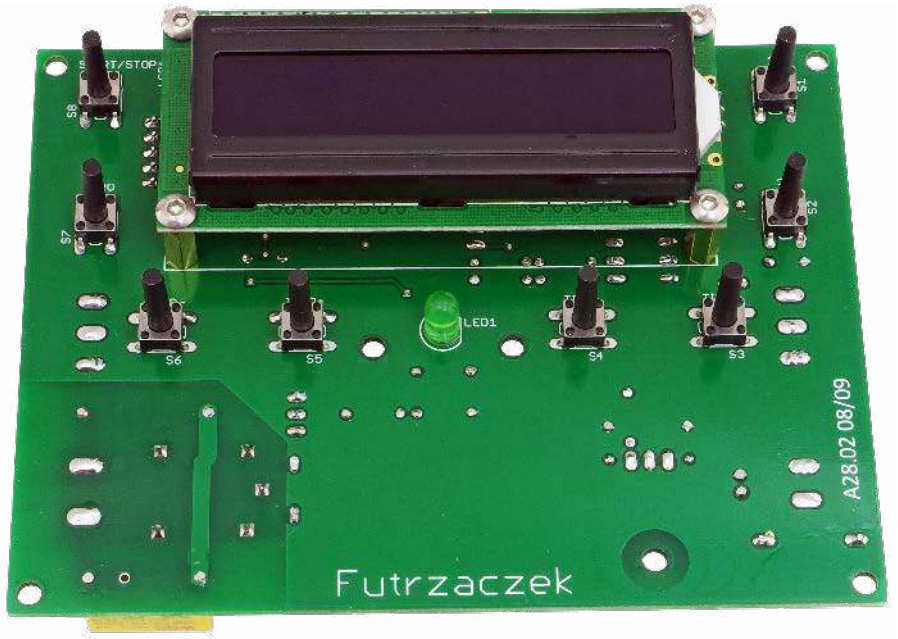
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: **kity@avt.pl**.

Timer z termostatem

Zwykły termostat potrafi utrzymywać zadaną temperaturę w określonych granicach. Modyfikacja żądanej temperatury wymaga zazwyczaj ręcznej ingerencji użytkownika. A gdyby tak układ potrafił sam przełączyć temperaturę po upływie pokreślonego czasu? W ten sposób można realizować bardziej złożone profile temperaturowe, na przykład do powolnego podgrzewania.



Zwykłe termostaty utrzymują zadaną temperaturę w określonych granicach i czynią to z właściwą sobie konsekwencją. W ten sposób działają elektryczne podgrzewacze wody, pralki automatyczne czy grzejniki. Jeżeli temperatura spada poniżej pewnego progu, to grzanie jest załączane, a jeżeli wzrośnie powyżej innego, wyższego, to jest wyłączane. I tak w kółko, aż do wyłączenia zasilania.

A gdyby móc tę zadaną wartość temperatury skorelować z czasem? Przykładowo, przez godzinę od włączenia staraj się utrzymywać 40°C, a potem przez pięć godzin 50°C, po czym zakończ cykl. W ten sposób można, na przykład, realizować profile sprzyjające optymalnemu gotowaniu chmielu do piwa domowej produkcji. Można też zoptymalizować dogrzewanie pomieszczeń zimą przed przystąpieniem do pracy: po otwarciu zakładu uruchamiana jest niższa temperatura, aby można było się przyzwyczaić do ciepłoty wyższej niż na zewnątrz, a po godzinie czy dwóch, kiedy pracownicy już się przyzwyczają, włączane jest grzanie do docelowej temperatury. W ten sposób nie będzie odczuwany efekt nagłej, znacznej zmiany temperatury, który często powoduje dyskomfort.

Budowa i działanie

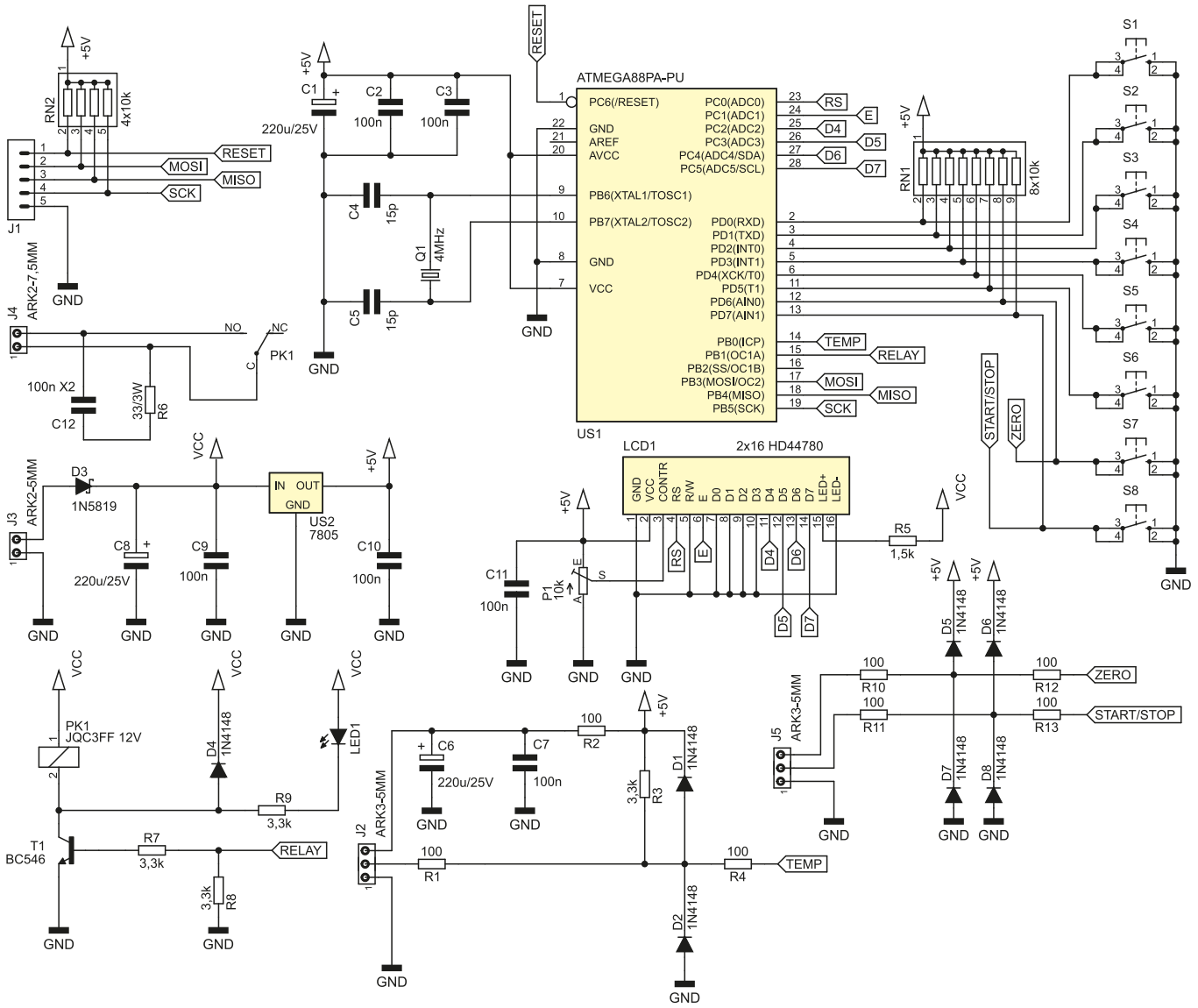
Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Najistotniejszym elementem jest mikrokontroler, popularny układ ATmega88PA-PU z ośmiobitowej rodziny AVR. Ma wystarczającą liczbę wyprowadzeń oraz ilość pamięci do realizacji tego zadania. Ponieważ chodzi o odmierzanie czasu, częstotliwość jego sygnału zegarowego jest stabilizowana rezonatorem kwarcowym o częstotliwości drgań wynoszącej 4 MHz. Kondensatory C4 i C5 ułatwiają wzbudzenie oscylacji i stabilizują pracę kryształu. Kondensatory C1…C3 filtrują napięcie zasilające mikrokontroler i zmniejszają impedancję źródła zasilania.

Do obsługi urządzenia służy osiem przycisków monostabilnych S1…S8. Drabinka rezystorowa RN1 uzupełnia rezystory podciągające wbudowane w mikrokontroler, których wartości mogą mieć znaczny rozrzut. Poprawia to stabilność pracy całego układu w silnie zakłóconym środowisku i zapobiega przypadkowym wyzwoleniom przycisków pod wpływem zakłóceń elektromagnetycznych. Dwa z tych przycisków mają dodatkowe wejścia z zewnątrz. Ich przeznaczenie zostanie wyjaśnione w dalszej części artykułu.

Programowanie mikrokontrolera może odbywać się zarówno po włożeniu układu programowalnego w podstawkę programatora, jak i za pośrednictwem złącza J1. Są do niego doprowadzone linie sygnałowe dedykowane interfejsowi ISP. Rezystory zawarte w drabince RN2 podciągają te wyprowadzenia do dodatniego potencjału zasilania, aby nie gromadziły się na nich ładunki elektrostatyczne.

Cyfrowy czujnik temperatury typu DS18B20 należy podłączyć do zacisków złącza J2.

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 1. Schemat ideowy układu timera z termostatem

Napięcie zasilające ten czujnik jest filtrowane przez dolnoprzepustowy filtr RC, składający się z rezystora R2 i kondensatorów C6 i C7. Dla ochrony wejścia mikrokontrolera przed zniszczeniem, spowodowanym zakłóceniami, zostały dodane diody ograniczające napięcie do zakresu –0,7 V…5,7 V. Rezystor R1 ogranicza prąd tych diod. Z kolei rezystor R3 ogranicza prąd diod zabezpieczających, wbudowanych w mikrokontroler, gdyż ich napięcie przewodzenia jest nieco niższe niż użytych 1N4148. Rezystor R3 jest wymagany do prawidłowego działania magistrali komunikującej się z czujnikiem.

Napięcie zasilające układ podłącza się do zacisków złącza J3. Dioda D1 odcina zasilanie w przypadku pomylenia polaryzacji owego napięcia. Stabilizator liniowy typu 7805 dostarcza napięcia 5 V dla układów cyfrowych. Moc strat na nim jest na tyle niska, że nie ma potrzeby stosowania przetwornicy impulsowej.

Komunikaty i informacje podawane przez układ są wyświetlane na wyświetlaczu LCD1, który zawiera sterownik typu HD44780 lub z nim zgodny. Potencjometrem P1 ustawia się kontrast owego wyświetlacza. Rezystor R5 pozwala na zasilanie jego podświetlenia z niestabilizowanego napięcia wejściowego, nie obciążając tym samym stabilizatora US2.

Zasilanie dla sterowanej przez układ grzałki powinno być poprowadzone przez złącze J4, do którego są doprowadzone wyprowadzenia styków normalnie otwartych (NO) przekaźnika PK1. Rezystor R6 i kondensator C12 tworzą prosty układ pochłaniający

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Rezystory:
(THT o mocy 0,25 W, jeżeli nie napisano inaczej)
R1, R2, R4, R10...R13: 100 Ω
R3, R7...R9: 3,3 kΩ
R5: 1,5 kΩ
R6: 33 Ω 3 W
RN1: 8×10 kΩ (SIL9)
RN2: 4×10 kΩ (SIL5)
P1: 10 kΩ montażowy leżący jednoobrotowy

Kondensatory:
C1, C6, C8: 220 µF 25 V, raster 2,5 mm
C2, C3, C7, C9...C11: 100 nF, raster 5 mm MKT
C4, C5: 15 pF, raster 5 mm, monolityczne
C12: 100 nF MKP X2 305 V AC raster 15 mm

Półprzewodniki:
D1, D2, D4...D8: 1N4148
D3: 1N5819
LCD1: 2×16, zgodny z HD44780 np. LCD2×16
LED1: zielona matowa 5 mm
T1: BC546
US1: ATmega88PA-PU (DIP28)
US2: 7805 TO220
czujnik temperatury DS18B20

Pozostałe:
J1: goldpin 5 pin męski 2,54 mm THT
J2: ARK3/500
J3, J5: ARK2/500
J4: ARK2/750 np. XY705V-2P
PK1: JQC3FF/121ZS
Q1: 4 MHz niski
S1...S8: microswich 6×6 13,5 mm
jedna podstawka DIP28 wąska
złącze męskie i żeńskie goldpin 1×16 pin 2,54 mm
cztery tuleje dystansowe, gwint wewnętrzny M3 12 mm poliamid
osiem śrub M3 6 mm

eprasa.pl 9df22a5208

energię wydzielaną w momencie łączenia i rozłączania styków przekaźnika, kiedy dochodzi do ich iskrzenia. Dioda LED1 sygnalizuje załączenie cewki przekaźnika.

Dwa przyciski – S7 i S8, mają zewnętrzne wejście na zaciskach złącza J5. Diody D5…D8 działają podobnie jak w przypadku linii sygnałowej czujnika – ograniczają wartość szczytową napięcia indukowanego w przewodzie połączeniowym. Rezystory R10…R14 pochłaniają część energii tych zakłóceń, zgodnie z prawem Ohma.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 120×90 mm. Jej wzór ścieżek oraz schemat montażowy został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Dodatkowo, aby płytka nie uginała się podczas naciskania przycisków, na środku płytki, w pobliżu diody LED1, dodano dodatkowe dwa otwory. **Rysunek 3** pokazuje lokalizację dwóch dodatkowych otworów montażowych na płytce.

Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod. Pod mikrokontroler proponuję zastosować podstawkę. Stabilizator US1 można położyć na powierzchni laminatu. Ten etap montażu można zobaczyć na **fotografii 1**.

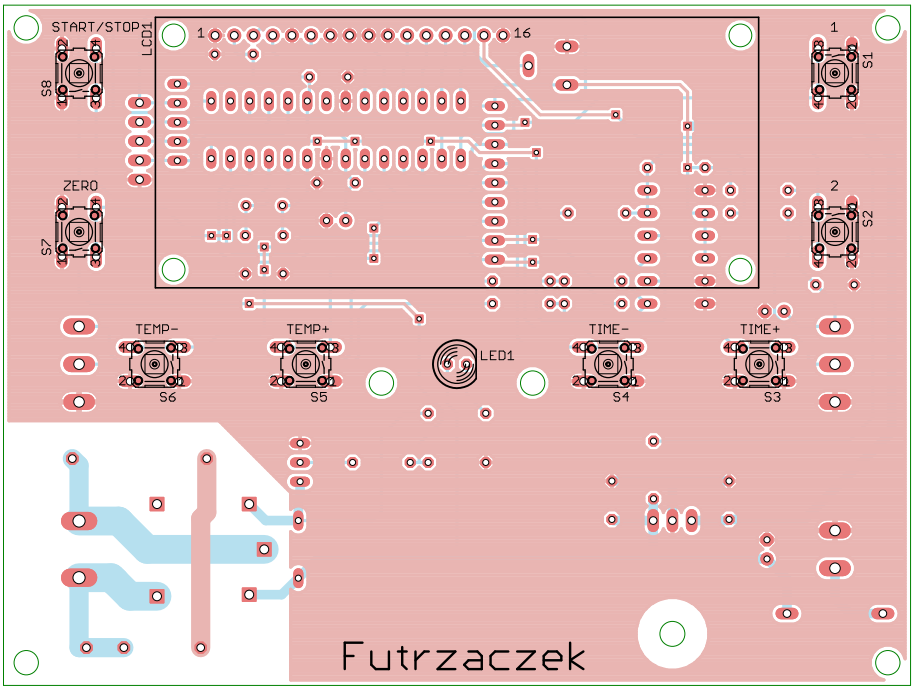
Na drugiej stronie płytki jest miejsce dla wyświetlacza LCD1 oraz ośmiu przycisków S1…S8 i diody LED1. Ich lokalizację po przylutowaniu pokazuje fotografia tytułowa. Na samym końcu, po wlutowaniu diody LED1 i przycisków, należy przykręcić wyświetlacz LCD za pomocą czterech tulei dystansowych oraz przylutować jego złącza. Warto lutowanie zostawić na sam koniec, po przykręceniu, aby ewentualny naddatek wysokości tulei mógł być skompensowany przez lekkie wystawanie złączy z powierzchni płytki – by część męska i żeńska wchodziły w siebie całkowicie. Rozmieszczenie przycisków, diody LED i wyświetlacza na powierzchni płytki znajduje się na **rysunku 4**, dzięki niemu łatwiej będzie wykonać obudowę dla tego urządzenia.

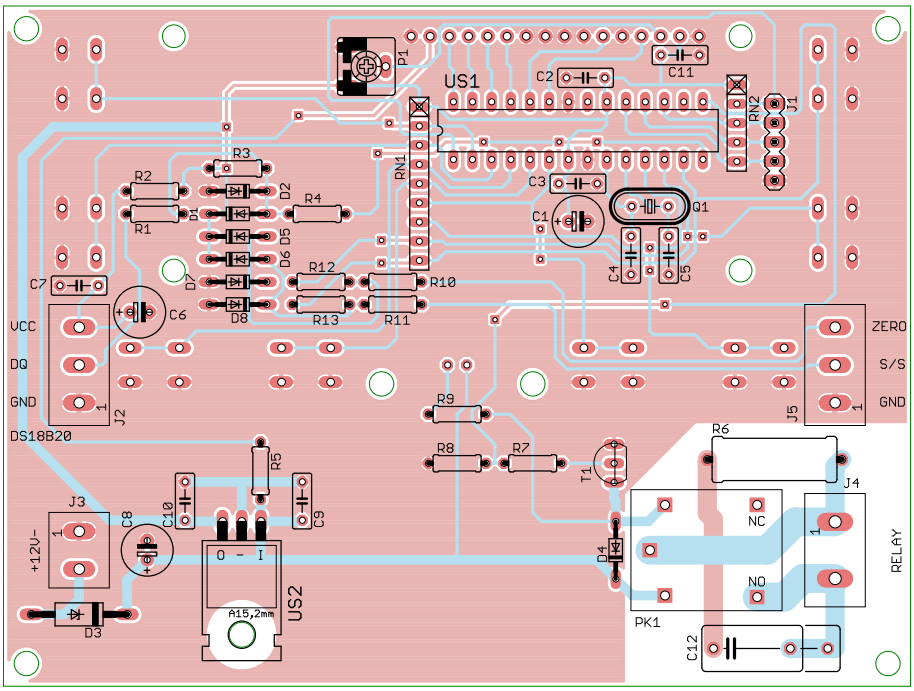
Na etapie uruchamiania jest konieczne zaprogramowanie pamięci Flash mikrokontrolera dostarczonym wsadem oraz zmiana bitów zabezpieczających na takie wartości:

Low Fuse = 0xFD

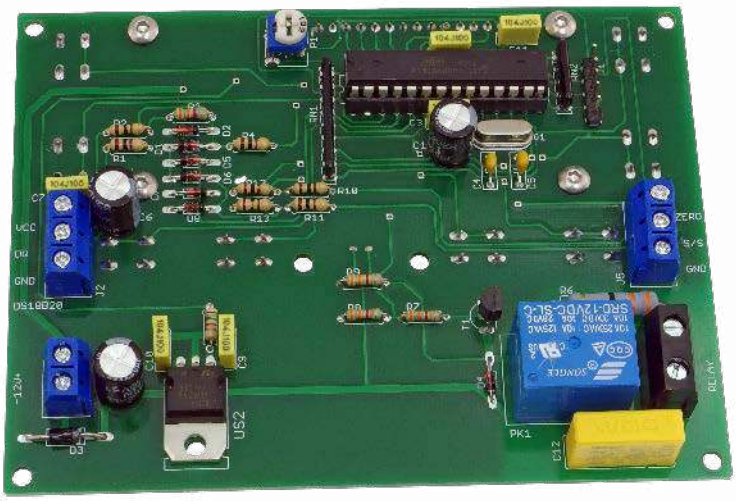
High Fuse = 0xDC

Szczegóły są widoczne na **rysunku 5**, który zawiera widok okna konfiguracji bitów z programu BitBurner. W ten sposób zostanie uruchomiony generator dla rezonatora kwarcowego (o częstotliwości z przedziału 3…8 MHz) oraz Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej



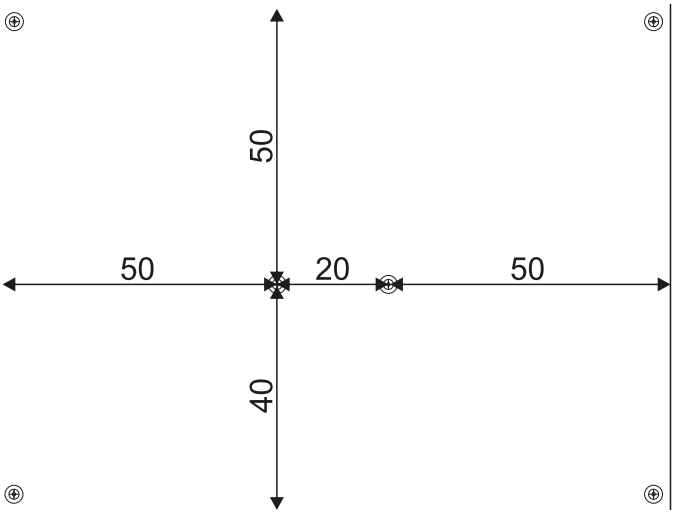


Rysunek 2. Schemat płytki PCB

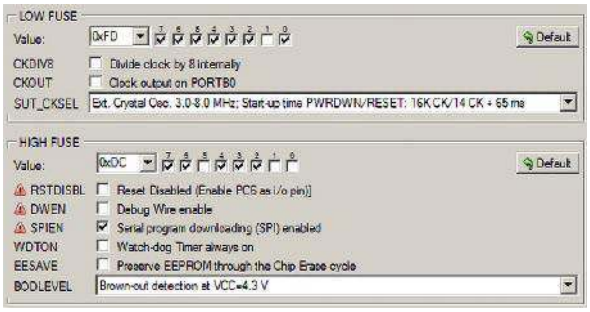


Fotografia 1. Wygląd zmontowanego układu od strony bottom

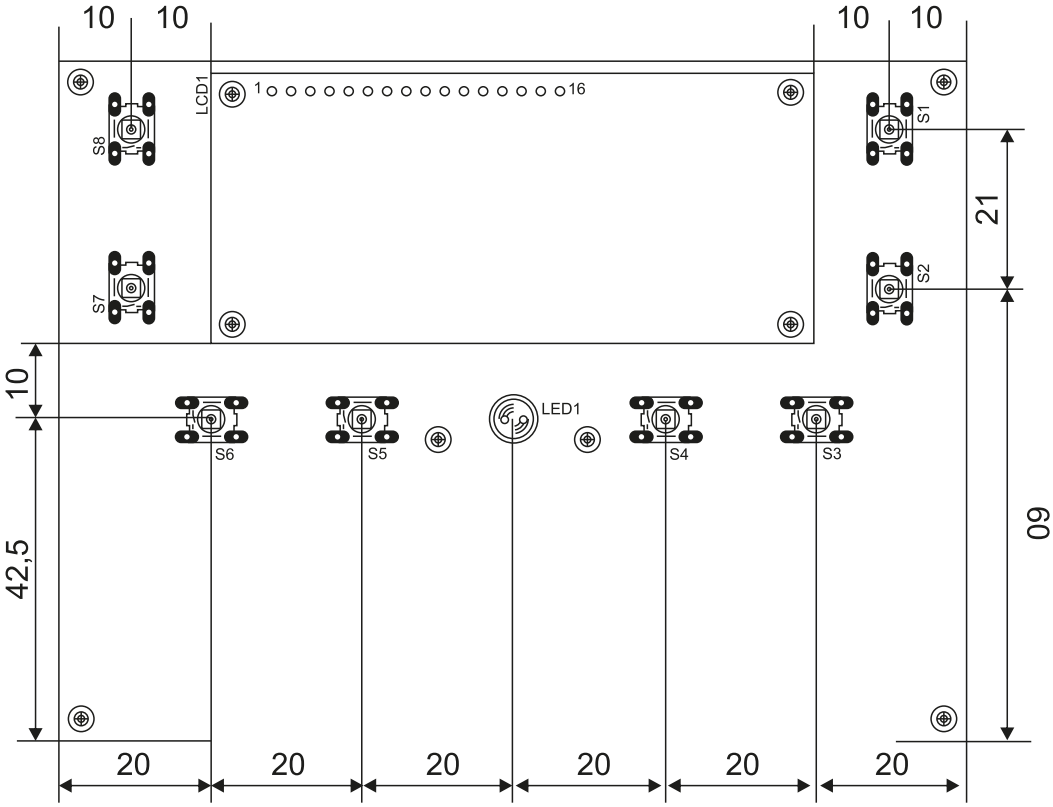
eprasa.pl 9df22a5208



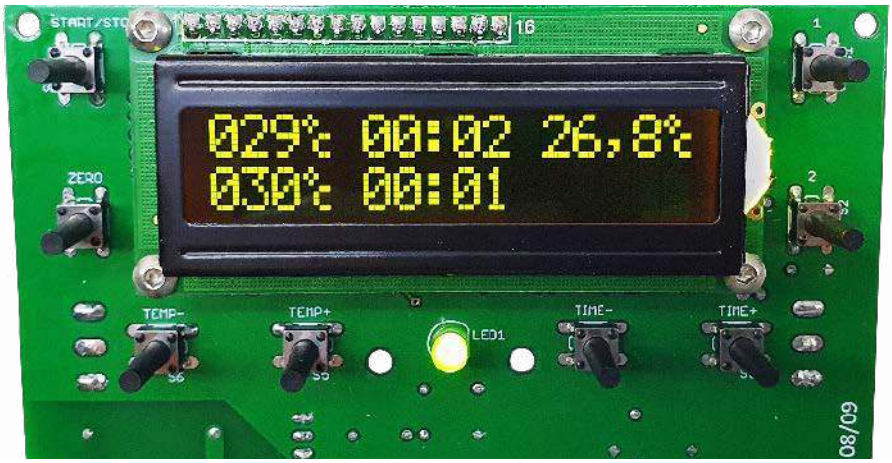
Rysunek 3. Rozmieszczenie otworów montażowych na środku płytki drukowanej



Rysunek 5. Rozmieszczenie przycisków i wyświetlacza LCD na płytce drukowanej



Rysunek 4. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających



Fotografia 2. Wygląd wyświetlacza w trakcie pracy układu

4,3 V. To znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się układu podczas uruchamiania.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po ustawieniu kontrastu wyświetlacza potencjometrem P1. Do zasilania powinno służyć napięcie stałe o wartości około 12 V, a dokładniej z przedziału 10…16 V. Takie granice uwzględniają zakres prawidłowej pracy przekaźnika (z uwzględnieniem spadku napięcia na diodzie D3 i tranzystorze T1) w temperaturze 20°C. Warto, aby owo napięcie było dobrze filtrowane, a najlepiej stabilizowane. Pobór prądu przy 12 V wynosi około 15 mA przy wyłączonym przekaźniku oraz około 40 mA, kiedy cewka zostanie załączona.

Do zacisków złącza J2 należy podłączyć czujnik typu DS18B20, zgodnie z opisami na płytce. Może to być gotowy moduł, z dołączonymi przewodami, z samym czujnikiem zaciśniętym w metalowej rurce.

Eksploatacja

W pierwszej kolejności należy ustawić wartości czasów i temperatur. Trzymając wciśnięty przycisk S1, można dokonywać zmian w pierwszej temperaturze i pierwszym czasie (górny wiersz), a przy wciśniętym S2 można modyfikować temperaturę i czas w drugim etapie – dolny wiersz. Widok ekranu znajduje się na **fotografii 2**. Zmiany temperatury są dokonywane przez wciskanie przycisków S5 (inkrementacja) lub S6 (dekrementacja). Regulacja odbywa się z rozdzielczością 1°C w zakresie 1…120°C. Z kolei czas obowiązywania danej temperatury można zmieniać poprzez wciskanie S3 (inkrementacja) bądź S4 (dekrementacja) w zakresie od 1 min do 99 h 59 min. Przytrzymując przyciski S3…S6 dłużej powodujemy, że następuje samoczynne przewijanie danej wielkości, tym szybsze, im

eprasa.pl 9df22a5208

dłużej jest trzymany. Cały czas trzeba mieć wciśnięty S1 lub S2, bez tego układ nie reaguje na wciskanie S3…S6. Nastawy są zapamiętywane w nieulotnej pamięci EEPROM po około 10 s od ostatniej zmiany.

Trzecim elementem wiersza na wyświetlaczu jest aktualna temperatura, odświeżana co około jedną sekundę. Jest wyświetlana w zakresie szerszym niż temperatura możliwa do utrzymania, włącznie z ujemnymi – po to, żeby układ reagował prawidłowo, kiedy musi podgrzać obiekt o ujemnej początkowej temperaturze. Aktualna temperatura jest wskazywana z rozdzielczością 0,1°C w zakresie –9,9°C…+99,9°C i z rozdzielczością 1°C poza tym przedziałem. Błąd komunikacji z czujnikiem jest wskazywany napisem ERR!, przy okazji zatrzymuje ono i zeruje bieżące odliczanie.

Uruchomienie odliczania odbywa się po wciśnięciu przycisku START/STOP (S8). Wtedy dwukropek we wskazywanym czasie zaczyna migać i, jeżeli trzeba, uruchamia się przekaźnik załączający grzałkę. Układ utrzymuje zadaną temperaturę z histerezą ±1°C, czyli przy zadanej temperaturze 30°C będzie załączał grzałkę w temperaturze równej 29°C i wyłączał po osiągnięciu 31°C.

Pozostały czas (w formacie hh:mm) jest odliczany w dół, w danym wierszu pokazywana jest też aktualna temperatura. Po doliczeniu do końca trwania temperatury pierwszej, układ przechodzi do drugiego wiersza, odliczając w dół drugi czas i utrzymując drugą temperaturę. Wtedy też temperatura aktualna jest pokazywana w drugim wierszu, nie w pierwszym. Po dojściu do końca odliczania ulega ono zatrzymaniu, przekaźnik wyłącza się i temperatura aktualna wraca do pierwszego wiersza. Oba czasy trwania zadanych temperatur wracają do swojej pierwotnej wartości.

W każdej chwili można wstrzymać odliczanie, czyli zrobić przerwę, poprzez wciśnięcie przycisku START/STOP. Wtedy zamiast migającego dwukropka pojawia się litera P (pause). Ponowne wciśnięcie START/STOP przywraca odliczanie. Można też przywrócić układ do stanu początkowego, zatrzymując przy tym odliczanie, wciskając przycisk ZERO (S7). Te dwa przyciski mają zewnętrzne wejścia, aby można było wygodnie uruchamiać i zatrzymywać ten proces, kiedy urządzenie znajduje się, na przykład, w szczelnej obudowie. Zatrzymanie i wyzerowanie (podobnie jak przyciskiem ZERO) nastąpi również po wciśnięciu S1 lub S2. Zapobiega to wprowadzaniu zmian w trakcie odliczania.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

Sięgnij po archiwalne wydania
ELEKTRONIKI PRAKTYCZNEJ

Przesyłka GRATIS

Zamów wygodnie na
www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl 9df22a5208

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- zakres obliczanej wysokości nad poziomem morza: 0...9000 m, z rozdzielczością 0,1 m,
- zakres pomiarowy ciśnienia atmosferycznego: 300...1100 hPa, z rozdzielczością 1 hPa i dokładnością ±1,7 hPa,
- zakres pomiarowy wilgotności powietrza: 0...100%, z rozdzielczością 1% i dokładnością ±3%,
- zakres pomiarowy temperatury otoczenia: 0...85°C, z rozdzielczością 0,1°C i dokładnością ±0,5°C,
- zakres regulacji ciśnienia: 900...1100 hPa, z rozdzielczością 1 hPa,
- napięcie zasilania (jeśli nie korzystamy z baterii): 0,9...5,5 V,
- pobór prądu z baterii zasilającej (uśpienie/praca): 9 µA/15 mA.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT5955	Termo-higrometr LED (EP 10/2022)
–––––	Stacja pogodowa WS-01 (EP 3/2022)
AVT5861	Multisensor THPI – czujnik parametrów otoczenia z interfejsem I²C (EP 5/2021)
AVT5722	microStation – mała stacja pogodowa (EP 10/2019)
AVT5668	Moduł czujnika temperatury, wilgotności, ciśnienia z interfejsem I²C (EP 3/2019)
AVT5654	Amatorska stacja pogodowa (EP 12/2018)
AVT5639	Bezprzewodowy czujnik warunków atmosferycznych (EP 10/2018)
AVT5605	wiStation – domowa stacja pogodowa z prognozą pogody (EP 9/2017)
AVT5566	THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
AVT5489	8-kanałowy termometr z alarmem i wyświetlaczem LCD (EP 11/2013)
AVT5328	Miernik wybranych parametrów środowiskowych (EP 2/2012)
AVT961	Domowa stacja pogodowa (EP 12/2006)
AVT957	Moduł pomiaru temperatury (EP 11/2006)

* **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]** – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji.

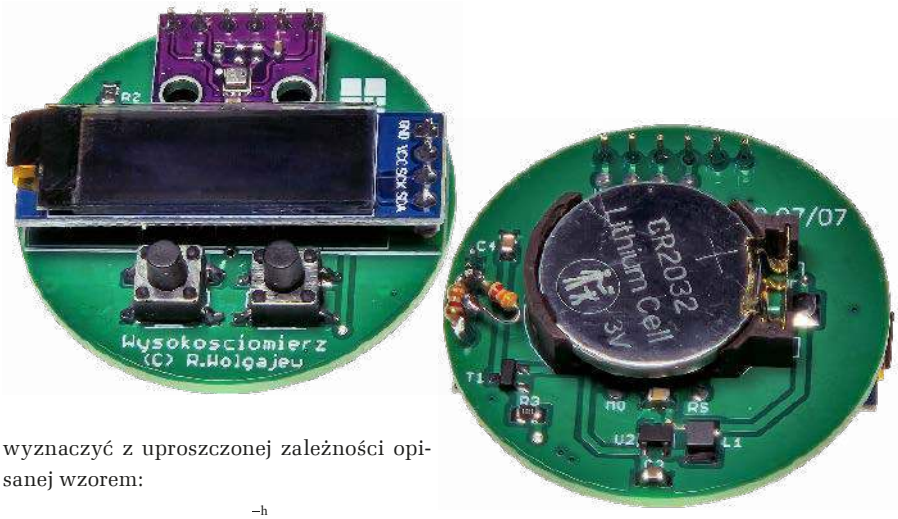
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: **kity@avt.pl**.

Wysokościomierz barometryczny

Okres wakacji czy ferii zimowych to dla większości osób szansa na zwiększoną aktywność na świeżym powietrzu, niejednokrotnie powiązaną z przełamywaniem własnych barier i ograniczeń, a już na pewno codziennej rutyny. Zwykle to właśnie wtedy wyruszamy w szeroko pojęty świat, eksplorując wszystko, co nieznane i ciesząc się brakiem obowiązków. Właśnie z myślą o takich osobach powstał ten prosty projekt wysokościomierza barometrycznego, który pozwoli co sprawniejszym piechurom na poznanie parametrów środowiskowych eksplorowanych terenów.



Zanim przejdę do opisu urządzenia, kilka słów należy napisać o samym ciśnieniu atmosferycznym, którego pomiar stoi u podstaw działania urządzenia. Z definicji, ciśnienie atmosferyczne jest stosunkiem wartości siły, z jaką słup powietrza atmosferycznego naciska na powierzchnię Ziemi, do powierzchni, na jaką ten słup naciska. Wynika z tego, że dla przykładu ciśnienie atmosferyczne w górach jest niższe, a na nizinach wyższe, ponieważ słup powietrza w tych rejonach ma różne wysokości. Zależność ta ma w przybliżeniu charakter wykładniczy, co pokazano na **rysunku 1**.

Wartość ciśnienia atmosferycznego dla standardowych warunków pogodowych dla wysokości h (n.p.m.) możemy zatem wyznaczyć z uproszczonej zależności opisanej wzorem:

$$P_h = P_0 \cdot e^{\frac{-h}{7990}}$$

gdzie

p_h – ciśnienie bezwzględne na wysokości h n.p.m.,

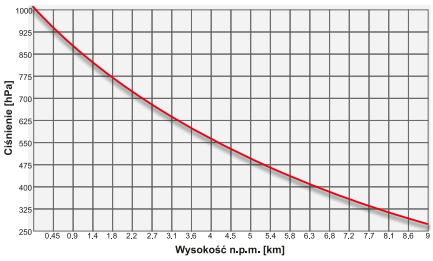
p_0 – ciśnienie na poziomie morza (równe 1013,25 hPa dla standardowych warunków pogodowych),

h – wysokość n.p.m.

Z podobnej zależności możemy obliczyć wysokość nad poziomem morza, posiłkując się zmierzonym, bezwzględnym ciśnieniem atmosferycznym (właśnie na tejże wysokości) oraz ciśnieniem na poziomie morza. Wzór, o którym mowa, wygląda następująco:

$$h = 44330 \cdot \left(1 - \left[\frac{P_h}{P_0}\right]^{\frac{1}{5,255}}\right)$$

Dociekliwi Czytelnicy już w tym momencie zorientują się, iż obliczenia tego typu wartości należy wykonywać na liczbach rzeczywistych (*float* lub *fixed point*), co dla mikrokontrolerów 8-bitowych stanowić może nie lada wyzwanie. Już teraz powiem, że program obsługi aplikacji korzystał będzie z funkcji *pow()* (plik nagłówkowy *math.h*, biblioteka *libm.a*), która sama w sobie spowoduje zwiększenie objętości kodu wynikowego o niespełna 2 kB. Na szczęście



Rysunek 1. Wykres zależności bezwzględnego ciśnienia atmosferycznego od wysokości n.p.m.

eprasa.pl 9df22a5208

dobrać możemy mikrokontroler o odpowiedniej wielkości pamięci Flash, niejako niwelując ten problem, choć ciągle należy mieć na uwadze, iż obliczenia te zajmą sporo taktów zegara mikrokontrolera (a dokładnie aż 9500 taktów, co potrwa 9,5 ms). Dodatkowo, warto zauważyć, że aby stosowne obliczenia były wystarczająco dokładne, należy znać wartość ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza, dla obszaru, dla którego wyznaczyć chcemy interesującą nas wysokość.

Wróćmy zatem do samego wzoru. Wynika z niego, iż zmianie ciśnienia atmosferycznego o 1 hPa odpowiada zmiana wysokości o 8,43 m. Co ciekawe, wspomniane ciśnienie na poziomie morza wprowadzają piloci, konfigurując wysokościomierz barometryczny, który jest jednym z wielu źródeł informacji o wysokości nad poziomem morza (nie mylić z wysokością nad terenem). Na koniec, warto podkreślić istotną różnicę pomiędzy wartością bezwzględnego ciśnienia atmosferycznego dla danej miejscowości (ciśnienia tam panującego) a wartością ciśnienia podawanego w prognozach pogody. To ostatnie jest ciśnieniem, jakie wystąpiłoby danego dnia w danej miejscowości, gdyby znajdowała się ona na poziomie morza, czyli de facto jest to bezwzględne ciśnienie atmosferyczne dla tego rejonu przeliczone dla poziomu morza. Tego typu konwersja ułatwia zorientowanie się co do warunków pogodowych dla różnych wysokości n.p.m.

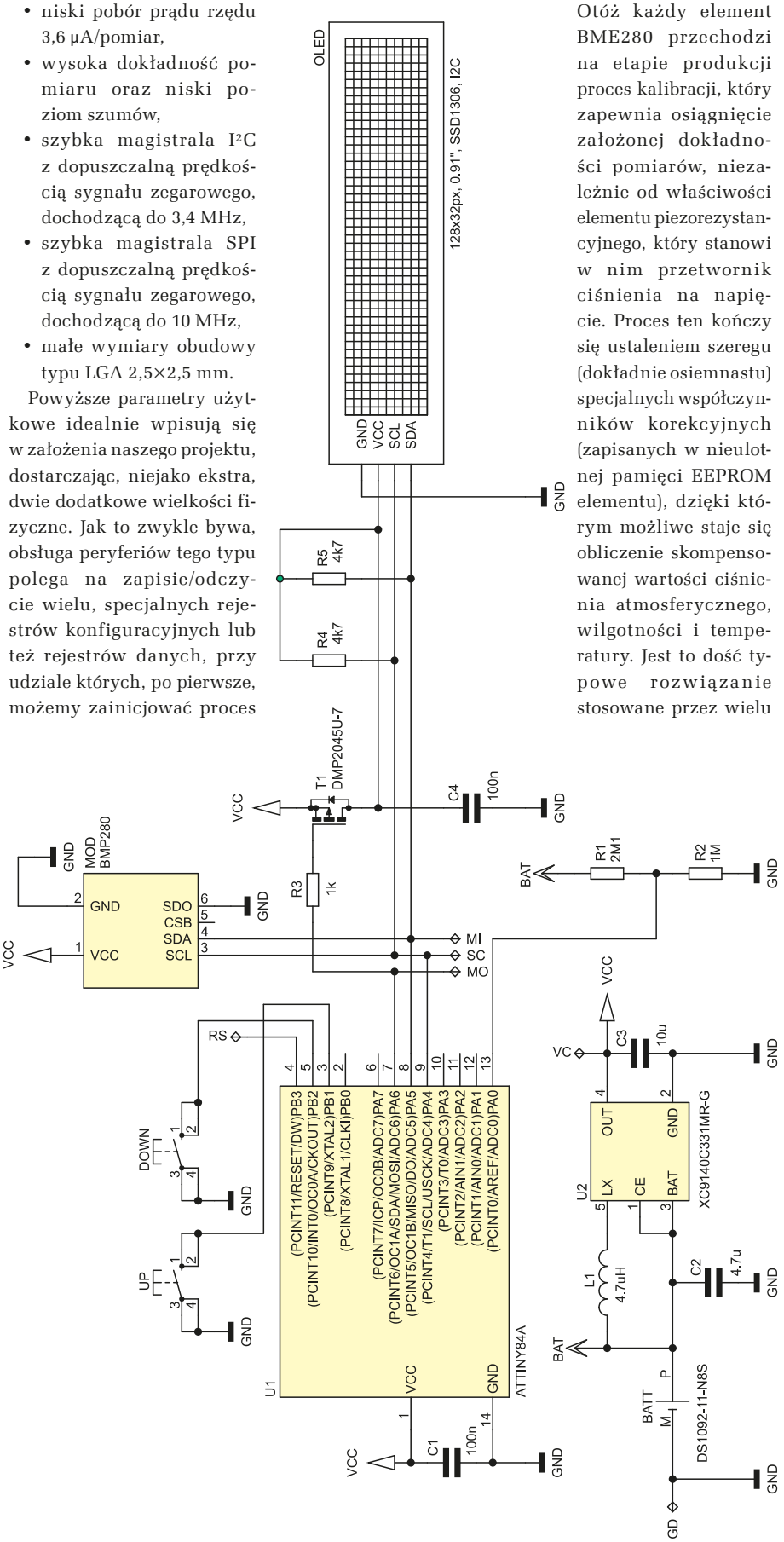
Tyle w kwestii niezbędnej, acz ogólnikowej teorii. Wniosek z tego taki, że aby zmierzyć wysokość nad poziomem morza, na jakiej się znajdujemy, niezbędny jest dokładny element pomiarowy pozwalający na pomiar ciśnienia atmosferycznego. Tym razem wybór tego elementu był oczywisty. Jako że w EP 10/2019 opisałem projekt niewielkiej stacji pogodowej, zawierającej scalony barometr pod postacią układu scalonego firmy Bosch Sensortec o oznaczeniu BME280, także i tym razem pokuszę się o zastosowanie tego ciekawego elementu. Najbardziej optymalny będzie gotowy moduł, co w zamyśle ma ułatwić montaż urządzenia, gdyż sam scalak umieszczono w obudowie LGA, której implementacja mogłaby nastręczać wielu problemów w warsztacie typowego amatora.

Czujnik BME280

Przede wszystkim należy zwrócić uwagę na fakt, aby nie pomylić modułu z układem BME280 ze znacznie tańszym i starszym (a wizualnie identycznym) modułem z układem BMP280, gdyż ten ostatni nie wspiera pomiaru wilgotności powietrza. Układ BME280 jest scalonym, specjalizowanym przetwornikiem pozwalającym na pomiar bezwzględnego ciśnienia atmosferycznego, wilgotności powietrza i temperatury charakteryzującym się następującymi, wybranymi cechami użytkowymi:

- pomiar ciśnienia atmosferycznego (300…1100 hPa), temperatury otoczenia (–40…85°C) i wilgotności (0…100%),
- szeroki zakres napięć zasilania 1,7...3,6 V,
- niski pobór prądu rzędu 3,6 μA/pomiar,
- wysoka dokładność pomiaru oraz niski poziom szumów,
- szybka magistrala I²C z dopuszczalną prędkością sygnału zegarowego, dochodzącą do 3,4 MHz,
- szybka magistrala SPI z dopuszczalną prędkością sygnału zegarowego, dochodzącą do 10 MHz,
- małe wymiary obudowy typu LGA 2,5×2,5 mm.

Powyższe parametry użytkowe idealnie wpisują się w założenia naszego projektu, dostarczając, niejako ekstra, dwie dodatkowe wielkości fizyczne. Jak to zwykle bywa, obsługa peryferiów tego typu polega na zapisie/odczycie wielu, specjalnych rejestrów konfiguracyjnych lub też rejestrów danych, przy udziale których, po pierwsze, możemy zainicjować proces pomiarowy, a po drugie, dokonać odczytu interesujących nas wartości surowego ciśnienia atmosferycznego, wilgotności i temperatury otoczenia. Dlaczego używam słowa surowego? Otóż każdy element BME280 przechodzi na etapie produkcji proces kalibracji, który zapewnia osiągnięcie założonej dokładności pomiarów, niezależnie od właściwości elementu piezorezystancyjnego, który stanowi w nim przetwornik ciśnienia na napięcie. Proces ten kończy się ustaleniem szeregu (dokładnie osiemnastu) specjalnych współczynników korekcyjnych (zapisanych w nieulotnej pamięci EEPROM elementu), dzięki którym możliwe staje się obliczenie skompensowanej wartości ciśnienia atmosferycznego, wilgotności i temperatury. Jest to dość typowe rozwiązanie stosowane przez wielu



Rysunek 2. Schemat ideowy wysokościomierza barometrycznego

eprasa.pl 9df22a5208

Ustawienia Fuse-bitów:
CKSEL3...0: 0010
SUT1...0: 10
CKDIV8: 0
CKOUT: 1
DWEN: 1
EESAVE

producentów w przypadku elementów tego rodzaju, które przechodzą proces kalibracji na ostatnim etapie produkcji. Biorąc to pod uwagę, pierwszą czynnością, jaką należy wykonać w przypadku obsługi układu BME280, jest odczyt osiemnastu, 16- i 8-bitowych rejestrów, które przechowują wartości współczynników korekcyjnych. Następnie wysyłamy do układu BME280 rozkaz inicjujący pomiary, by po pewnym czasie odczytać surowe (czyli nieskompensowane) wartości interesujących nas parametrów. Dalej, na podstawie dość skomplikowanych wzorów dostarczonych przez producenta układu, obliczamy wartości skompensowanego ciśnienia atmosferycznego, wilgotności i temperatury otoczenia.

Szczerze mówiąc, nie rozumiem tego rodzaju podejścia, które o dziwo, prezentują producenci większości scalonych barometrów. Przecież korzystając z faktu, iż wspomniane współczynniki korekcyjne znajdują się w nieulotnej pamięci układu, można byłoby całą procedurę obliczeń pozostawić po stronie elementu, a użytkownikowi udostępnić gotowe wartości skompensowanego ciśnienia, wilgotności i temperatury, co znacznie ułatwiłoby obsługę takiego rodzaju peryferium. Niemniej jednak trzeba przyznać, że firma Bosch Sensortec dostarcza gotowy driver do obsługi swojego czujnika, co znacznie upraszcza proces implementacji własnego oprogramowania. O samej implementacji nie napiszę w tym momencie ani słowa, gdyż nie ma sensu kopiować informacji zawartych w moim artykule, o którym była mowa powyżej. Dla ciekawskich nadmienię, że aby zwiększyć dokładność pomiarów ciśnienia i temperatury oraz zmniejszyć wpływ chwilowych wahań na wynik pomiaru, zastosowano *oversampling* oraz cyfrowy filtr IIR, dostępne z poziomu rejestrów układu (w ramach opcji konfiguracyjnych). Tyle w kwestii układu BME280.

Budowa i działanie

Schemat urządzenia został pokazany na **rysunku 2**. Zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy, którego sercem jest niewielki mikrokontroler firmy Microchip (dawniej Atmel) pod postacią układu ATtiny84A taktowany wewnętrznym generatorem RC o częstotliwości 1 MHz, realizujący całą, założoną funkcjonalność urządzenia. Mikrokontroler ten steruje pracą niewielkiego graficznego wyświetlacza OLED o organizacji 128×32 piksele stanowiącego element graficznego interfejsu użytkownika, wykorzystując do tego celu programową implementację interfejsu I²C, w który wyposażony jest zastosowany rodzaj wyświetlacza. Mikrokontroler obsługuje też scalony czujnik temperatury, wilgotności i ciśnienia atmosferycznego pod postacią układu firmy Bosch Sensortec o oznaczeniu BME280, wykorzystując ten sam sprzęg I²C.

Jako że wysokościomierz z założenia zaprojektowano jako urządzenie przenośne, dla którego krytycznym parametrem jest pobór mocy ze źródła napięcia zasilającego, zadbano o odpowiednią implementację bloku zasilającego. Zdecydowałem się na zastosowanie popularnej baterii pastylkowej typu CR2032 o pojemności ok. 240 mAh. Z uwagi na fakt, iż napięcie takiej baterii w trakcie rozładowania może spaść nawet poniżej 2 V, a zastosowany rodzaj wyświetlacza nie toleruje (lub słabo toleruje) tego poziomu napięcie zasilające, zdecydowałem się na zastosowanie prostej, acz nowoczesnej przetwornicy step-up pod postacią układu scalonego XC9140C331MR-G firmy Torex, która dostarcza napięcie wyjściowe rzędu 3,3 V już przy napięciu wejściowym na poziomie 0,9 V i zapewnia niski prąd spoczynkowy w granicach 6,5 μA oraz wysoką sprawność, co nie jest bez znaczenia dla zastosowanego źródła napięcia zasilającego. W ten sposób rozwiązałem problem spadku napięcia baterii CR2032 w czasie użytkowania urządzenia, maksymalizując tym samym czas pracy na jednej baterii zasilającej.

Dla minimalizacji zużycia energii w trybie uśpienia urządzenia zastosowano sterowanie zasilaniem wbudowanego wyświetlacza OLED, które to realizowane jest dzięki tranzystorowi MOSFET z kanałem P (T1). Dzięki temu zabiegowi zaoszczędzono dodatkowe 10 μA, które pobiera logika wyświetlacza wyłączonego tylko programowo. Niby niewiele, ale w przypadku zasilania bateryjnego każdy mikroamper jest na wagę złota. Co ważne, w przypadku sterowania zasilaniem wyświetlacza OLED konieczne jest wylutowanie rezystorów podciągających magistralę I²C (2×10 kΩ) umieszczonych na module czujnika BME280. W przeciwnym wypadku wyświetlacz, mimo iż wyłączony przez tranzystor T1, będzie nadal zasilany poprzez rezystory podciągające umieszczone na module czujnika, pobierając tym samym dość znaczny, jak na stan uśpienia, prąd. Może wydawać się to dziwne, gdyż dość duża wartość rezystorów podciągających umieszczonych na module czujnika nie wydaje się wystarczająca do zasilenia wyświetlacza OLED (zwłaszcza, że to zasilanie odbywa się poprzez kolejne rezystory podciągające R4 i R5), jednak testy praktyczne pokazały, że taki stan rzeczy jest jak najbardziej możliwy. Wniosek z tego taki, iż bezwzględnie usuwamy wspomniane rezystory z płytki modułu BME280 (widoczne na zdjęciu tytułowym – tylko te podciągające magistralę).

Dodatkowo, aby ograniczyć pobór mocy, w trybie uśpienia zastosowano następujące rozwiązania sprzętowo-programowe:

- mikroprocesor wprowadzany jest w tryb niskiego poboru mocy Power Down (<0,2 μA),
- czujnik BME280 wprowadzany jest w tryb niskiego poboru mocy Power Down (<0,1 μA),
- zasilanie OLED-a jest wyłączane.

Aby ocenić, jak długo urządzenie będzie pracować na pojedynczej baterii CR2032, należy zastanowić się, z jakich etapów składa się jego praca i jakie są wtedy prądy pobierane ze źródła napięcia zasilającego. Przystępując do obliczeń, przyjąłem następujący podział cyklu pracy urządzenia:

- etap trybu Power Down (uśpienia), który trwa z dużym przybliżeniem 24 h/dobę i podczas którego pobierany jest prąd rzędu 9 μA (większość tego prądu to prąd spoczynkowy przetwornicy),
- etap pracy urządzenia, a zatem wykonywania i wyświetlania pomiarów, który trwa średnio 10 s i podczas którego pobierany jest średni prąd rzędu 15 mA.

Założono ponadto, iż wybudzanie urządzenia następuje 15 razy na dobę. Przy tych założeniach otrzymano teoretyczny, niespełna 10-miesięczny czas pracy na pojedynczej baterii CR2032 co wydaje się wartością satysfakcjonującą.

Jeśli chodzi o samo wybudzanie i zarazem uruchamianie urządzenia, to możliwe jest ono poprzez naciśnięcie któregokolwiek z przycisków funkcyjnych, a to wszystko dzięki

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

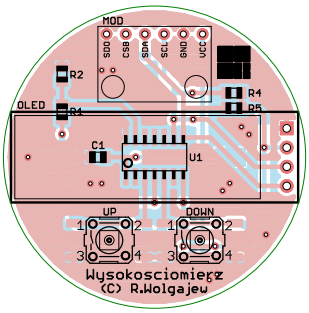
Rezystory: (SMD0805)
R1: 2,1 MΩ
R2: 1 MΩ
R3: 1 kΩ
R4, R5: 4,7 kΩ

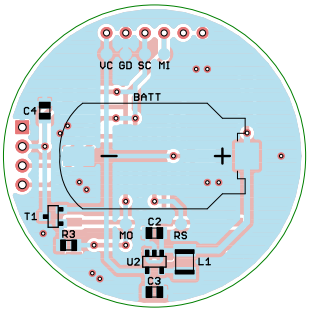
Kondensatory: (SMD0805)
C1, C4: 100 nF ceramiczny X7R
C2: 4,7 μF/10 V ceramiczny X5R
C3: 10 μF/10 V ceramiczny X5R

Półprzewodniki:
U1: ATtiny84A (SOIC14)
U2: XC9140C331MR-G (SOT-25)
T1: DMP2045U-7 (SOT-23)
MOD: moduł z układem BME280 (6 pinów, magistrala I²C, wymiary 15×10 mm)
OLED: wyświetlacz OLED 128×32 px, 0,91" (sterownik SSD1306, magistrala I²C, wymiary 38×12 mm)

Pozostałe:
L1: dławik drutowy 4,7 μH typu LQH32CN4R7M33L MURATA (SMD1210)
UP, DOWN: mikroprzełącznik TACT SMD typu TACTM-67N-F NINIGI (wysokość 7 mm)
BATT: koszyczek baterii CR2032 typu DS1092-11-N8S
BATERIA: bateria CR2032

eprasa.pl 9df22a5208





Rysunek 3. Schemat montażowy wysokościomierza barometrycznego

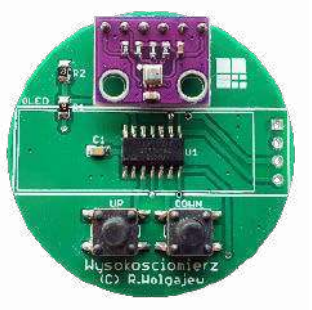
Rysunek 4. Graficzny interfejs użytkownika wysokościomierza barometrycznego

wykorzystaniu (wyłącznie w trybie uśpienia) przerwania zewnętrznego Pin *Change Interrupt 1*. Włączone urządzenie pozostaje w tym stanie przez 10 sekund, po czym automatycznie przechodzi do stanu uśpienia, chyba że w międzyczasie nastąpi jakiekolwiek użycie przycisków funkcyjnych, które każdorazowo wydłuża czas przejścia do stanu uśpienia systemu mikroprocesorowego.

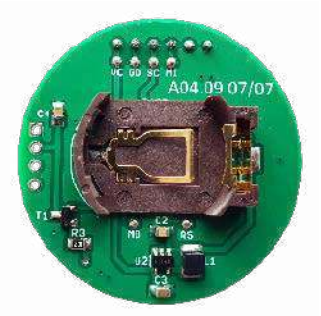
Już zupełnie dla porządku dodam, że aplikacja urządzenia korzysta również z wbudowanego w strukturę mikrokontrolera przetwornika ADC (wejście ADC0), przy udziale którego (poprzez prosty dzielnik napięciowy R1/R2) mierzony jest poziom napięcia baterii zasilającej, co pozwala na zgrubne określenie stanu tej baterii. Jest to oczywiście rozwiązanie dość proste, gdyż dokładne określenie stanu baterii wymagałoby zastosowania specjalizowanego kontrolera wielkości traconego ładunku (lub innych rozwiązań sprzętowo-programowych), jednak w tak prostych systemach wydaje się w zupełności wystarczające.

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB urządzenia pokazano na **rysunku 3**. Jak widać, zaprojektowano niewielki, dwustronny obwód drukowany ze zdecydowaną przewagą elementów SMD montowanych po obu stronach laminatu, który wymiarami zbliżony jest do wymiarów płytki drukowanej zastosowanego modułu wyświetlacza OLED. Montaż urządzenia



Fotografia 1. Zmontowany wysokościomierz od strony warstwy TOP tuż przed przylutowaniem wyświetlacza OLED (wersja prototypowa)



Fotografia 2. Zmontowany wysokościomierz od strony warstwy BOTTOM (wersja prototypowa)

rozpoczynamy od warstwy BOTTOM, gdzie w pierwszej kolejności montujemy półprzewodniki, a następnie elementy bierne. W tym momencie przechodzimy na warstwę TOP, gdzie jak poprzednio, w pierwszej kolejności przylutowujemy półprzewodniki a na końcu elementy bierne. Dalej ponownie przechodzimy na warstwę BOTTOM, gdzie przylutowujemy koszyczek baterii zasilającej. I znowu powrót na warstwę TOP, gdzie montujemy switche UP i DOWN oraz moduły wyświetlacza OLED i czujnika BME280, zwyczajnie lutując ich wyprowadzenia GOLDPIN w przeznaczone do tego celu pola lutownicze (należy sprawdzić polaryzację zasilania), gdyż połączenia elektryczne zapewniają im jednocześnie wystarczająco stabilny montaż mechaniczny.

Poprawnie zmontowany układ powinien działać tuż po włączeniu zasilania. Na **fotografii 1** pokazano zmontowane urządzenie od strony warstwy TOP tuż przed przylutowaniem wyświetlacza OLED, zaś na **fotografii 2** to samo urządzenie od strony warstwy BOTTOM.

Obsługa

Projektując interfejs użytkownika urządzenia, kierowałem się zasadą maksymalnego uproszczenia sposobu obsługi układu, jak i chęcią wyposażenia go w odpowiednią paletę możliwości. W realizacji tego celu posłużyłem się niewielkim, lecz bardzo atrakcyjnym wyświetlaczem OLED o organizacji 128×32 piksele oraz dwoma mikroprzełącznikami oznaczonymi umownie jako UP i DOWN. Urządzenie wyświetla wyłącznie jeden ekran graficznego interfejsu użytkownika, który pokazano na **rysunku 4**. Na ekranie tym standardowo wyświetlane są następujące informacje:

- obliczeniowa wysokość nad poziomem morza,
- zmierzone, bezwzględne ciśnienie atmosferyczne,
- zmierzona wilgotność powietrza,
- zmierzona temperatura otoczenia,
- stan baterii zasilającej (w sposób graficzny).

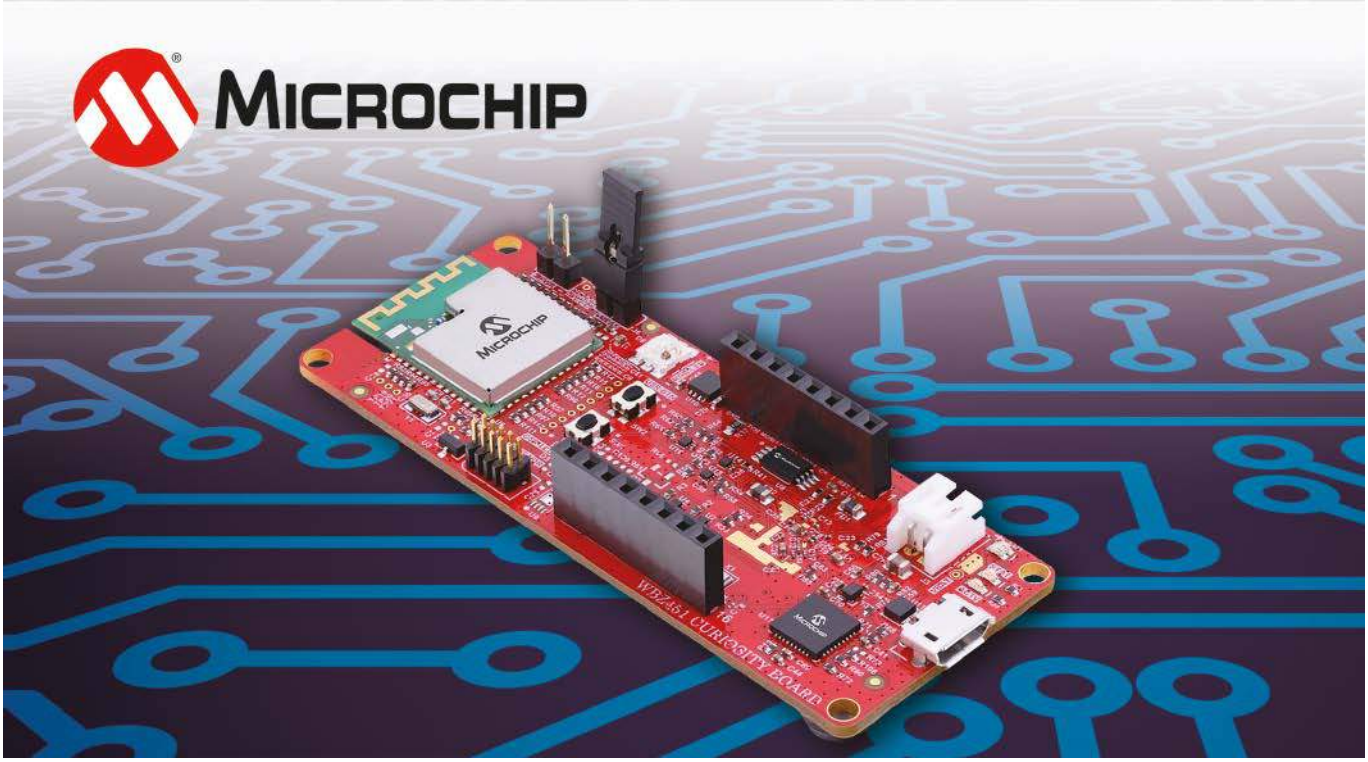
Wszystkie wartości pokazywane w ramach graficznego interfejsu użytkownika odświeżane są 5 razy na sekundę. W przypadku naciśnięcia któregokolwiek z przycisków regulacyjnych (UP lub DOWN) urządzenie przechodzi w tryb regulacji ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza dla obszaru, gdzie się znajdujemy, co pozwala (i o czym napisano wcześniej) na dokładny pomiar wysokości nad poziomem morza. Urządzenie pozostaje w tym trybie przez 2 sekundy (czas jest przedłużany przy każdym naciśnięciu przycisku regulacyjnego), po czym automatycznie przechodzi do trybu głównego, gdzie w tym miejscu wyświetlana jest wartość zmierzonego, bezwzględnego ciśnienia atmosferycznego. Fakt regulacji (a zatem tryb regulacji) pokazywany jest poprzez podświetlenie (negację) wartości ciśnienia. Nieużywane urządzenie po 10 sekundach przechodzi w stan uśpienia (wyłącza się).

Robert Wołgajew, EP

REKLAMA

KITy AVT @KITyAVT http://bit.ly/2BjVMN7

eprasa.pl 9df22a5208



Wygraj płytkę ewaluacyjną Microchipa z nowoczesnym modułem komunikacyjnym RF typu WB451

Płytka rozwojowa Microchip WBZ451 Curiosity Development Board (EV96B94A) zawiera moduł radiowy WBZ451PE przeznaczony do realizacji komunikacji w standardach Bluetooth Low Energy oraz ZigBee. Moduł bazuje na mikrokontrolerze z serii PIC32CX-BZ2 z rdzeniem ARM Cortex M4F, taktowanym zegarem 64 MHz, który ma kwalifikację AEC-Q100 Grade 1 oraz posiada certyfikaty Bluetooth 5.2 i ZigBee 3.0 i natywnie obsługuje wiele protokołów.

Płytka uruchomieniowa zawiera moduł radiowy WBZ451PE oraz zestaw komponentów umożliwiających szybkie i sprawne rozpoczęcie pracy. Nie jest wymagana nawet dodatkowa antena, ponieważ antena PCB wystarczy do uruchomienia nawet zaawansowanych aplikacji. Takie kompleksowe rozwiązanie pozwala zaoszczędzić czas i koszty związane z projektowaniem obwodów RF. Ponadto moduły WBZ451PE są wstępnie certyfikowane w USA, Kanadzie, Europie, Tajwanie, Japonii i Korei, dzięki czemu można skupić się na produkcie końcowym i mieć pewność, że w łatwy sposób zostanie wprowadzony na rynek.

Pomimo tak łatwej do uruchomienia aplikacji, moduł WBZ451 oferuje zaawansowane funkcje takie, jak:

- sprzętowy arbiter zapewniający niezawodne działanie wieloprotokołowe z Bluetooth i ZigBee działającymi jednocześnie i niezawodnie,
- aktualizacja oprogramowania metodą bezprzewodową OTA,
- zestaw sprzętowych akceleratorów bezpieczeństwa,
- bogaty zestaw peryferiów,
- ogromna pamięć programu o pojemności 1 MB,
- łatwe programowanie z użyciem platformy MPLAB Harmony v3, oferującej automatyczne generowanie kodu metodą przeciągnij i upuść.

Na płytce znajduje się rozbudowany programator/debugger PKoB4 na bazie układu SAME70 oraz konwerter USB-UART typu MCP2200. Oba układy połączone są z hubem USB typu USB2512, dzięki czemu całość jest dostępna przez jedno złącze micro USB. Blok zasilania zawiera niezbędne stabilizatory i przełączniki napięcia oraz kontroler ładowania akumulatora Li-Ion/LiPo typu MCP73871. Dodatkowa pamięć QSPI o pojemności 64 Mb, czujnik temperatury MCP9700A oraz diody LED i przyciski ułatwią tworzenie prostych aplikacji. Jeśli zajdzie potrzeba rozbudowania płytki o dodatkowe komponenty, to złącze mikroBUS gwarantuje szeroki wachlarz dostępnych rozwiązań.

Aby mieć szansę na wygranie płytki ewaluacyjnej Microchip WBZ451 Curiosity Development Board (EV96B94A) lub aby otrzymać kupon rabatowy 15% i bezpłatną wysyłkę, należy wypełnić formularz zgłoszeniowy na stronie: https://page.microchip.com/E-PraK-BZ2.html.

Szczegółowe informacje na temat płytki rozwojowej Microchip WBZ451 Curiosity Development Board można znaleźć na stronie https://www.microchip.com/en-us/development-tool/EV96B94A.

Dokumentację zamontowanego na płytce modułu radiowego WBZ451PE oraz wiele poradników i tutoriali można znaleźć na stronie: https://www.microchip.com/en-us/product/wbz451pe.

eprasa.pl 9df22a5208

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- płynnie regulowany zasilacz napięcia stałego w zakresie 0...28 V,
- płynnie regulowana wydajność prądowa 0...3 A,
- podgląd ustawionej granicy zadziałania ograniczenia prądowego na wyświetlaczu LCD,
- wyświetlanie aktualnej wartości napięcia wyjściowego i pobieranego z wyjścia prądu na wyświetlaczu LCD,
- wskazywanie trybu pracy (stałe napięcie/stały prąd) na wyświetlaczu LCD oraz diodzie LED,
- automatyczne załączanie wentylatora schładzającego radiator,
- odłączanie napięcia wyjściowego po wykryciu przegrzania tranzystorów mocy,
- zasilanie napięciem 230 V.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

----	Modułowy zasilacz warsztatowy (EP 5/2022)
----	Regulowany zasilacz warsztatowy – RPS-02 (EP 4/2022)
AVT5915	Zasilacz 5 V/1 A z szerokim zakresem napięć wejściowych (EP 1/2022)
AVT5908	Beztransformatorowy impulsowy zasilacz sieciowy (EP 12/2021)
AVT5872	Regulowany zamiennik stabilizatora 78xx (EP 7/2021)
AVT1990	Regulowany zasilacz do płytek stykowych (EP 8/2018)
----	Precyzyjny regulowany zasilacz stabilizowany (EP 2/2018)
AVT5585	Zasilacz laboratoryjny 0...30 V/5 A ze sterowaniem mikroprocesorowym (EP 12/2017-1/2018)
----	Multizasilacz (EP 10/2017)
AVT1976	Precyzyjny, regulowany zasilacz uniwersalny 1,5...32 V/3 A (EP 8/2017)
AVT3172	Praktyczny zasilacz warsztatowy (EP 5/2017)
AVT1946	Zasilacz napięcia symetrycznego z LM27762 (EP 2/2017)
AVT1895	Uniwersalny moduł zasilający (EP 10/2016)

* **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]** – 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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: **kity@avt.pl**.

Zasilacz warsztatowy (1)

Nikogo nie trzeba przekonywać, jak istotne jest wyposażenie pracowni elektronika. Bez dobrych przyrządów jakakolwiek praca może być bardzo utrudniona lub wręcz niemożliwa do wykonania. Jednym z fundamentalnych urządzeń jest zasilacz z regulacją napięcia, z ograniczeniem prądu wyjściowego oraz z zabezpieczeniami. Opisany niżej projekt z powodzeniem spełnia te założenia.

Zasilacz warsztatowy z prawdziwego zdarzenia powinien mieć liniowy stabilizator napięcia wyjściowego, co umożliwia dostarczenie do zacisków wyjściowych napięcia stałego pozbawionego zakłóceń w najbardziej możliwym stopniu. Musi mieć wbudowane ograniczenie pobieranego z wyjścia prądu, aby uruchamiane prototypy uchronić przed całkowitym zniszczeniem w przypadku krytycznych błędów projektu lub montażu. Ogranicznik musi być regulowany płynnie w szerokim zakresie, a jeszcze lepiej, gdyby dało się oszacować, jaki prąd został ustawiony. W XXI wieku wszystkie te wartości powinny być widoczne na czytelnym, cyfrowym wyświetlaczu. Ponadto taki zasilacz musi umieć obronić się sam, ponieważ jego wyjście może być przeciążane lub nawet zwierane. Dlatego wskazany jest duży radiator do chłodzenia tranzystorów mocy wraz z wentylatorem poprawiającym obieg powietrza. Bezustanny szum wentylatora może być jednak irytujący, dlatego powinien załączać się tylko wtedy, kiedy jest to naprawdę konieczne. A kiedy zasilaczowi grozi spalenie tranzystorów mocy, powinien przechodzić do stanu wyłączenia i schładzać radiator, informując o wszystkim użytkownika. Zestawiając wszystkie opisane powinności, ukazuje się

eprasa.pl 9df22a5208

sprzęt o bardzo dobrych parametrach technicznych, użyteczny i niemożliwy (a w każdym razie niełatwy) do uszkodzenia podczas eksploatacji. Tym wymaganiom może sprostać zaprezentowany projekt, który – w porównaniu z popularnymi urządzeniami produkcji dalekowschodniej – ma jedną, użyteczną cechę: wskazuje aktualną wartość progu zadziałania ograniczenia prądowego.

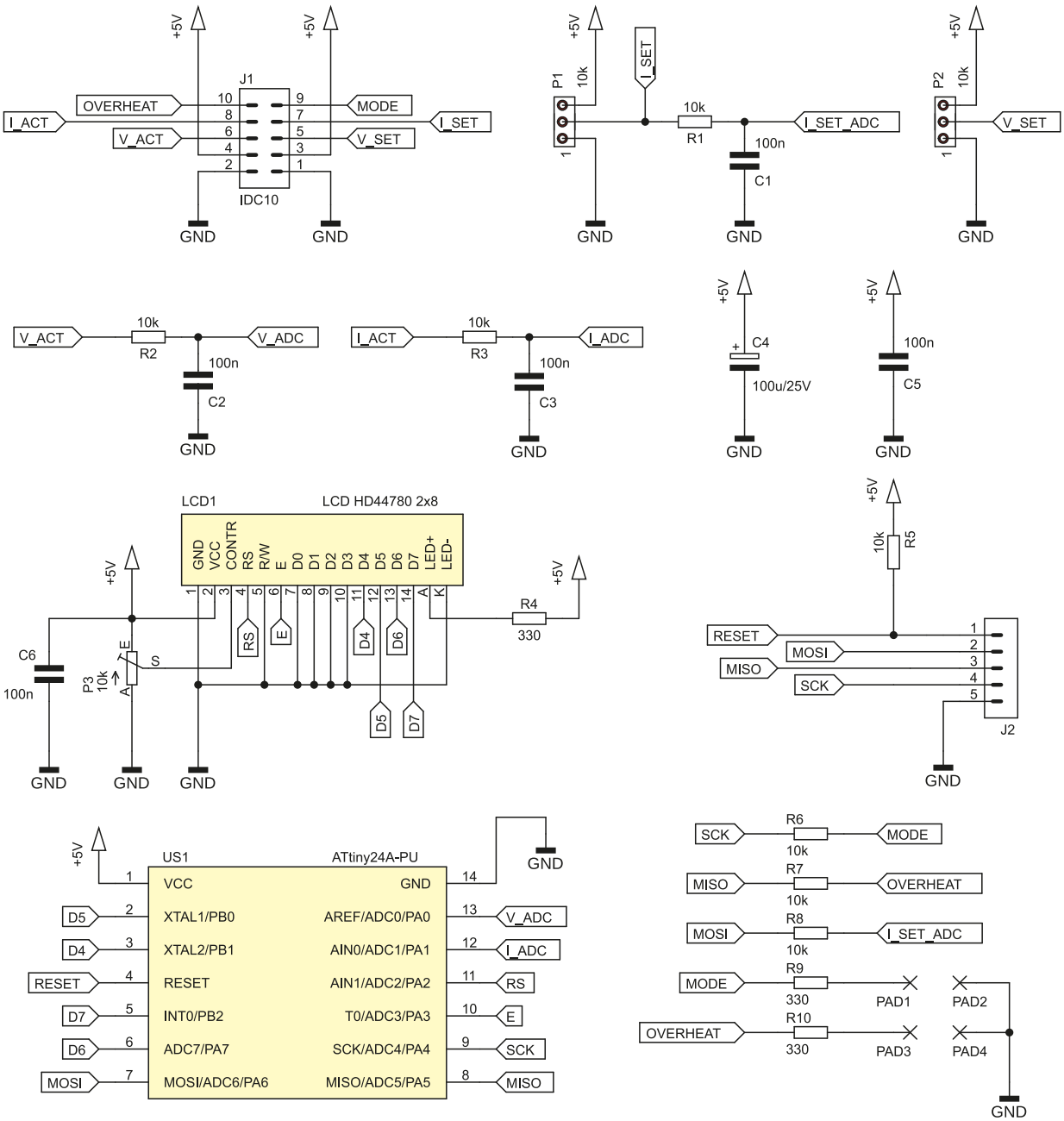
Budowa i działanie

Omawiany układ zasilacza został zbudowany na dwóch płytkach drukowanych, dlatego ich schematy zostaną omówione oddzielnie. Schemat ideowy płytki przedniej, zawierającej wyświetlacz LCD i potencjometry regulacyjne, znajduje się na **rysunku 1**. Najistotniejszym elementem na tej płytce jest mikrokontroler typu ATtiny24A, którego zadaniem jest pomiar odpowiednich napięć i obsługa wyświetlacza. Nie realizuje on zadań krytycznych czasowo, zatem jego rdzeń jest taktowany wbudowanym oscylatorem RC o częstotliwości około 8 MHz. Rezystor R5 podciąga wyprowadzenie zerujące mikrokontroler do potencjału linii zasilającej, wspomagając tym rezystor wbudowany w ATtiny24A. Za pośrednictwem złącza J2 można programować zarówno pamięć Flash tego układu, jak i konfigurować jego bity zabezpieczające.

Napięciem referencyjnym dla wbudowanego w mikrokontroler przetwornika analogowo-cyfrowego jest napięcie zasilające tę płytkę, które wynosi 5 V – jest ono stabilizowane w innym miejscu układu. Człony filtrujące RC, składające się z rezystorów 10 kΩ i kondensatorów 100 nF, zmniejszają wartość skuteczną szumów na wejściu przetwornika, poprawiając stabilność wskazań.

Płytka dolna przesyła do przedniej informację o trybie pracy stabilizatora (stałe napięcie/stały prąd) oraz o przegrzaniu, za pomocą linii o nazwach, odpowiednio, MODE i OVERHEAT. Ich stan jest sygnalizowany diodami LED, które są przylutowane do pól PAD1…PAD4. Aby ta sama informacja mogła znaleźć się również na wyświetlaczu, stan logiczny tych linii jest odczytywany przez mikrokontroler za pośrednictwem rezystorów R6 i R7. Ich zadaniem jest ograniczenie prądu przepływającego przez diody zabezpieczające wejście mikrokontrolera, jeżeli wzrośnie wskutek podniesienia potencjałów powyżej potencjału linii zasilającej.

Wskazania i inne parametry są wyświetlane na bieżąco na alfanumerycznym wyświetlaczu LCD o organizacji 2×8 znaków. Jego wbudowany sterownik jest zgodny

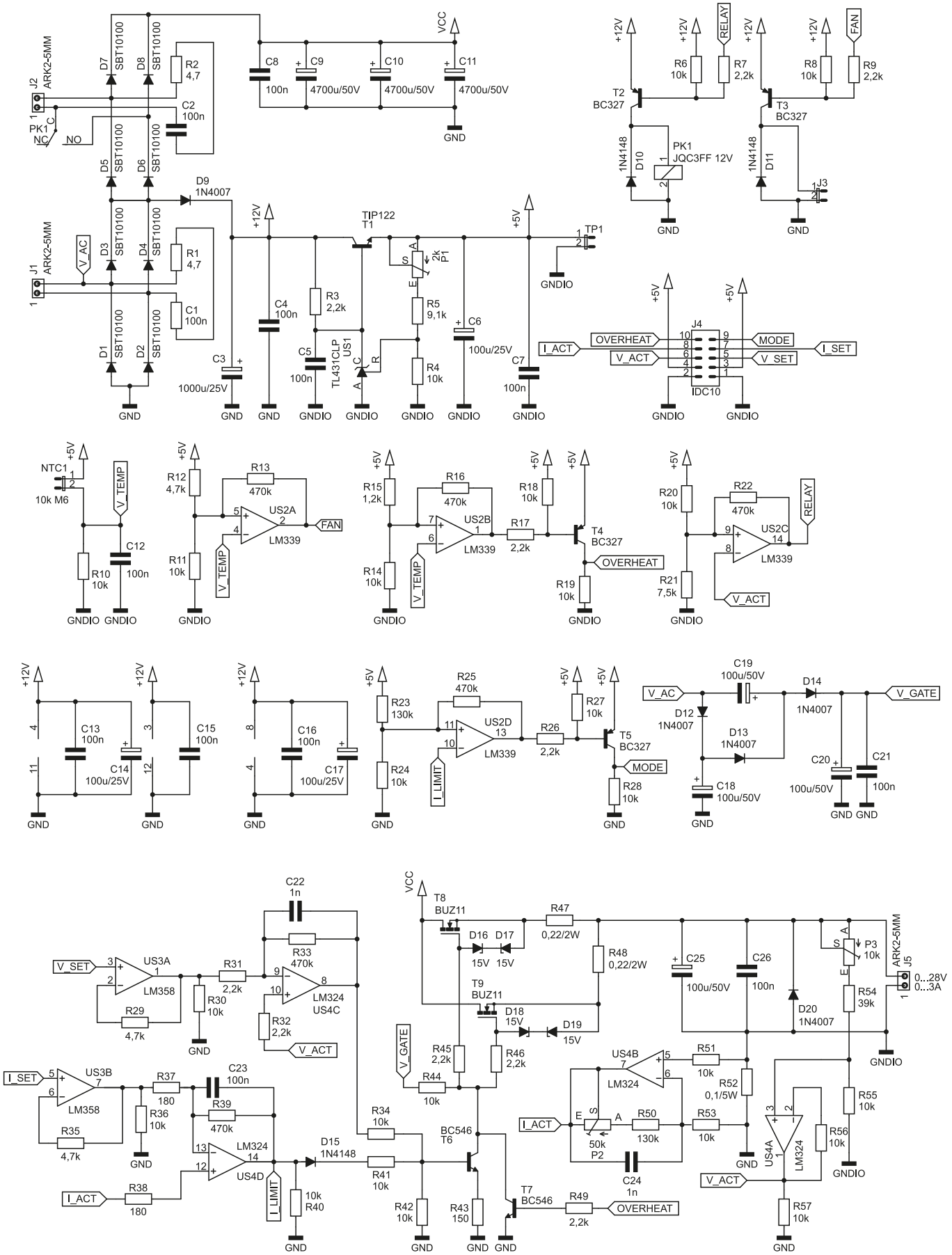


Rysunek 1. Schemat ideowy płytki przedniej zasilacza warsztatowego

eprasa.pl 9df22a5208

z HD44780, więc do sterowania wystarczy sześć wyprowadzeń mikrokontrolera i ogólnodostępne biblioteki. Jego kontrast jest regulowany za pomocą potencjometru P3, zaś prąd diody podświetlającej jest ograniczany przez rezystor R4.

Użytkownik ma do dyspozycji potencjometry P1 i P2. Pierwszy ustala próg zadziałania ograniczenia prądowego (linia I_SET), zaś drugi żądane napięcie wyjściowe (linia V_SET). Ta druga wartość jest przekazywana wprost do obwodów na płytce



Rysunek 2. Schemat ideowy płytki dolnej zasilacza warsztatowego

eprasa.pl 9df22a5208

dolnej, mikrokontroler nie mierzy jej, ponieważ na wyświetlaczu jest pokazywana wyłącznie wartość aktualna, panująca na zaciskach wyjściowych (linia V_ACT). Z kolei natężenie prądu jest wskazywane zarówno w postaci aktualnie płynącego przez zaciski wyjściowe (linia I_ACT), jak i zadanego maksimum (I_SET).

Połączenie z płytką dolną odbywa się za pomocą jednej taśmy liczącej dziesięć żył, którą wtyka się w gniazdo J1. Nie ma żadnego innego połączenia, więc nie trzeba mozolnie lutować wielu przewodów – wystarczy włożyć jedną wtyczkę na swoje miejsce. Co jeszcze jest warte zauważenia to fakt, że mikrokontroler pełni tutaj funkcję jedynie biernego obserwatora, który mierzy odpowiednie potencjały i steruje wyświetlaczem. Za całe sterowanie jest odpowiedzialna elektronika analogowa zawarta na płytce dolnej, więc może ono odbywać się szybko i bez ryzyka zawieszenia.

Schemat ideowy płytki dolnej jest zdecydowanie bardziej rozbudowany, a w pełnej okazałości można go zobaczyć na **rysunku 2**. Ponieważ jest bardzo złożony, zostanie omówiony w częściach, z podziałem na bloki funkcjonalne.

Prostownik, filtr i stabilizator napięcia odniesienia

Uzwojenia transformatora zasilającego podłącza się do zacisków złączy J1 i J2. Zaraz, czemu dwa uzwojenia, a nie tylko jedno? Zadaniem tego układu nie jest bezsensowna produkcja znacznych ilości ciepła, dlatego drugie uzwojenie jest załączane tylko wtedy, kiedy aktualna wartość napięcia wyjściowego przekracza zadany próg – wynosi on około 11 V. Poniżej tej wartości styki przekaźnika PK1 są rozwarte, więc całość jest zasilana z uzwojenia dołączonego do zacisków złącza J1.

Diody D1…D4 tworzą typowy mostek Graetza, który prostuje prąd wypływający z tego uzwojenia. Użycie w tym miejscu diod Schottky'ego w obudowach TO220 zapewnia tak niski spadek napięcia na nich, że nawet przy pełnym obciążeniu zasilacza nie jest wymagane dodatkowe ich chłodzenie. Dioda D9 pobiera część tego prądu i przekazuje dalej, do zasilania pozostałych obwodów zasilacza, o czym dalej. Obwody RC składające się z elementów R1 i C1 oraz R2 i C2 tworzą proste filtry dla zakłóceń sieciowych, które chciałyby przedostawać się do układu przez transformator zasilający.

Diody D5…D8 tworzą analogiczny mostek dla drugiego uzwojenia, lecz przy rozwartych stykach przekaźnika PK1 stanowią one przejście dla prądu wyprostowanego przez mostek D1…D4. Jeżeli PK1 załączy się, napięcie wygenerowane przez drugie uzwojenie ulegnie zsumowaniu z tym, które daje pierwsze. Zatem napięcie na kondensatorach filtrujących C8…C11, o łącznej pojemności ponad 14000 μF, wzrośnie dwukrotnie. Przy rozłączonych stykach PK1 diody D5…D8 wprowadzają pewną stratę napięcia (około 0,8 V), lecz jest to mniejsze zło w porównaniu z wytracaniem wielu watów mocy cieplnej w powietrze przy zasilaniu układu prototypowego niskim napięciem, który pobiera prąd o znacznym natężeniu.

Do zasilania wyświetlacza, wentylatora, przekaźnika i innych układów pomocniczych nie został użyty oddzielny transformator, lecz ten sam, rozdzielone zostały jedynie drogi prądów. Dioda D9 doładowuje kondensator C3 wyprostowanym dwupołówkowo prądem pochodzącym z mostka D1…D4. Jednocześnie stabilizator główny zasilacza nie pobiera prądu z C3, więc pojemność tego kondensatora może nie być duża. Niestabilizowane napięcie o wartości około 12 V (w praktyce wyższej – 16…20 V) jest wykorzystywane do zasilania wentylatora chłodzącego radiator, cewki przekaźnika PK1 oraz wzmacniaczy operacyjnych i komparatorów.

Z tego samego napięcia jest również zasilany stabilizator napięcia 5 V, które jest napięciem odniesienia dla całego zasilacza. Za stabilizację odpowiada układ US1 typu TL431, który zachowuje się jak regulowana dioda Zenera. Rezystor R3 polaryzuje katodę tego układu prądem o natężeniu kilku miliamperów. Kondensator C5 zmniejsza wartość skuteczną napięcia szumów na jego zaciskach oraz zapobiega jego wzbudzeniu. Tranzystor T1 pełni funkcję wtórnika napięciowego, a ponieważ jest to zintegrowany układ Darlingtona, jego baza pobiera znikomo mały prąd z katody US1. Rezystory R4 i R5 wraz z potencjometrem P1 umożliwiają ustawienie napięcia o wartości dokładnie 5 V, którą to wartość można skontrolować poprzez dołączenie woltomierza do złącza testowego TP1.

Sterowanie przekaźnikiem i wentylatorem

Układ mierzy temperaturę radiatora chłodzącego tranzystory mocy za pomocą termistora NTC1. Ten standardowy element z oferty AVT ma nominalną rezystancję 10 kΩ, która maleje do około

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Płytka przednia

Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1...R3, R5...R8: 10 kΩ
R4, R9, R10: 330 Ω
P1, P2: 10 kΩ jednoobrotowy do ścianki
P3: 10 kΩ montażowy leżący

Kondensatory:
C1...C3, C5, C6: 100 nF raster 5 mm MKT
C4: 100 μF 25 V raster 2,5 mm

Półprzewodniki:
LCD1: 2×8, zgodny z HD44780 np. LCD2X8 03
US1: ATtiny24A-PU (DIP14)

Pozostałe:
J1: ICD10 męskie THT proste 2×5 2,54 mm
J2: goldpin 5 pin męski 2,54 mm THT
Jedna podstawka DIP14
Dwie diody LED 5 mm czerwone np. LED F5 R
Złącze męskie i żeńskie goldpin 2×7 pin 2,54 mm
Dwa złącza męskie i żeńskie goldpin 1 pin 2,54 mm
Cztery tuleje dystansowe, gwint wewnętrzny M3 12 mm, poliamid HP-12A
Osiem śrub M3 6 mm

Płytka dolna

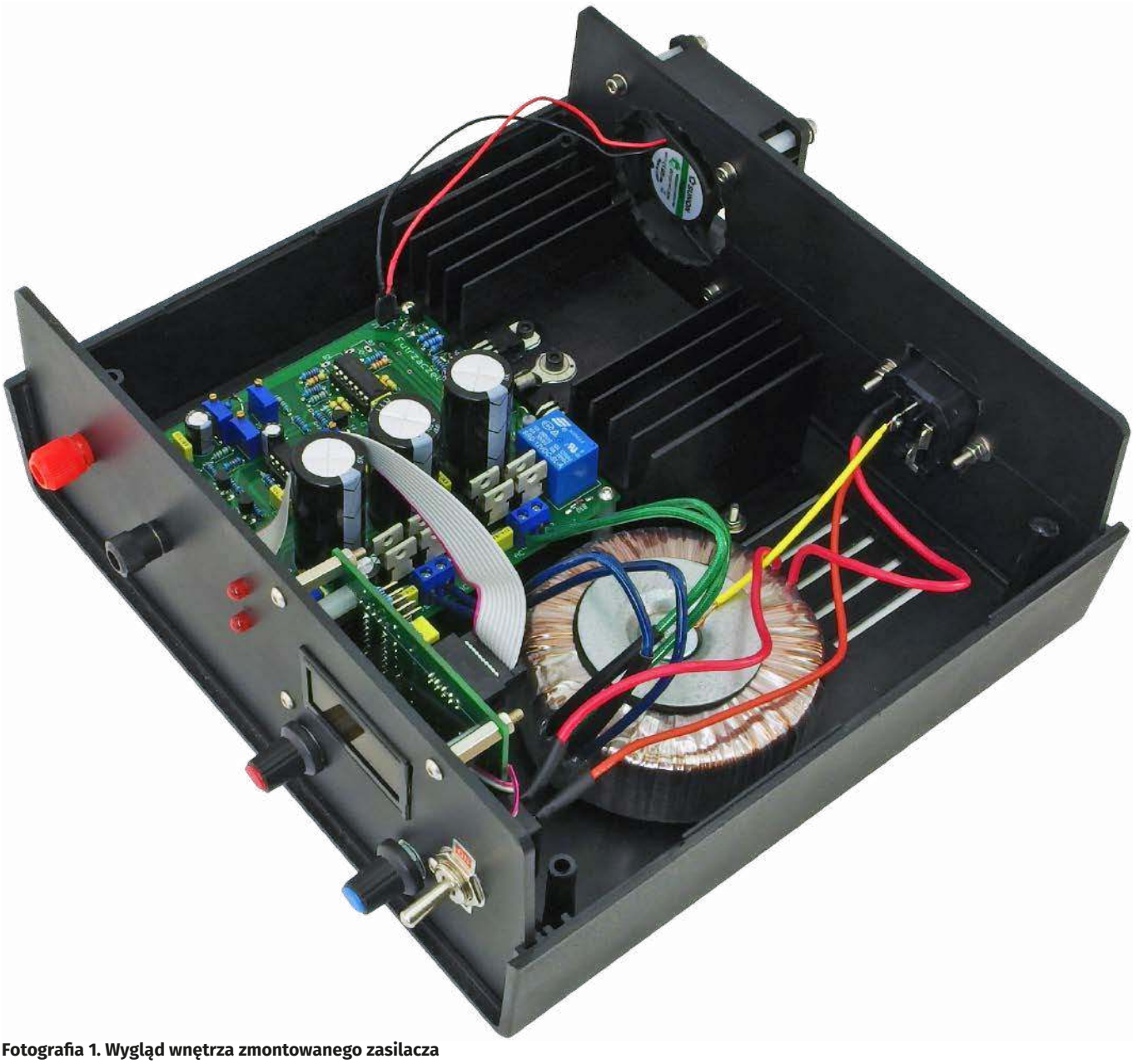
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W, jeżeli nie napisano inaczej)
R1, R2: 4,7 Ω
R3, R7, R9, R17, R26, R31, R32, R45, R46, R49: 2,2 kΩ
R4, R6, R8, R10, R11, R14, R18...R20, R24, R27, R28, R30, R34, R36, R40...R42, R44, R51, R53, R55...R57: 10 kΩ
R5: 9,1 kΩ
R12, R29, R35: 4,7 kΩ
R13, R16, R22, R25, R33, R39: 470 kΩ
R15: 1,2 kΩ
R21: 7,5 kΩ
R23, R50: 130 kΩ
R37, R38: 180 Ω
R43: 150 Ω
R47, R48: 0,22 Ω 2 W
R52: 0,1 Ω 5 W
R54: 39 kΩ
P1: 2 kΩ montażowy pionowy 3296W
P2: 50 kΩ montażowy pionowy 3296W
P3: 10 kΩ montażowy pionowy 3296W

Kondensatory:
C1, C2, C4, C5, C7, C8, C12, C13, C15, C16, C21, C23, C26: 100 nF raster 5 mm MKT
C3: 1000 μF 25 V raster 5 mm
C6, C14, C17: 100 μF 25 V raster 2,5 mm
C9...C11: 4700 μF 50 V raster 10 mm (opis w tekście)
C18...C20, C25: 100 μF 50 V raster 3,5 mm
C22, C24: 1 nF raster 5 mm MKT

Półprzewodniki:
D1...D8: SBT10100 (TO220)
D9, D12...D14, D20: 1N4007 (THT)
D10, D11, D15: 1N4148 (THT)
D16...D19: Zenera 15 V 0,4 W (THT)
T1: TIP122 (TO220) lub odpowiednik
T2...T5: BC327
T6, T7: BC546
T8, T9: BUZ11
US1: TL431CLP (TO92)
US2: LM339 (DIP14)
US3: LM358 (DIP8)
US4: LM324 (DIP14)

Pozostałe:
J1, J2, J5: ARK2/500
J3, TP1: goldpin 2 pin męski 2,54 mm THT
J4: ICD10 męskie THT proste 2×5 2,54 mm
NTC1: 10 kΩ M6 (opis w tekście)
PK1: JQC3FF 12 V SPST-NO
Jedna podstawka DIP8
Dwie podstawki DIP14
Radiator RAD DY-Q 66MM
Trzy śruby M3 6 mm
Trzy nakrętki M3
Jedna podkładka M3 9 mm
Pasta termoprzewodząca
Obudowa
Obudowa uniwersalna Z17W
Wentylator 60×60 12 V RDH6025S
Osłona wentylatora 60×60 FG-06
Transformator toroidalny TST100 14V-14V z mocowaniem
Gniazdo IEC z bezpiecznikiem przykręcane GN ZAS.6200
Gniazdo laboratoryjne czarne i czerwone GN LABORAT0-M i GN LABORAT1-M
Przełącznik dźwigniowy KN3-1
Bezpiecznik 1,6 A zwłoczny
Gałki GAŁ 6K NIEBIESKA N-4 i GAŁ 6K CZERWONA N-4
Cztery tuleje dystansowe 25 mm poliamid HP-25 (do przykręcenia dolnej płytki)
Cztery tuleje dystansowe 15 mm poliamid HP-15 (do przykręcenia przedniej płytki)
Szesnaście śrub M3 6 mm (do przykręcenia dolnej i przedniej płytki)
Cztery śruby M3 10 mm (do przykręcenia radiatora i gniazda IEC)
Cztery śruby M3 35 mm (do przykręcenia wentylatora oraz osłony)
Cztery nakrętki M3 (do przykręcenia wentylatora)
Dziesięć podkładek M3 9 mm (do przykręcenia wentylatora, radiatora i płytki dolnej)
Śruba M5 50 mm z nakrętką i dwiema podkładkami (do przykręcenia transformatora)
Taśma IDC10 z zaciśniętymi złączami żeńskimi 2×5 2,54 mm o długości 15 cm

eprasa.pl 9df22a5208



Fotografia 1. Wygląd wnętrza zmontowanego zasilacza

4,7 kΩ w temperaturze około 50°C oraz do około 1,2 kΩ w temperaturze około 80°C. Termistor ten został włączony do układu jako dzielnik napięcia 5 V, współpracując z rezystorem R10. Kondensator C12 filtruje uzyskane napięcie: im wyższe, tym wyższa jest temperatura.

Komparatory US2A i US2B porównują to napięcie z własnymi napięciami referencyjnymi, które ustalają dzielniki R11+R12 i R14+R15. Użycie w nich rezystorów o tych samych wartościach, które osiąga termistor w zadanych temperaturach, gwarantuje przełączenie się wyjścia komparatora właśnie w pobliżu tejże temperatury. Rozrzut rzędu kilku stopni Celsjusza nie będzie nikomu w tym zastosowaniu przeszkadzał, toteż nie użyto elementów precyzyjnych.

Komparator US2A jest odpowiedzialny za załączanie wentylatora, kiedy radiator nagrzeje się do temperatury około 50°C. Wyjście typu „otwarty kolektor" tego komparatora przyjmuje wtedy stan niski, co powoduje załączenie oraz nasycenie tranzystora T3. Niewielki wentylator jest dołączany do zacisków złącza J3. Rezystor R13 wprowadza histerezę, zapobiegając zbyt częstemu przełączaniu się tranzystora.

Jeżeli chłodzenie okazałoby się niewystarczające, może dojść do przegrzania. Jego umowna granica została określona na około 80°C, co monitoruje komparator US2B. Jeżeli doszłoby do przegrzania, stan niski na wyjściu US2B wprowadza w nasycenie tranzystor T4, przez co pozostałe obwody uzyskują informację w postaci napięcia o wartości zbliżonej do 5 V. Brak przegrzania to potencjał linii OVERHEAT równy 0 V, o co dba rezystor R19.

Przekaźnik PK1, który załącza drugie uzwojenie transformatora zasilającego, jest sterowany przez komparator US2C. Jako wartość progowa jest brane około 43% napięcia referencyjnego (R21/(R21+R20)) układu, które wynosi 5 V. Jak w poprzednich miejscach, tak i ten komparator jest objęty słabym dodatnim sprzężeniem zwrotnym, aby przekaźnik przełączał się w sposób zdecydowany, bez wielokrotnego iskrzenia stykami, kiedy napięcie wyjściowe ustali się około progu przełączenia. Tranzystor T2 jest tutaj elementem wykonawczym, sterującym cewką PK1. Takie rozwiązanie działa w pełni automatycznie, odłączając dodatkowe uzwojenie po wykryciu przegrzania lub zwarcia zacisków wyjściowych.

Zasilanie układów analogowych i bramek tranzystorów mocy

Napięcie zasilające układy analogowe (komparator US2 i wzmacniacze operacyjne US2 i US3) jest filtrowane przez zlokalizowane blisko kondensatory MKT i, w przypadku wzmacniaczy operacyjnych, również elektrolityczne. Zmniejsza to ryzyko wzbudzenia się układu poprzez tętnienia prądu

eprasa.pl 9df22a5208

przenikające między tymi elementami, jak również eliminuje część tętnień napięcia zasilającego, pochodzącego z dwupołówkowego prostowania.

Jako tranzystory wykonawcze zostały wybrane tranzystory typu MOSFET z kanałem typu N, które pracują jako wtórniki źródłowe. Do prawidłowej pracy wymagają potencjału bramek wyższego niż potencjał źródła, który jest w tym układzie tożsamy z napięciem wyjściowym. Do uzyskania tak wysokiego napięcia (około 40 V) został użyty diodowo-kondensatorowy potrajacz napięcia, zasilany z uzwojenia transformatora zasilającego. Maksymalne napięcie wyjściowe zasilacza wynosi 28 V, więc w skrajnym przypadku między bramką a źródłem można uzyskać napięcie rzędu 12 V, co jest wartością wystarczającą do pełnego otwarcia tranzystorów typu BUZ11.

Przetestowano w tej roli również przetwornicę podwyższającą na układzie MC34063A, ale generowała ona niemożliwe do odfiltrowania zakłócenia, które przenikały do napięcia wyjściowego. Potrajacz nie wytwarza jakichkolwiek zakłóceń w czasie pracy, do tego jest tani i prosty w działaniu – a przez to niezawodny.

Stabilizator z ogranicznikiem prądu

Wzmacniacz operacyjny US3, typu LM358, pełni funkcję wtórnika napięciowego dla potencjałów ustawionych przez użytkownika potencjometrami P1 i P2 na płytce przedniej. Rezystory R29 i R35 kompensują (częściowo) wpływ wejściowych prądów polaryzujących wejścia tego wzmacniacza operacyjnego, zaś rezystory R30 i R36 linearyzują pracę ich stopni wyśjciowych. Przy okazji ułatwiają uzyskanie wyjściowego potencjału równego 0 V.

Wzmacniacz operacyjny US4C jest odpowiedzialny za stabilizację napięcia wyjściowego, pełni funkcję prawdziwego wzmacniacza błędu: porównuje napięcie zadane przez użytkownika (linia V_SET) z tym, które aktualnie panuje na wyjściu (linia V_ACT). Jego wzmocnienie ograniczają rezystory R31 i R33, zaś pasmo zawęża kondensator C22, zapobiegając wzbudzeniu się całego układu. Rezystor R32 ma rezystancję zbliżoną do wypadkowej równoległego połączenia R31 i R33, co eliminuje dodatkowe napięcie niezrównoważenia, które mogłoby być wywołane różnymi rezystancjami „widzianymi" przez wejścia układu US4C.

W podobnej konfiguracji pracuje US4D, który ogranicza prąd wyjściowy. Jeżeli wartość progowa (napięcie na linii I_SET) jest wyższa od aktualnej (napięcie na linii I_ACT), potencjał wyjścia tego wzmacniacza operacyjnego staje się niski, w czym pomaga mu rezystor R40. Jeżeli wartość ta zostałaby przekroczona, to dioda D15 otworzy się, ponieważ potencjał wyjścia US4D stanie się na tyle wysoki aby ograniczyć prąd do zadanej wartości.

Opisane wyżej wzmacniacze operacyjne sterują tranzystorem T6, który z kolei reguluje potencjał bramek tranzystorów mocy. W czasie normalnej pracy (tryb stałego napięcia) dioda D15 jest zatkana i na prąd kolektora tranzystora T6, ma wpływ potencjał wyjścia wzmacniacza operacyjnego US4C. Jednak to US4D ma tutaj rolę nadrzędną, ponieważ „dolewając" prądu do węzła zawierającego bazę T6 skutecznie obniża napięcie wyjściowe. Wtedy wzmacniacz błędu (US4C) nie może zrobić zbyt wiele. Rezystor R43 zmniejsza wzmocnienie tranzystora T6, ponieważ mogłoby dojść do wzbudzenia się całego układu.

Jest jeszcze jeden element, który może modyfikować napięcie wyjściowe. To tranzystor T7, załączany po wykryciu przegrzania. Jego nasycenie powoduje natychmiastowy spadek napięcia wyjściowego do zera, czyli – w praktyce – wyłączenie wyjścia zasilacza. Rozwiązanie proste, szybkie i skuteczne. Po ostudzeniu radiatora tranzystor ten zatyka się i układ wraca do normalnej pracy.

Sterowanie tranzystorami mocy odbywa się przez obniżanie potencjału ich bramek poprzez regulację prądu płynącego przez R44. Ale nie wolno przy tym zapominać o potencjalnym wzbudzeniu się układu, jak i rozrzutach między tranzystorami. Na tę pierwszą okoliczność zostały dodane rezystory R45 i R46, zaś na tę drugą R47 i R48. Pierwsza para tworzy filtr dolnoprzepustowy z pojemnościami wejściowymi tranzystorów MOSFET, zaś druga wyrównuje spadki napięć na nich spowodowane niejednakowymi charakterystykami przejściowymi. Rezystory o niewielkiej rezystancji, włączone w szereg z wyjściami wtórników, spotyka się najczęściej przy tranzystorach bipolarnych, lecz i tutaj warto zadbać o ten, pozornie drobny, szczegół.

Potencjał wyjścia układu może ulegać silnym i szybkim zmianom, na przykład podczas zwarcia. Napięcie bramka-źródło tranzystorów T8 i T9 mogłoby wzrosnąć powyżej dopuszczalnej wartości 20 V, co doprowadziłoby do przebicia dielektryka podbramkowego. Zapobiegają temu diody Zenera D16 i D17 oraz D18 i D19, którym to parom diod pozwalają swobodnie otwierać się wspomniane już rezystory R45 i R46, niezależnie od siebie.

Pomiar prądu i napięcia

Uważni Czytelnicy mogli zauważyć, że na schemacie płytki dolnej zastosowałem dwa symbole oznaczające masę. Nie jest to błąd ani nieostrożność, taka była konieczność. Pomiar natężenia pobieranego przez obciążenie prądu jest prowadzony poprzez pomiar spadku napięcia na rezystorze R52 – on stanowi pomost między dwoma obwodami masy. Wzmacniacz US4B mnoży to napięcie, mając przy tym ograniczone pasmo, w ten sposób, że przy przepływie prądu o natężeniu 3 A, na jego wyjściu (linia I_ACT) powinno wystąpić napięcie 5 V względem masy GNDIO. Masa GND ma potencjał niższy od masy GNDIO właśnie o spadek na R52, który wynosi nie więcej niż 0,3 V. Dlatego zasilanie wzmacniaczy operacyjnych jest dołączone właśnie do masy GND, ponieważ daje im to lepsze warunki pracy.

Pomiar napięcia wyjściowego został zrealizowany z użyciem dzielnika napięciowego, który przy pełnych 28 V na wyjściu zasilacza, do obwodów dostarcza... tak, 5 V. To bardzo ułatwiło konstrukcję wzmacniacza błędu oraz pomiar napięcia wyjściowego, ponieważ napięcie referencyjne dla całego zasilacza wynosi właśnie 5 V.

Detekcja trybu pracy i komunikacja

W jaki sposób układ wykrywa, że przeszedł w tryb pracy źródła prądowego (CC) ze źródła napięciowego (CV)? Aby do tego doszło, potencjał wyjścia wzmacniacza operacyjnego US4D musi wynosić 1,4 V lub więcej – jego zadaniem jest otwarcie diody D15 oraz złącza baza-emiter tranzystora T6. Wystarczy do tego zwykły komparator, a dokładnie US2D. Wykrywa on wzrost tego potencjału powyżej około 0,36 V i załącza tranzystor T5. Użytkownik dostaje elegancką informację na panelu czołowym zasilacza, że jego zasilacz właśnie zaczął ograniczać prąd.

Komunikacja z płytką przednią odbywa się się poprzez złącze J4. Jest nią przesyłane zasilanie 5 V, będące jednocześnie napięciem referencyjnym. Z płytki przedniej do dolnej trafiają nastawy zadane przez użytkownika, czyli napięcia stałe reprezentujące żądany prąd (linia I_SET) oraz napięcie (linia V_SET). Z kolei do płytki przedniej, na potrzeby pomiaru i wyświetlania, prowadzą linie I_ACT i V_ACT, reprezentujące bieżące wartości, odpowiednio, pobieranego z wyjścia prądu i panującego między zaciskami napięcia. Oprócz nich, na płytkę przednią trafiają dwie informacje mające charakter zero-jedynkowy: przegrzanie radiatora oraz tryb pracy.

Montaż i uruchomienie

Na zakończenie pierwszej części artykułu zaprezentuję wygląd wnętrza zmontowanego zasilacza – **fotografia 1**. Dokładny opis montażu oraz uruchomienia dostępny będzie już za miesiąc, w kolejnym wydaniu „Elektroniki Praktycznej".

Michał Kurzela, EP

eprasa.pl 9df22a5208

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- steruje niezależnie podświetleniem każdego stopnia schodów,
- steruje diodami RGB i daje możliwość zmiany koloru podświetlenia stopni schodów,
- umożliwia dołączenie aż 24 modułów LED RGB,
- dodatkowe wyjścia do podświetlenia poręczy schodowej,
- konfigurowanie i sterowanie wykonywane jest poprzez aplikację dla systemu Android.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT5921	Włącznik LED z płynnym rozjaśnianiem i ściemnianiem (EP 3/2022)
AVT5916	Regulator jasności LED sterowany pilotem TV (EP 2/2022)
–––––	Ambient LED controler (EP 1/2022)
AVT5880	Sterownik 12×LED z interfejsem I²C (EP 8/2021)
–––––	Sterownik LED RGB z układem AL1783 sterowany przez I²C (EP 6/2021)
AVT5857	Liniowy sterownik LED 3 W (EP 4/2021)
AVT5839	Minimoduły z driverem I²C do taśm LED RGBW (EP 1/2021)

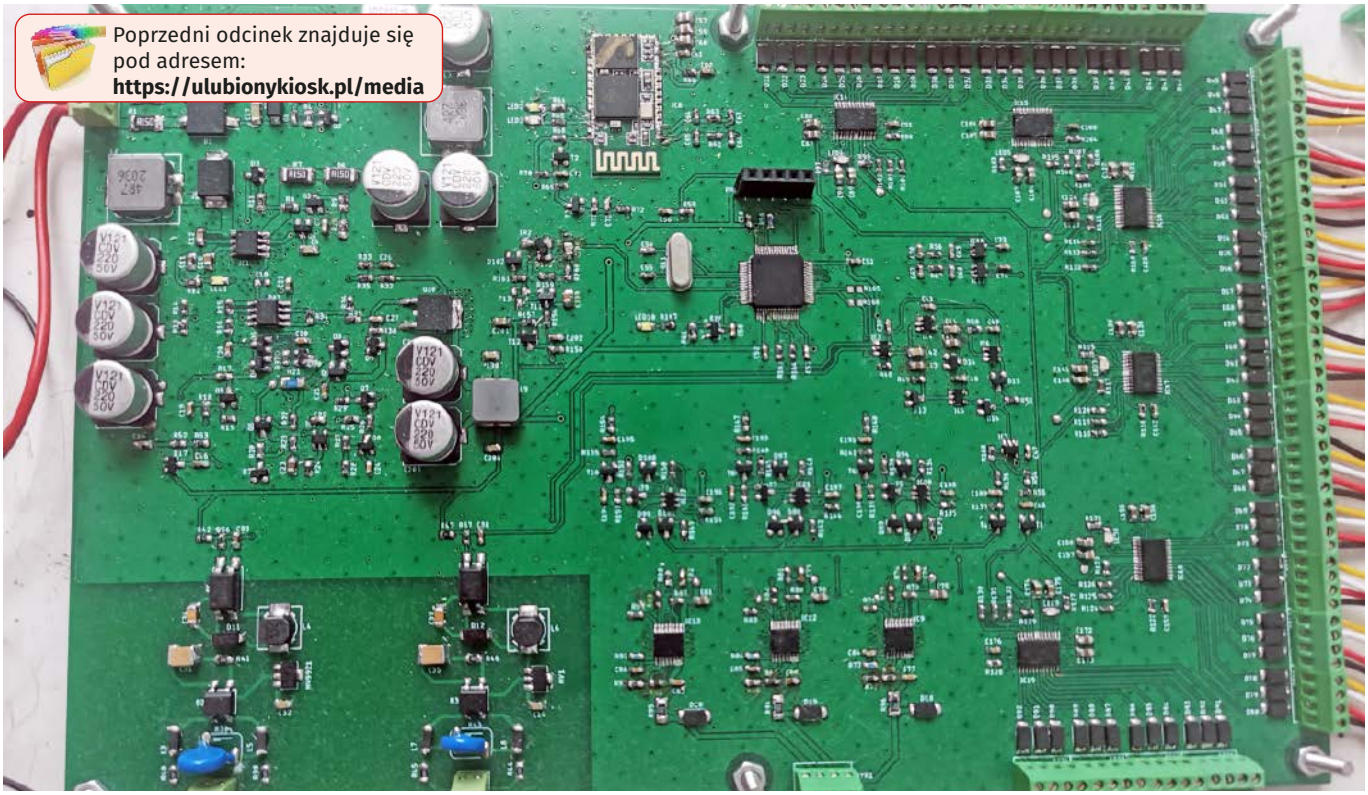
* **Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja **[B]** nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji **[B]** zawiera elementy elektroniczne (w tym **[UK]** – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie 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]** – 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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: **kity@avt.pl**.

Poprzedni odcinek znajduje się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**



SCL – zaawansowany sterownik oświetlenia schodowego (2)

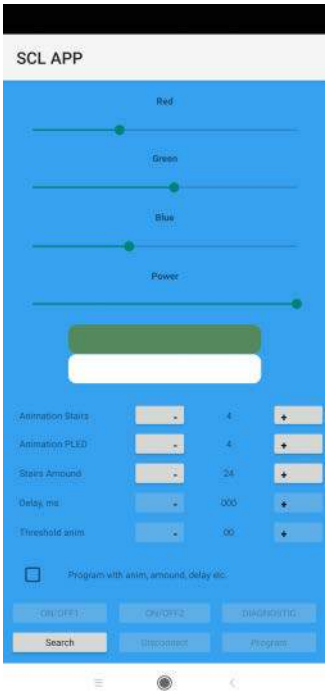
Drugą i ostatnią część opisu zaawansowanego sterownika oświetlenia schodowego rozpoczniemy od omówienia aplikacji na system Android. To właśnie dzięki niej możliwe jest wykorzystanie wszystkich rozbudowanych możliwości urządzenia, takich jak kreowanie animacji w momencie załączania oświetlenia oraz jego wyłączania. Artykuł zakończymy wskazówkami dotyczącymi montażu i uruchomienia sterownika.

Aplikacja na system Android

Z aplikacji na telefonie mamy możliwość zmiany wszystkich ustawień oraz sprawdzenie wszystkich diod LED za pomocą trybu diagnostycznego. Okno aplikacji zostało pokazane na **rysunku 7**. Z poziomu aplikacji jest też możliwość załączenia lub wyłączenia podświetlania schodów. Przy pierwszym uruchomieniu aplikacji należy zezwolić na dostęp do Bluetooth oraz lokalizacji, a następnie należy utworzyć połączenie ze sterownikiem. W tym celu trzeba nacisnąć przycisk SEARCH, a następnie poczekać chwilę, aż zostanie wyszukany sterownik. Po wyszukaniu dostępnych urządzeń należy zaznaczyć to o nazwie, SCL-BT oraz kliknąć Wybierz, a następnie należy wpisać hasło: 1234. Po udanym połączeniu na sterowniku zaświeci się w trybie ciągłym druga dioda LED umieszczona w pobliżu modułu Bluetooth HC-05. Od tego momentu użytkownik ma możliwość wysyłania komend do sterownika.

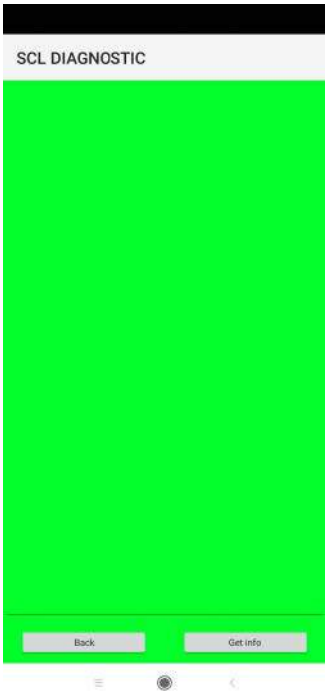
W celu załączenia/wyłączenia świecenia należy nacisnąć przycisk ON/OFF1 lub ON/OFF2. Za pomocą suwaków Red, Green, Blue użytkownik ma możliwość zmiany koloru świecenia diod LED, natomiast za pomocą suwaka Power jest możliwość zmiany jasności świecenia diod power LED podłączonych

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 7. Wygląd aplikacji mobilnej

do driverów TPS92630. Po wybraniu danego koloru, a następnie kliknięciu przycisku Program sterownik zmieni kolor świecenia diod. W celu zmiany wyboru animacji dla diod podświetlających stopnie należy zmienić wartość Animation Stairs. Natomiast w celu zmiany animacji diod power LED należy zmienić parametr Animation PLED. Za pomocą parametru Stairs Amound możemy zmienić liczbę podświetlanych stopni. Maksymalna liczba, jaką możemy wybrać to 24. Parametry Delay, ms oraz Threshold anim są dostępne w celu dostosowania parametrów piątej animacji podświetlenia stopni.



Rysunek 8. Podmenu diagnostyczne aplikacji mobilnej

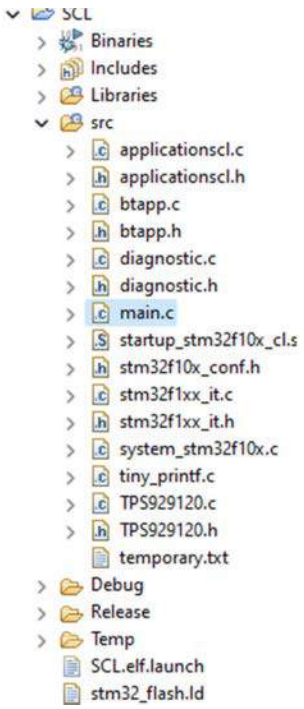
W celu wysłania zmiany ustawień animacji oraz liczby podświetlenia stopni, należy zaznaczyć okienko Program with anim, amound, delay, etc. przed naciśnieciem przycisku Program.

Po naciśnięciu na DIAGNOSTIC zostajemy przeniesieni do podmenu diagnostycznego (**rysunek 8**). W celu prawidłowej diagnostyki wszystkich kanałów użytkownik musi załączyć wszystkie diody LED ze wszystkimi kolorami ustawionymi na wartość maksymalną, a następnie w oknie diagnostycznym kliknąć przycisk GET INFO. Po chwili zostaje wyświetlony stan napięcia na wszystkich wyjściach driverów, oraz pojawi się informacja, czy na którymś kanale nie ma przerwy lub zwarcia.

Oprogramowanie mikrokontrolera

Po wgraniu programu do mikrokontrolera oraz uruchomieniu sterownika, mikrokontroler programuje moduł Bluetooth, a następnie programuje pamięć EEPROM wszystkich driverów TPS929120. W trakcie programowania zaczyna migać z większą częstotliwością dioda LED podłączona do mikrokontrolera. Po udanym zaprogramowaniu dioda LED podłączona do mikrokontrolera zamiga kilka razy z częstotliwością około 2 Hz. Po zaprogramowaniu driverów mikrokontroler przechodzi do głównej pętli, w której sekwencyjnie wywołuje odpowiednie funkcje. W pierwszej kolejności wywołuje funkcje aplikacyjne tj. funkcje określające stan przycisków odczytywanych w celu załączenia/wyłączenia diod LED oraz funkcje odpowiedzialne za animacje diod power LED, oraz diod podświetlających stopnie.

Ostatnią funkcją aplikacyjną wywoływaną przez program jest funkcja kasująca licznik WDT driverów.



Rysunek 9. Struktura plików programu mikrokontrolera

Kolejnymi funkcjami są funkcje obsługi modułu Bluetooth. Program sprawdza bufor odbiorczy, czy nie nastąpiło odebranie odpowiedniej ramki ze zmianą ustawień sterownika. W przypadku odbioru poprawnej ramki następuje zmiana ustawień sterownika za pomocą kolejnej wywołanej funkcji. W dalszej części program wywołuje funkcje diagnostyczne sprawdzające, czy na danym wyjściu drivera nie ma zwarcia lub przerwy. Po wywołaniu funkcji diagnostycznych program wywołuje funkcję, która zmienia napięcie wyjściowe na przetwornicy, aby ograniczyć moc rozpraszaną na driverach. Ostatnia wywoływana funkcja zapisuje zmiany wprowadzone do programu.

Na **listingu 1** pokazano pętlę główną programu. Wszystkie funkcje zostały pogrupowane w odpowiednie biblioteki, dlatego **rysunek 9** prezentuje drzewo programu.

Montaż i uruchomienie

Powierzchnia płytki PCB została dobrana w taki sposób, aby zapewnić rozpraszanie ciepła wydzielanego przez drivery. Zostały one rozmieszczone na zewnętrznych częściach płytki po to, żeby zapewnić jak najkrótsze ścieżki do złączy ARK. Krótkie połączenia pozytywnie wpływa na zmniejszenie emisji zakłóceń elektromagnetycznych.

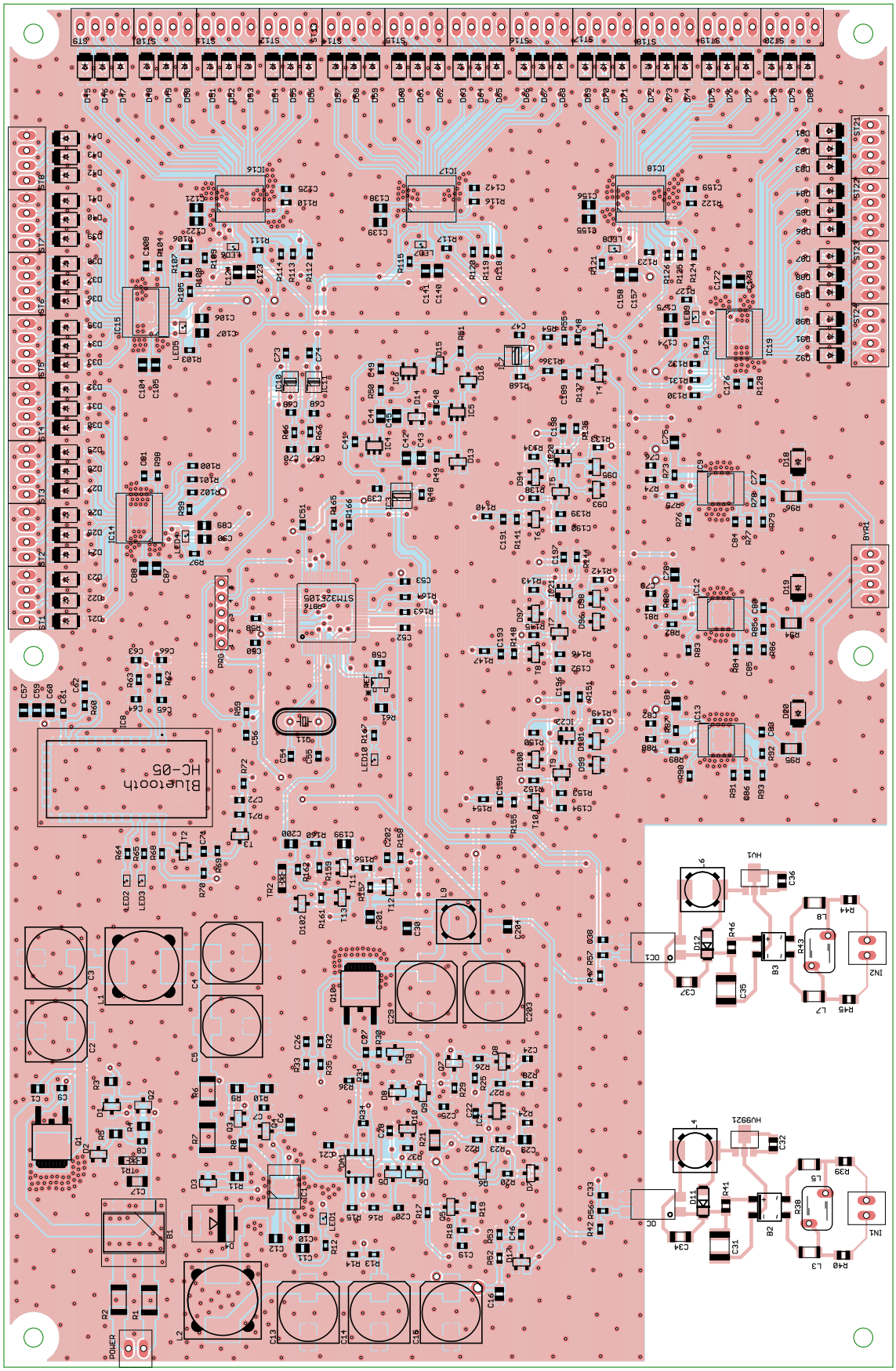
Wszystkie elementy elektroniczne zostały rozmieszczone na jednej stronie płytki w celu zapewniania jak najkrótszej drogi dla prądów powrotnych, a tym samym eliminacji gorących pętli emisji elektromagnetycznej. Obie trony płytki zostały wypełnione masą, a na całej powierzchni płytki rozmieszono przelotki, aby zapewnić wyrównanie potencjałów. Elementy na płytce zostały także rozmieszczone według bloków funkcjonalnych, aby łatwiej było poprowadzić główną ścieżkę zasilającą. W pobliżu driverów zostały rozmieszczone przelotki o większej średnicy, aby zmniejszyć rezystancję termiczną, a tym samym poprawić odprowadzanie ciepła od driverów do otoczenia. W pobliżu wejścia IN1 oraz IN2 nie ma wypełnienia masą ze względu na możliwość podłączenia do tych wejść sygnałów o napięciu 230 V AC/DC. Dzięki temu unika się możliwości przebicia tego napięcia do masy sterownika, a tym samym uszkodzenia go. Schemat płytki sterownika został pokazany na **rysunku 10**.

Na **rysunku 11** została pokazana płytka z diodami LED RGB. W centralnym punkcie znajdują się pady służące do przylutowania gniazda JST, natomiast po bokach płytki PCB znajdują się otwory montażowe służące do przymocowania płytki do stopni schodów.

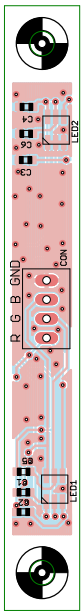
Montaż należy zacząć od wszystkich elementów przetwornicy, a następnie należy sprawdzić, czy po podłączeniu napięcia zasilania na wyjściu otrzymujemy około 12 V. Jeżeli układ zasilania działa poprawnie, można przejść do przylutowania

eprasa.pl 9df22a5208

wszystkich pozostałych elementów potrzebnych do wytworzenia napięcia 3,3 V dla mikrokontrolera. Jeżeli cały układ zasilania jest przylutowany, to przed wlutowaniem procesora należy sprawdzić, czy napięcie na kondensatorze C203 wynosi około 3,3 V. Jako że procesor jest w obudowie LQFP, zaleca się użycie lutownicy z grotem typu minifala. Po przylutowaniu mikrokontrolera należy przylutować drivery oraz pozostałe elementy SMD, w tym także moduł Bluetooth HC-05. Na samym końcu należy przylutować elementy przewlekane tj. warystory, złącza ARK oraz rezonator kwarcowy mikrokontrolera.



Rysunek 10. Schemat płytki PCB urządzenia



Rysunek 11. Schemat płytki PCB modułu oświetlającego stopień

eprasa.pl 9df22a5208

Listing 1. Kod głównej pętli programu

```
while(1){ //Główna pętla programu
   //Aplikacje

   //funkcja okreslajaca stan przyciskow oraz kierunek
   detectbutton(&stateofbutton, &directionofbutton);

   //obsluga diod power led
   powerled(powerledpower, directionofbutton, stateofbutton, animationpwrled);

   //funkcja animacyjna
   stairsanimation( directionofbutton, stateofbutton, animationstairs,
      amoundofstairs, tresh, addtime);

   resetwatchdogtps(); //reset licznika wdt

   //funkcja zmieniajaca kolory diod led
   changecolorstairs(red, green, blue, amoundofstairs);

   clearwdt; //wykasowanie watchdog systemowego

   //Obsluga BT
   //Przeszukanie bufora odbiorczego
   seekBT((unsigned char *)btbuff, (uint16_t)uart2rx, &val1, &val2);

   //wykonanie zmian ustawien w zaleznosci od bufora odbiorczego
   setsettingsBT(&val1, &val2, &animationpwrled, &animationstairs, &powerledpower,
      &amoundofstairs, &red, &green, &blue, &tresh, &addtime, &stateofbutton,
      &directionofbutton,
      &activationdiagnostic);

   clearwdt; //wykasowanie watchdog systemowego

   //Funkcje diagnostyczne
   //pomiar napiec dla wszystkich kanalach, po zmierzeniu wszystkich wyjsc
   //funkcja zwraca wartosc maksymalna
   valdiag1=maxvoltage(amoundofstairs, valuesvoltages, stateofbutton);

   //sprawdzenie open load na wszystkich kanalach
   valdiag2=(uint8_t)openload(amoundofstairs, openloadtable, stateofbutton);

   //sprawdzenie zwarc na wszystkich kanalach
   valdiag3=(uint8_t)shortdiag(amoundofstairs, shortdiagtable, stateofbutton);

   //funkcja wysylajaca wszystkie dane
   BTsenddiagnostic(&activationdiagnostic, valdiag1, valdiag2, valdiag3, valuesvoltages,
         openloadtable, shortdiagtable, amoundofstairs);

   //wykasowanie wszystkich flag z driverow
   clrflag=clearfaultflag(&valdiag1, &valdiag2, &valdiag3, amoundofstairs);

   clearwdt; //wykasowanie watchdog systemowego

   //Regulacja napiecia z przetwornicy
   averageadc=avadcfunction(valueADC); //wartosc srednia

   //funkcja dokonujaca reulacji na podstawie przeprowadzonego pomiaru
   reulationDCDC(valuesvoltages, openloadtable, amoundofstairs, averageadc,
stateofbutton);

   clearwdt; //wykasowanie watchdog systemowego

   //Funkcja zapisujaca do pamieci nowe ustawienia
   checkchanges();
}
```

Zmontowana płytka wygląda tak, jak na fotografii tytułowej. Po całkowitym montażu należy podłączyć zasilanie i sprawdzić, czy napięcia 12 V oraz napięcie 3,3 V są prawidłowe oraz czy nie ma przypadkowych zwarć powstałych podczas lutowania. Przed wgraniem programu do mikrokontrolera zaleca się podłączenie za pomocą konwertera USB-UART do płytki sterownika i sprawdzenie po kolei wszystkich wyjść driverów, czy działają prawidłowo. Dzięki temu zostanie sprawdzona także magistrala UART. Po tych czynnościach należy wgrać program do mikrokontrolera, pamiętając o tym, żeby sterownik także miał dołączone zasilanie, ponieważ drivery muszą mieć zasilanie do zmiany ustawień ich pamięci EEPROM podczas pierwszego uruchomienia mikrokontrolera.

Do załadowania programu do pamięci mikrokontrolera można użyć programu STM32 ST Link Uttility oraz programatora ST Link V2. Jeżeli programowanie przebiegło prawidłowo, to po ponownym załączeniu zasilania diody LED znajdujące się w pobliżu driverów TPS929120 (podłączone do wyjść ERR) są zgaszone. Po programowaniu, w celu sprawdzenia, czy driver działa w trybie STAND ALONE (bez udziału mikrokontrolera), należy wylutować dławik L9, aby zasymulować uszkodzenie mikrokontrolera. W trybie STAND ALONE po załączeniu drivera na wejściu IN1 lub IN2 wszystkie diody LED powinny świecić w kolorze białym, ponieważ wszystkie wyjścia driverów TPS929120 zostają załączone.

Poniżej zamieszczone są odnośniki do filmów, na których można zobaczyć działanie sterownika SCL.

https://youtu.be/v-E2cKX-33g

https://youtu.be/sTKNsB0QFVk

Krzysztof Miękus
Lordwest1989@tlen.pl

REKLAMA

Już ponad rok publikujemy dla projektantów i programistów elektroniki

ELPORTAL.pl

Obserwuj nas również na Facebooku: www.facebook.com/Elportalpl

eprasa.pl 9df22a5208

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- próg zadziałania ustalany za pomocą zamontowanego rezystora,
- maksymalny prąd wynosi 2,1 A,
- dodatkowe zabezpieczeniem zasilanego układu przed zbyt wysokim lub niskim napięciem zasilania,
- pomiar pobieranego prądu,
- zabezpieczenie termiczne działające po przekroczeniu temperatury 175°C,
- możliwość odłączenia zasilania od obciążenia.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media
–––– Zabezpieczenie zasilania eFuse (EP 08/2022)
AVT5728 Regulowany bezpiecznik (EP 11/2019)

* **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]** – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji.

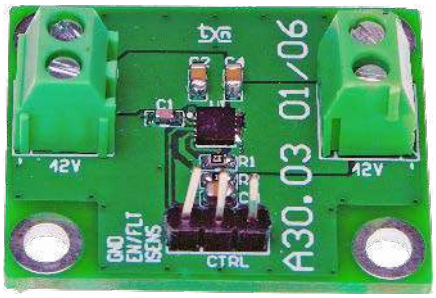
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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**

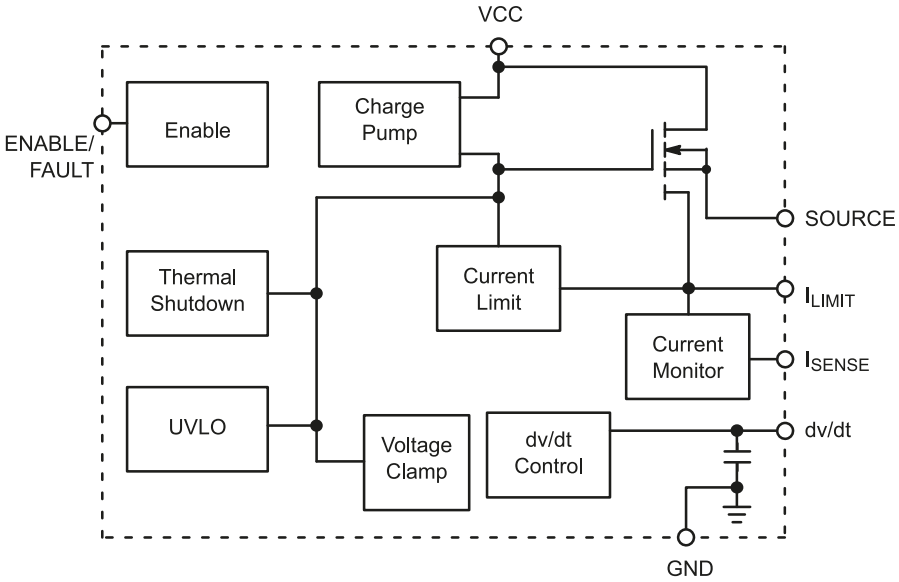
W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: **kity@avt.pl**.

Moduł bezpiecznika elektronicznego z układem NIS5420

Zaprezentowany miniprojekt to niewielki moduł realizujący funkcję bezpiecznika elektronicznego – eFUSE. Rozwiązanie bazuje na specjalizowanym układzie NIS5420MT7 firmy ON Semiconductor. W swojej strukturze zawiera on wszystkie elementy niezbędne do realizacji bezpiecznika elektronicznego z ustalanym progiem zadziałania oraz z dodatkowym zabezpieczeniem zasilanego układu przed zbyt wysokim lub niskim napięciem zasilania. Dodatkowo układ ma możliwość pomiaru pobieranego prądu oraz wyłączenia obciążenia. Będzie przydatny przy konstruowaniu układów zasilanych m.in. z akumulatorów 9...12 V.



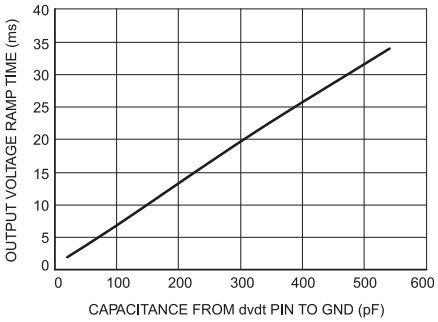
Strukturę wewnętrzną układu NIS5420 pokazano na **rysunku 1**. Wbudowany w NIS5420MT7 komparator napięcia blokuje zasilanie na złączu OUT, gdy napięcie wejściowe jest niższe niż 6,5 V (max. 6...7 V) lub wyższe od 12,5 V (12,5...14,5 V). Napięcie wyjściowe może też być wyłączone przez podanie stanu wysokiego na linię EN, na wyprowadzenie CTRL-1. Ze względu na dwukierunkowość wyprowadzenia EN (sygnalizacja błędu dla współpracujących kaskadowo NIS5420) wymagane jest sterowanie typu OC/OD. Szybkość narastania napięcia wyjściowego po załączeniu określa kondensator C1 zgodnie z charakterystyką z **rysunku 2**.



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna NIS5420MT7 (za notą ON Semi)

Budowa i działanie

Schemat modułu zabezpieczeń został pokazany na **rysunku 3**. Napięcie zasilające doprowadzone jest do złącza IN, napięcie wyjściowe dostępne jest na złączu OUT. Wartość ograniczenia prądowego ustalana jest



Rysunek 2. Dobór pojemności C1 (za notą ON Semi)

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl

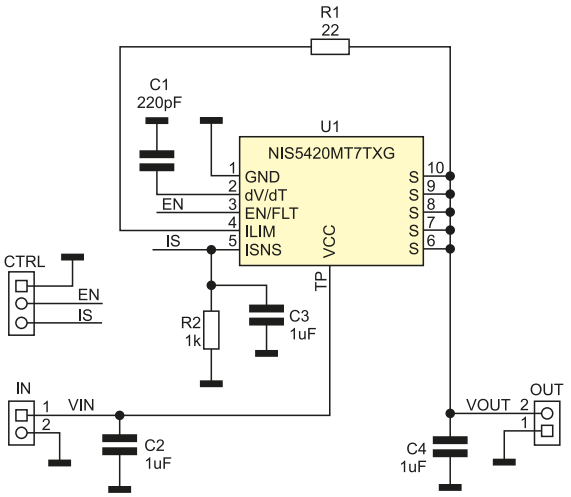
Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1: 22 Ω
R2: 1 kΩ

Półprzewodniki:
U1: NIS5420MT7TXG (WDFN10)

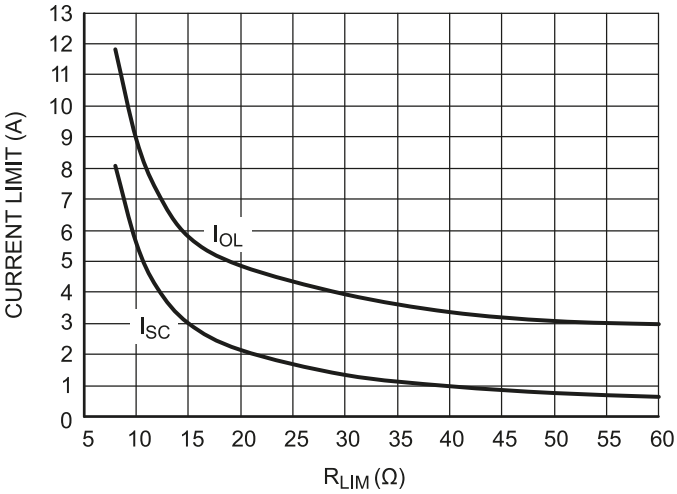
Kondensatory: (SMD0603)
C1: 220 pF ceramiczny 50 V
C2, C3, C4: 1 μF ceramiczny 16 V

Pozostałe:
CTRL: złącze SIP3, 2,54
IN, OUT: złącze DG 3,5 mm 2 piny

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 3. Schemat układu zabezpieczenia



Rysunek 4. Dobór prądu ograniczenia (za notą ON Semi)

rezystorem R1 zgodnie z charakterystyką pokazaną na **rysunku 4**. Maksymalny prąd układu NIS5420MT7 wynosi 2,1 A (R1=20 Ω), charakterystyka zabezpieczenia jest automatyczna, po ustaniu przeciążenia układ ponownie załączy napięcie na wyjściu.

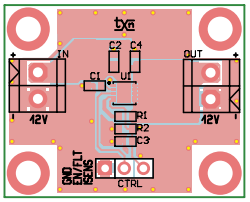
Na wyjściu IS dostępny jest sygnał prądowy monitorujący aktualny pobór prądu obciążenia, dla rezystora R2=1 kΩ, współczynnik przetwarzania to 1 mA/A. Układ ma zabezpieczenie termiczne działające po przekroczeniu temperatury 175°C.

Układ NIS5420MT7 jest jednym z podzespołów rodziny NIS5420MTx różniącej się progami zabezpieczeń napięciowych oraz sposobem zadziałania zabezpieczenia prądowego – z zatrzaskiwaniem lub automatycznym powrotem po ustaniu przeciążenia, co ułatwia dopasowanie do potrzeb aplikacji.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na miniaturowej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat pokazano na **rysunku 5.** Przed montażem należy ewentualnie skorygować wartości elementów zgodnie z wymogami aplikacji. Montaż układu jest typowy i nie wymaga opisu, należy tylko poprawnie przylutować pad termiczny układu U1.

Układ nie wymaga uruchamiania, należy jednak sprawdzić działanie progów zabezpieczeń, zasilając układ



Rysunek 5. Schemat płytki PCB

z zasilacza laboratoryjnego i obciążając go sztucznym obciążeniem. Dokładny opis układu zamieszony jest w nocie katalogowej NIS5420MTx.pdf, z którą polecam się zapoznać przed modyfikacją wartości elementów.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- pojemność licznika wynosi 999999 impulsów,
- maksymalna częstotliwość zliczania to kilka...kilkunaście kHz,
- komunikacja poprzez I²C,
- moduł jest wyposażony w baterię podtrzymującą działanie uniezależniającą proces zliczania od zasilania.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

–––––	Ekspander DAC z układem LTC1663 (EP 10/2022)
–––––	Przedłużacz magistrali I²C (EP 9/2022)
–––––	Mostek UART-I²C z układem SC18IM700 (EP 8/2022)
–––––	Megaekspander I/O (EP 8/2022)
–––––	Ekspander wyświetlacza LCD 2×16 z I²C i podświetleniem RGB (EP 7/2022)
–––––	Ekspander IO z układem PCA9531 (EP 4/2022)
–––––	Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C (EP 2/2022)
AVT5912	Expander wyjść z interfejsem I²C (EP 1/2022)
AVT5901	Moduł z zegarem RTC i pamięcią FRAM po I²C (EP 11/2021)

* **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]** – 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.

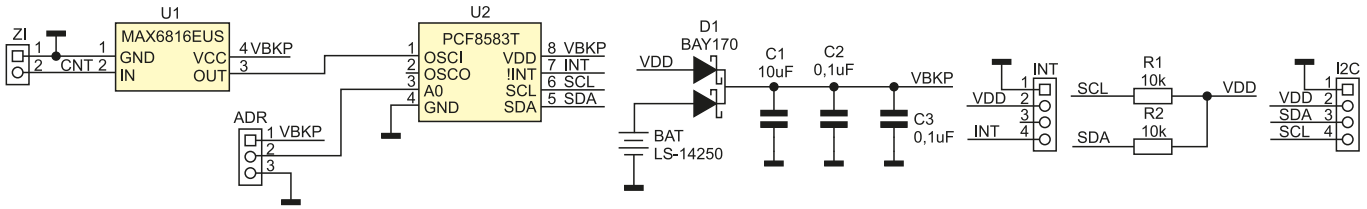
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik PDF! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz!
http://sklep.avt.pl

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: **kity@avt.pl**.

Licznik impulsów z podtrzymaniem bateryjnym

Minimoduł z licznikiem impulsów i komunikacją poprzez I²C może być przydatny w domowej automatyce do zliczania ilości impulsów np. z wodomierzy lub innych liczników mediów wyposażonych w wyjścia impulsowe lub w zliczaniu osób. Dodatkowo licznik wyposażony jest w baterię podtrzymującą uniezależniającą proces zliczania od zasilania współpracującego sterownika.

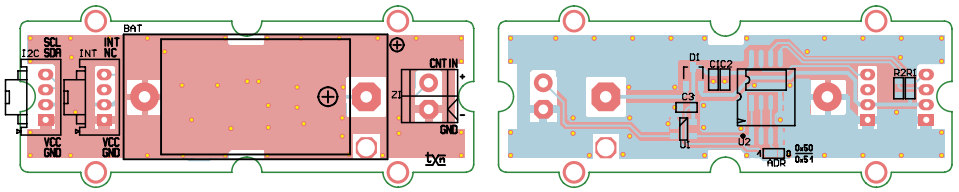
eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 1. Schemat licznika impulsów

Moduł zawiera popularny układ zegara czasu rzeczywistego typu PCF8583, który oprócz odmierzenia czasu udostępnia tryb zliczania impulsów z zakresem do 999999 impulsów. Wybór trybu odbywa się programowo przez konfigurację odpowiednich rejestrów U2. Układ zlicza impulsy doprowadzone do wejścia OSCI. Maksymalna częstotliwość zliczania nie jest zbyt wysoka (rzędu kilku...kilkunastu kHz), ale wystarczy do wielu zastosowań.

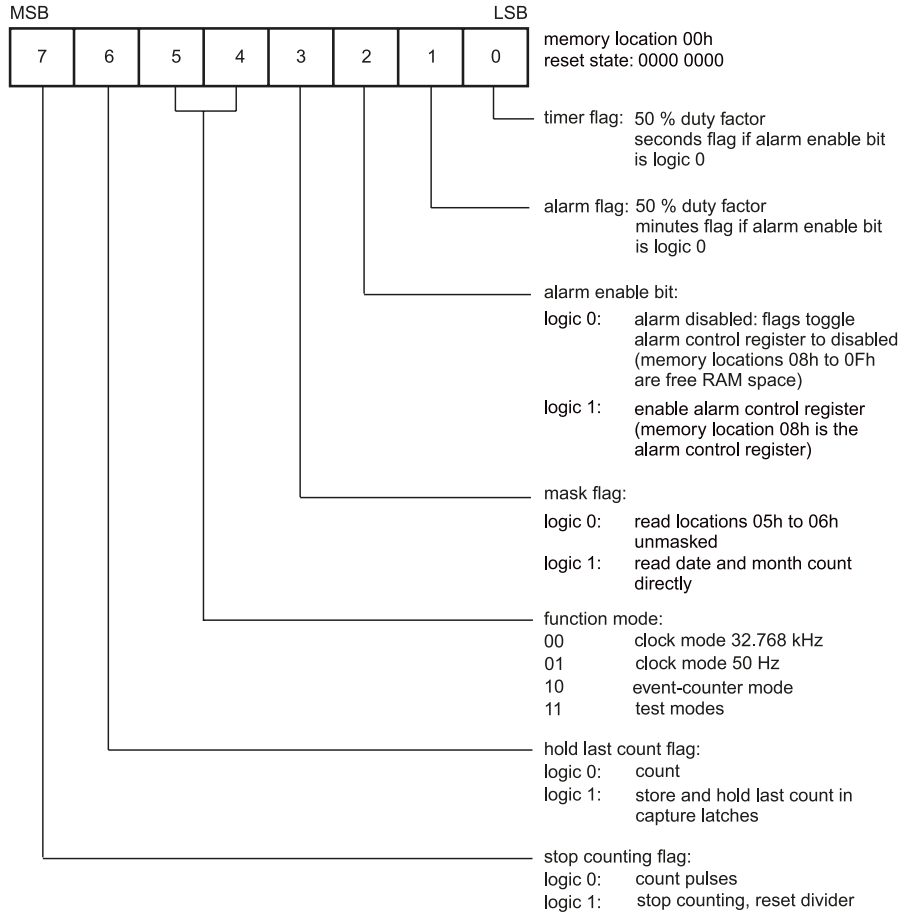
Uwaga: moduł zasilany jest baterią LiSOCL$_2$, której nie wolno ładować, zwierać, rozhermetyzować i wystawiać na działanie ognia, ekstremalnych temperatur i wilgoci.



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

Budowa i działanie

Schemat wewnętrzny modułu pokazano na **rysunku 1**. Układ U1 formuje zliczane impulsy pochodzące najczęściej z wyjścia stykowego zrealizowanego na kontaktronie (suchy styk) lub w postaci elektronicznej OC/OD. Dodatkowo zapewnia polaryzację podłączonego wyjścia i ochronę ESD licznika.



Rysunek 3. Rejestr konfiguracji (za notą NXP)

Moduł zasilany jest poprzez złącze magistrali I²C napięciem 5 V. Dodatkowo układ wyposażony jest w podtrzymanie zasilania z baterią LiSOCL2 typu 14250. Dioda D1 kluczuje źródła zasilania. Moduł pracuje poprawnie zasilany napięciem powyżej 3 V, przy niższych napięciach będzie pobierał prąd z baterii, której napięcie na początku pracy wynosi ok. 3,6 V i będzie wyższe od napięcia VDD. Pojemność baterii 14250 oscyluje w okolicach 0,9...1,2 Ah, co zapewnia kilkanaście miesięcy podtrzymania. Pobór prądu jest mniejszy od 10 µA przy rozwartym wejściu i ok. 50 µA przy zwartym.

Układ U2 pozwala po zliczeniu określonej liczby impulsów na generowanie przerwania na wyjściu INT typu OD dostępnym na złączu INT. Przerwanie może zostać wykorzystane do wybudzenia układu nadrzędnego, po określonej liczbie zliczonych impulsów, np. w celu zabezpieczenia przed przepełnieniem licznika. Złącza i moduł są zgodne ze standardem Grove.

Układ U2 ma możliwość wyboru dwóch adresów bazowych za pomocą zwory ADR, co pozwala na niezależne zliczanie z dwóch źródeł impulsów. W przypadku konieczności obsługi większej liczby źródeł można wykorzystać opisane w EP multipleksery magistrali I²C lub układy przesunięcia adresu bazowego.

Montaż i uruchomienie

Moduł jest zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Sposób montażu

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

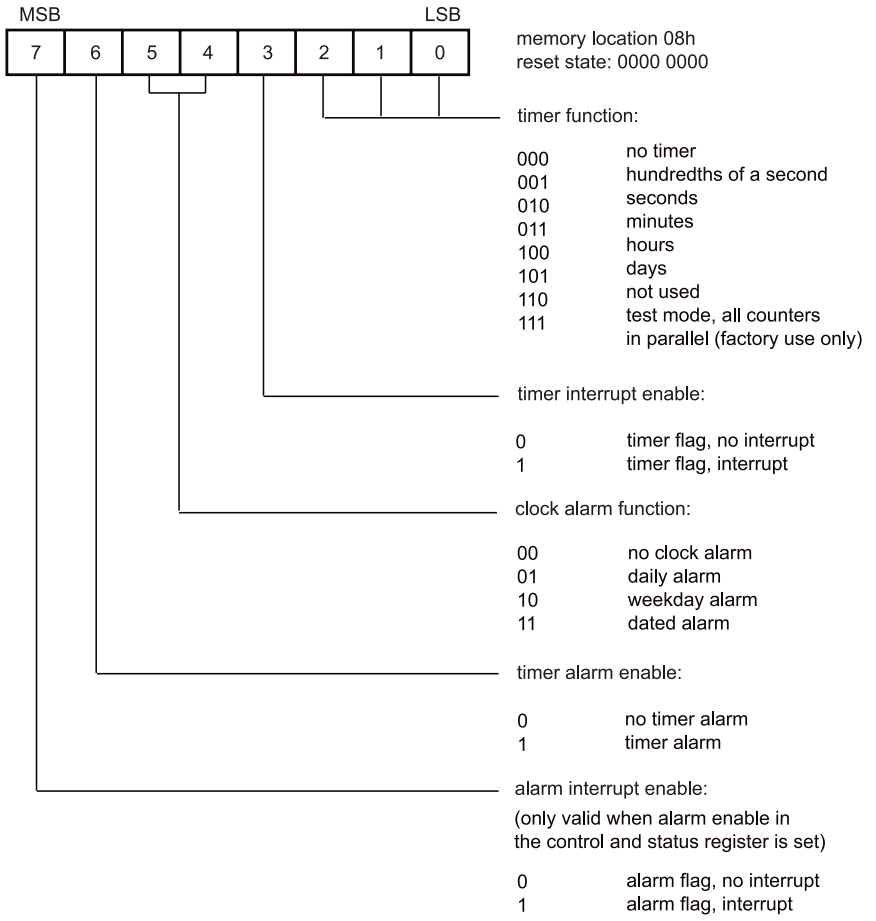
Rezystory: (SMD0603, 5%)
R1, R2: 10 kΩ

Kondensatory: (SMD0603)
C1: 10 µF ceramiczny 10 V
C2, C3: 0,1 µF ceramiczny 10 V

Półprzewodniki:
D1: BAV170 dioda podwójna (SOT-23)
U1: MAX6816EUS (SOT-143)
U2: PCF8583T,115 (SO8_400)

Pozostałe:
BAT: bateria LiSOCL 14250 + oprawka PCB
ZI: złącze DG381-3.5-2

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 4. Rejestr konfiguracji alarmu

jest klasyczny i nie wymaga opisu. W przypadku zastosowania baterii ze zgrzanymi wyprowadzeniami można zrezygnować z koszyka, ale należy zwrócić szczególną uwagę na to, aby nie zewrzeć jej wyprowadzeń podczas lutowania.

Przed włożeniem baterii w podstawkę należy ją depasywować szczególnie po dłuższym przechowywaniu. Depasywację przeprowadzamy za pomocą rezystora o wartości około 10 kΩ, mierząc napięcie wyjściowe ogniwa. Gdy jego wartość rośnie, zbliżając się do nominalnej (3,65 V) dla nowego ogniwa, oznacza to, że odzyskało ono swoje własności. W przeciwnym wypadku ogniwo w krótkim czasie obniży swoje napięcie i spowoduje zakłócenia w działaniu układu.

Dla sprawdzenia modułu można użyć Raspberry Pi. Po podłączeniu modułu do zasilania 3,3 V i magistrali I²C wpisujemy polecenie: i2cdetect -y 1, które pozwoli sprawdzić obecność układu na magistrali (w modelu ustawiony adres 0x50, zwora ADR=0). Do obsługi trybu zliczania konieczna jest konfiguracja PCF8583. Układ zawiera rejestr kontrolny pod adresem 0x00, w którym należy ustawić wartość 0x24, ustawiającą tryb zliczania i aktywującą wyjście alarmowe zgodnie z **rysunkiem 3**. Zliczane impulsy dostępne są w rejestrach pod adresami 0x01, 0x02, 0x03. Wartości rejestrów zliczania warto skasować przed rozpoczęciem pracy układu poleceniami:

```
i2cset -y 1 0x50 0x01 0x00
i2cset -y 1 0x50 0x02 0x00
i2cset -y 1 0x50 0x03 0x00
```

Odczyt i zapis wartości można sprawdzić, zrzucając mapę rejestrów poleceniem:

```
i2cdump -y -r 0x00-0x0f 1 0x50
```

co da w efekcie:

```
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9
a  b  c  d  e  f
00: 26 02 01 00 00 01 01 00 90 05
00 00 ff ff ff ff
```

Aby skorzystać z generowania przerwań, należy skonfigurować rejestr kontrolny alarmów 0x08, ustawiając w nim bity D7 i D4 zgodnie z **rysunkiem 4**, co można wykonać poleceniem:

```
i2cset -y 1 0x50 0x08 0x90
```

Wartość do porównania z licznikiem zapisywana jest w rejestrach 0x09, 0x0A, 0x0B. Gdy zliczana wartość zrówna się z wartością alarmową, zostanie ustawiony D1 w rejestrze konfiguracji 0x00 oraz wyjście int zostanie ustawione w stan niski. Kasowanie flagi przerwania odbywa się poprzez wyzerowanie bitu D1 w rejestrze konfiguracji. Przykładowo ustawiamy wartość 5 w rejestrach alarmowych:

```
i2cset -y 1 0x50 0x09 0x05
i2cset -y 1 0x50 0x0a 0x00
i2cset -y 1 0x50 0x0b 0x00
```

kasujemy liczniki:

```
i2cset -y 1 0x50 0x01 0x00
i2cset -y 1 0x50 0x02 0x00
i2cset -y 1 0x50 0x03 0x00
```

ustawiamy przerwanie:

```
i2cset -y 1 0x50 0x08 0x90
```

generując impulsy (poprzez zwieranie wejścia ZI), sprawdzamy zachowanie się flagi D1 oraz generowanie przerwania poleceniem:

```
i2cdump -y -r 0x00-0x0f 1 0x50
```

i otrzymamy:

```
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9
a  b  c  d  e  f
00: 24 04 00 00 00 01 01 00 90 05
00 00 ff ff ff ff
```

a w kolejnym cyklu:

```
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9
a  b  c  d  e  f
00: 26 05 00 00 00 01 01 00 90 05
00 00 ff ff ff ff
```

Pozostałe rejestry 0x0F...0xFF układu mogą być wykorzystane jako podtrzymywana pomięć RAM. Jeżeli wszystko działa poprawnie, można układ zastosować we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

eprasa.pl 9df22a5208

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- jako źródło zasilania zastosowano 3 typowe ogniwa cylindryczne Li-Ion 18650,
- pozwala uzyskać napięcie 12,6 V, zbliżone do typowego akumulatora kwasowego/żelowego,
- przeznaczony jest do pracy z prądami do kilku amperów,
- układ uzupełnia prosty wskaźnik napięcia wyjściowego.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

–––	Zasilacz buforowy 5 V z uniwersalną ładowarką (EP 11/2022)
AVT5931	Akumulator z ogniwami $LiFePO_4$ (EP 5/2022)
AVT5834	Zasilacz buforowy 12 V z akumulatorem (EP 2/2021)
–––	Ultralekki powerbank (EP 3/2019)
AVT5568	Power Bank 14,4 V – nowoczesny moduł zasilania bezprzerwowego z superkondensatorami (EP 1/2017)
AVT5519	PWR_SolarCAP Power bank zasilany przez słońce (EP 11/2015)
AVT2309	Ładowarka akumulatorów żelowych. Zasilacz buforowy (EdW 10/1998)

* **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]** – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji.

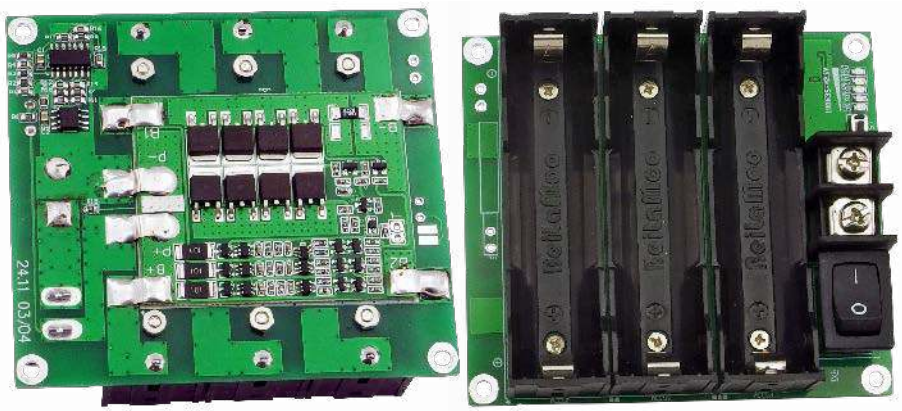
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: **kity@avt.pl**.

Akumulator Li-Ion 3S DIY

Wiele urządzeń elektronicznych wymaga zapewnienia zasilania bezprzerwowego. Podstawowym elementem takiego układu jest magazyn energii, najczęściej w postaci akumulatora. Zaprezentowany moduł akumulatora Li-Ion usprawnia projektowanie i testowanie obwodów zasilania.



Jako źródło zasilania wybrano typowe ogniwa cylindryczne Li-Ion 18650. Połączenie ich w szeregowy pakiet 3S1 pozwala uzyskać napięcie 12,6 V. Magazynowanie energii przy wyższym i standardowym napięciu 12 V ułatwia użycie gotowych modułów ładowarek oraz przetwornic dla napięć zasilających projektowanego układu.

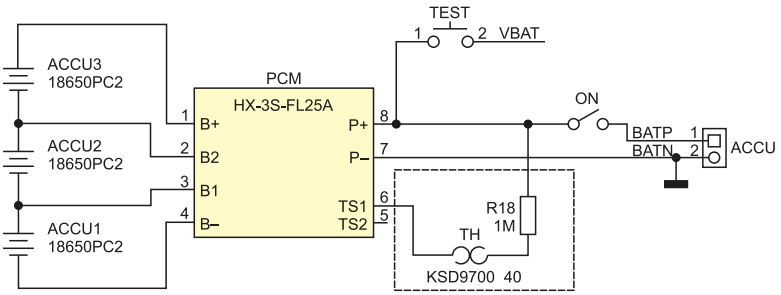
Budowa i działanie

Akumulator wykonany jest w formie modułu. Składa się z dwóch bloków funkcjonalnych: akumulatora z układem zabezpieczeń, którego schemat pokazano na **rysunku 1** oraz wskaźnika napięcia, którego schemat znajduje się na **rysunku 2**. Użytkowanie akumulatorów Li-Ion związane jest z koniecznością spełnienia kilku warunków dotyczących bezpiecznej eksploatacji. Niezbędne jest ich zabezpieczenie przed zwarciem, nadmiernym rozładowaniem i przekroczeniem napięcia ładowania. W przypadku pakietów szeregowych dodatkowo trzeba balansować ładunek ogniw składowych. Za realizację wszystkich funkcji odpowiada układ BMS/PCM.

W modelu zdecydowano się na zastosowanie gotowego modułu PCM typu HX-3S-FL25A. Zaprojektowanie modułu PCM nie jest zadaniem niemożliwym, lecz ze względu na problematyczną dostępność jednostkowych ilości układów scalonych do zabezpieczeń i balansowania ogniw, zdecydowałem się na zastosowanie gotowego rozwiązania. Moduł HX-3S-FL25A dostosowany jest do obsługi pakietu 3S, dopuszcza maksymalny prąd obciążenia do 25 A, który poprzez zmianę rezystorów pomiarowych może zostać dopasowany do charakterystyki zastosowanych ogniw. Moduł zabezpiecza ogniwa przed przeładowaniem powyżej 4,3 V, nadmiernym rozładowaniem poniżej 2,5 V, a prąd balansowania ustalony jest na ok. 100 mA.

Niektóre wersje obsługują wejście zabezpieczenia termicznego pakietu, zaznaczone na schemacie przerywaną linią. Układ współpracuje z opcjonalnym termostatem, który po przekroczeniu temperatury 40°C odcina ogniwo.

W modelu należy używać ogniw 18650, które w płytce umieszczane są w koszykach, co pozwala na szybką i bezpieczną ich wymianę, bez konieczności zgrzewania lub lutowania ogniw. Należy mieć świadomość faktu, że ze względu na rezystancję styków koszyków, ścieżek drukowanych i wyłącznika,



Rysunek 1. Schemat bloku akumulatora

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

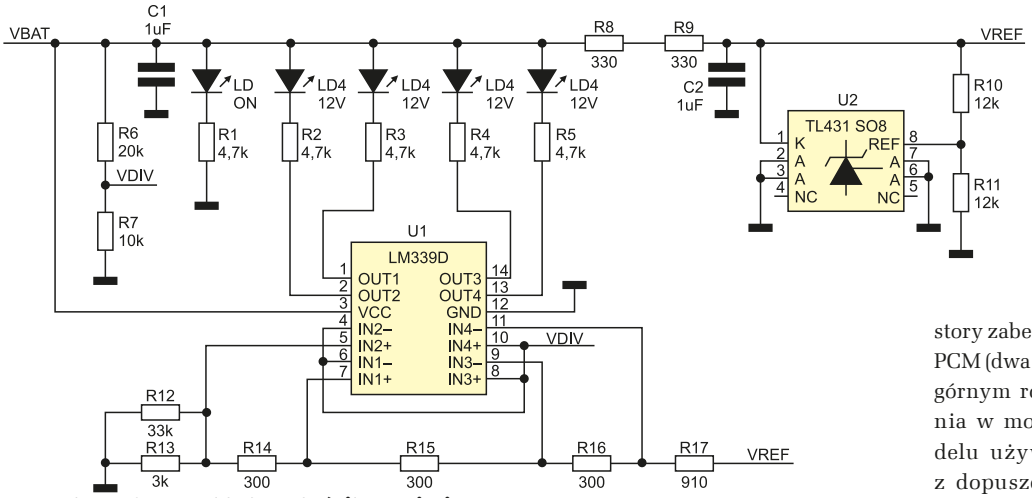
Rezystory: (SMD0805, 1%)
R1, R2, R3, R4, R5: 4,7 kΩ
R6: 20 kΩ
R7: 10 kΩ
R8, R9: 330 Ω
R10, R11: 12 kΩ
R12: 33 kΩ
R13: 3 kΩ
R14, R15, R16: 300 Ω
R17: 910 Ω
R18: 1 MΩ

Kondensatory:
C1, C2: 1 μF ceramiczny 25 V (SMD0805)

Półprzewodniki:
LD, LD1, LD2, LD3, LD4: dioda LED zielona (SMD0805)
U1: LM339D (SO14)
U2: TL431 (SO8)

Pozostałe:
ACCU1, ACCU2, ACCU3: koszyk na akumulator 18650
ACCU: złącze śrubowe DG 10 mm
ON: wyłącznik ON/OFF rocker 24 V/8 A
PCM: moduł PCM HX-3S-FL25A
TEST: mikroprzełącznik chwilowy 6×3 mm
TH: wyłącznik termiczny KSD970040 (opcja)

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 2. Schemat układu wskaźnika napięcia

moduł przeznaczony jest do pracy z prądami do kilku amperów.

Dla uproszczenia obsługi wszystkie ogniwa skierowane są wyprowadzeniem + w jednym kierunku, co wydłuża ścieżki połączeniowe, ale zmniejsza ryzyko pomyłki przy użytkowaniu. Zastosowanie ogniw wysokoprądowych jest oczywiście możliwe, ale nie pozwoli wykorzystać ich pełnego potencjału przy dużych prądach rozładowania, w porównaniu z pakietem z połączeniami zgrzewanymi o minimalnej długości. Moduł wyposażony jest w wyłącznik akumulatora ON, napięcie wyjściowe dostępne jest na złączu śrubowym ACCU.

Układ uzupełnia prosty wskaźnik napięcia wyjściowego, aktywowany przyciskiem TEST. Składa się on z komparatorów układu U1 typu LM339 sygnalizujących cztery progi napięcia. Napięcie z akumulatora poprzez dzielnik R6/R5 doprowadzone jest do wejść odwracających komparatorów. Układ U2 typu TL431 dostarcza napięcia odniesienia do dzielnika wejść nieodwracających. Dioda LD ON sygnalizuje obecność zasilania, diody LD1...LD4, sygnalizują przekroczenie progów 9/10/11/12 V, pozwalając orientacyjnie ocenić stan naładowania akumulatora. Rezystorem R12 można skorygować dokładność wskazań związaną z rozrzutem elementów.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Montaż układu należy rozpocząć od wlutowania elementów układu wskaźnika napięcia, przycisku Test oraz złącza ACCU. Po wlutowaniu i sprawdzeniu połączeń, do złącza ACCU doprowadzamy napięcie z zasilacza laboratoryjnego. Przy naciśniętym przycisku Test, zmieniając napięcie 8...14 V, sprawdzamy sygnalizację progów. Ewentualnej korekty progów dokonujemy zmianą rezystora R12 lub dzielnika R10/R11.

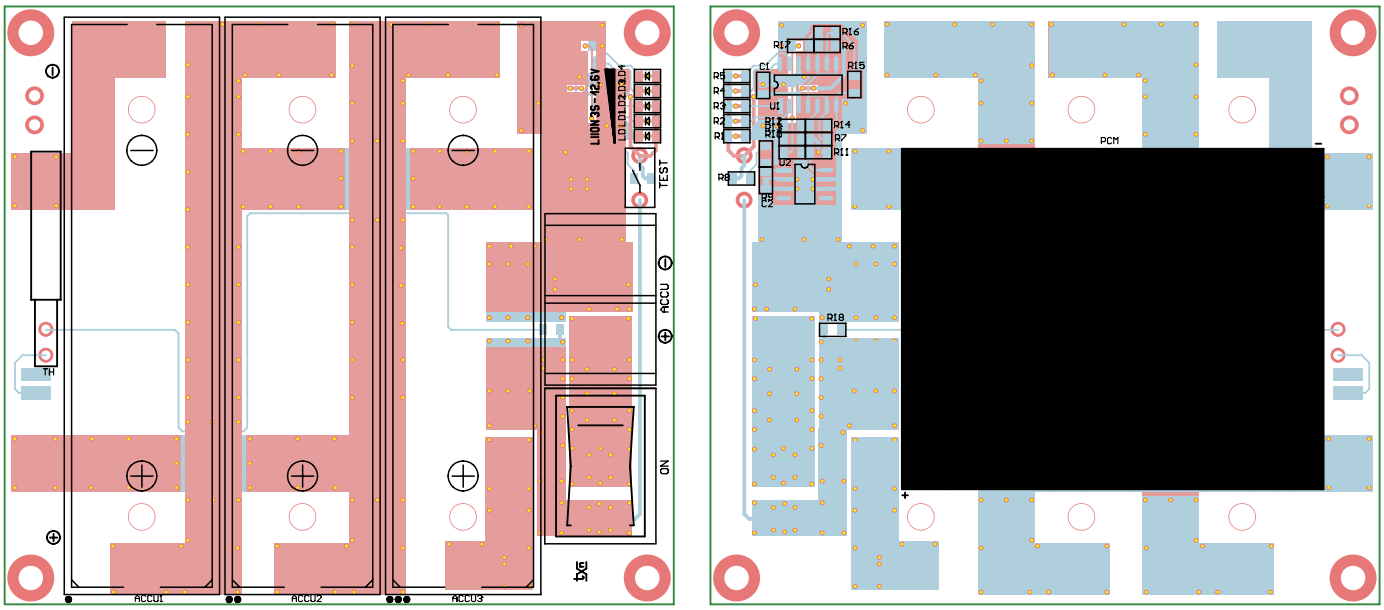
Następnie za pomocą dwustronnej taśmy klejącej montujemy układ PCM, wyprowadzenia układu lutujemy do płytki, wykorzystując odcinki taśmy niklowej lub srebrzanki. Przed wlutowaniem koszyków 18650, przykręcamy je do płytki za pomocą śrubek M2,5, zakładając podkładki izolacyjne pod nakrętki. W otwory mocujące płytki wkręcamy tulejki dystansowe, docelowo na spód płytki warto przyciąć osłonę z materiału izolacyjnego, aby nie dopuścić do przypadkowych zwarć podczas eksperymentów.

W zależności od zastosowanych ogniw należy dobrać rezystory zabezpieczenia zwarciowego na płytce PCM (dwa rezystory SMD2512 5 mΩ w lewym górnym rogu), próg odcięcia zabezpieczenia w module HX to ok. 150 mV. W modelu używane są ogniwa ICR18650-26H z dopuszczalnym prądem 5,2 A, ale nie są użytkowane forsownie, więc próg zabezpieczenia zwarciowego ustalono bezpiecznie na ok. 3,75 A, zmieniając rezystor na 40 mΩ.

Jeżeli wszystko jest zmontowane i sprawdzone, należy przygotować ogniwa. W przypadku zastosowania ogniw używanych lub pochodzących z demontażu należy zadbać, aby nadawały się do pracy w pakiecie, tj, miały zbliżone pojemności i rezystancje wewnętrzne. Przed pierwszym umieszczeniem w płytce każde z ogniw należy naładować w zewnętrznej ładowarce i skontrolować, czy napięcia naładowanych ogniw nie różnią się o więcej niż 50 mV. Jeżeli wszystko jest sprawdzone, ogniwa umieszczamy w koszykach w kolejności od ACCU1 do ACCU3 (wyjmowanie ogniw odbywa się w kolejności odwrotnej). Kolejne cykle ładowania i rozładowania odbywają się już pod kontrolą modułu PCM, a akumulator DIY jest gotowy do eksperymentów.

Uwaga: podczas użytkowania ogniw Li-Ion należy zachować odpowiednie warunki eksploatacji zgodne z kartą katalogową, nieprzestrzeganie ich może spowodować zagrożenia dla zdrowia i otoczenia użytkownika.

Adam Tatuś, EP



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

eprasa.pl 9df22a5208

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- obsługa mikrokoku, aż do podziału 1/32,
- dostarcza ciągły prąd 0,8 A/uzwojenie,
- pracuje przy napięciu zasilania z zakresu 2,5...10,8 V.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

----	Radiomodem ISM do Raspberry Pi Zero (EP 11/2022)
----	Moduł LoRa dla RPi Pico (EP 9/2022)
----	Moduł z wyświetlaczami numitron (EP 8/2022)
----	Interfejs aparatury kontrolnej i sygnalizacyjnej standardu M22 do Raspberry Pi (EP 7/2022)
----	Sterownik mikrosilników prądu stałego do Rpi Pico (EP 7/2022)
----	Moduł przekaźników półprzewodnikowych do RPi Zero i nie tylko (EP 7/2022)
----	Ekspander 16×PWM (EP 6/2022)
----	Moduł BLE4.1 dla RPi Pico (EP 6/2022)
----	Moduł LoRa dla Raspberry Pi Zero (EP 6/2022)
----	Ekspander modułów dla RPi Pico (EP 4/2022)
----	Podwójny interfejs ethernet dla RPi (EP 4/2022)
----	Moduł multiIO dla RPI Zero (EP 3/2022)
----	Interfejs użytkownika z wyświetlaczem OLED dla Pi Pico (EP 3/2022)
----	Zasilacz bezprzerwowy z akumulatorem litowym dla Raspberry Pi Pico (EP 2/2022)
----	Vintage audio DAC na TDA1387 (EP 2/2022)
AVT5914	Zasilacz buforowy dla RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5913	Cyfrowy wzmacniacz audio 2×10 W w formacie RPi Zero (EP 1/2022)

* **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]** – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji.

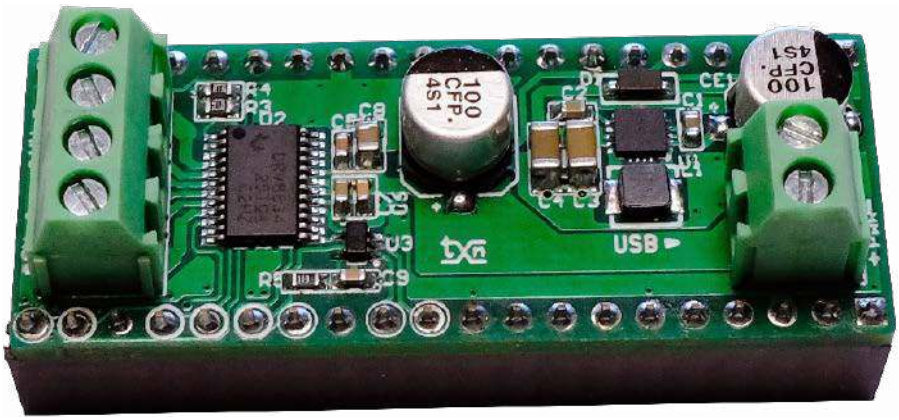
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: **kity@avt.pl**.

Sterownik mikrosilnika krokowego dla Pi Pico

Moduł bazuje na uniwersalnym sterowniku silników typu DRV8834A, który zwiera w swej strukturze dwa mostki H zbudowane na tranzystorach MOSFET z niewielkim napięciem nasycenia. Stopień mocy jest połączony z kompletnym sterownikiem silnika krokowego z obsługą mikrokoku, aż do podziału 1/32, kontrolą prądu uzwojeń przez wewnętrzny DAC i zestawem zabezpieczeń.



Układ DRV8834 pracuje przy napięciu zasilania z zakresu 2,5...10,8 V i dostarcza do uzwojeń silnika ciągły prąd o wartości do 1,5 A (w szczycie 2,2 A). Układ uzupełniono także o sygnalizację stanów awaryjnych, takich jak przegrzanie, przeciążenie, zwarcie i blokadę podnapięciową, sygnalizowane na wyjściu nFAULT. Schemat wewnętrzny sterownika DRV8834 został pokazany na **rysunku 1**.

Budowa i działanie

Kompletny schemat modułu pokazano na **rysunku 2**. Aplikacja jest bardzo prosta. Moduł zasilany jest napięciem VM doprowadzonym do złącza PWR. Z napięcia VM poprzez wewnętrzną przetwornicę U2 generowane jest napięcie VCP potrzebne do drivera tranzystorów MOSFET mostka H. C5 jest kondensatorem pompy ładunkowej VCP. Z napięcia VM otrzymywane jest także napięcie VSYS o wartości ok. 5 V do zasilania Pi Pico. Napięcie generowane jest poprzez przetwornicę obniżająco-podwyższającą U1 typu TPS63061, co umożliwia zasilanie modułu napięciem z zakresu 2,5...10,8 V np. z pakietu akumulatorów.

Wszystkie sygnały sterujące pracą U2 doprowadzone są do GPIO Pi Pico. Umożliwia to pełne programowe sterowanie pracą drivera. DRV8834 poprzez wyprowadzenie CONFIG ustawiony jest w tryb pracy z wbudowanym sekwencerem, z możliwością pracy mikrokrokowej. Sterowanie w tym trybie odbywa się w standardzie EN/DIR/STEP, gdzie procesor, sterujący po aktywowaniu drivera sygnałem EN, generuje tylko sygnał kierunku DIR i impuls narastający kroku STEP, co znacząco ułatwia sterowanie silnikiem. Sygnał EN=0 załącza sterownik, sygnał SLP=0 wprowadza U2 w tryb obniżonego poboru mocy. Wejścia M0, M1 umożliwiają zmianę aktualnego mikrokroku. Bramka U3 umożliwia ustawienie stanu wysokiej impedancji niezbędnego przy sterowaniu wyprowadzeniem M0. Stany logiczne wyprowadzeń M0, M0H, M1 wybierające sterowanie mikrokrokowe przedstawiono w tabeli 1.

Wejścia A/B DECAY i wartości rezystorów R3, R4 określają sposób wygaszania prądu w uzwojeniach silnika, poprzez zmianę sposobu sterowania mostkiem H (szczegółowe informacje znajdują się w karcie katalogowej). Wejścia A/BISEN określają próg zabezpieczenia nadpradowego mostka są dobierane w zależności od prądu pracy silnika. W modelu Ic=2/(5×R1), Ic=2/(5×0,5), a więc wynik to ok. 0,8 A.

Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

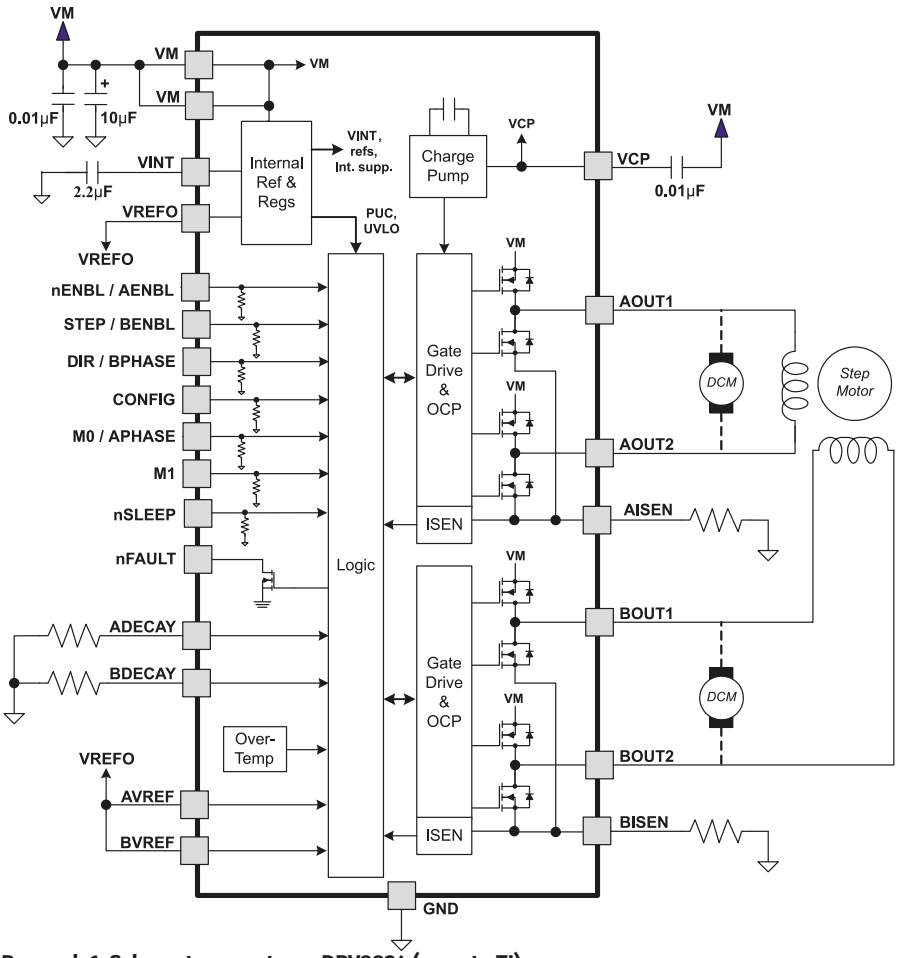
Rezystory:
R1A, R1B, R2A, R2B: 1 Ω dobrać do prądu silnika (SMD1206)
R3, R4: 51 kΩ dobrać zależnie od sterowania silnika (SMD0603)
R5: 10 kΩ (SMD0603)

Kondensatory:
C1: 10 µF ceramiczny 10 V (SMD0603)
CE1, CE2: 100 µF/16 V elektrolityczny D=6,3 Low Esr
C2, C7, C9: 0,1 µF ceramiczny 50 V (SMD0603)
C3, C4: 47 µF ceramiczny 10 V (SMD1206)
C5: 2,2 µF ceramiczny 16 V (SMD0603)
C6: 10 nF ceramiczny 50 V (SMD0603)
C8: 10 µF ceramiczny /16 V (SMD0805)

Półprzewodniki
D1: MBR0520L dioda Schottky'ego (SOD123)
U1: TPS63061DSC (WSON10)
U2: DRV8834PWP (HTSSOP24)
U3: 74V1G125 V (SC70-5)

Pozostałe:
IO1, IO2: złącze żeńskie 1×20, 2,54 mm
L1: 1 µH dławik DLJ4018 1 µH/1,8 A
MA, MB, PWR: złącze DG 3,5 mm 2 piny

eprasa.pl 9df22a5208

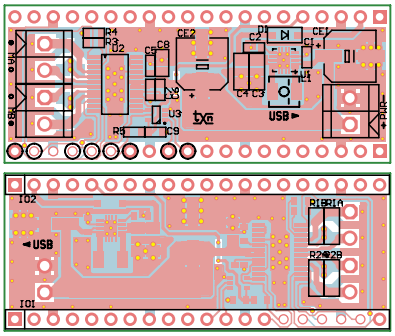


Rysunek 1. Schemat wewnętrzny DRV8834 (za notą TI)

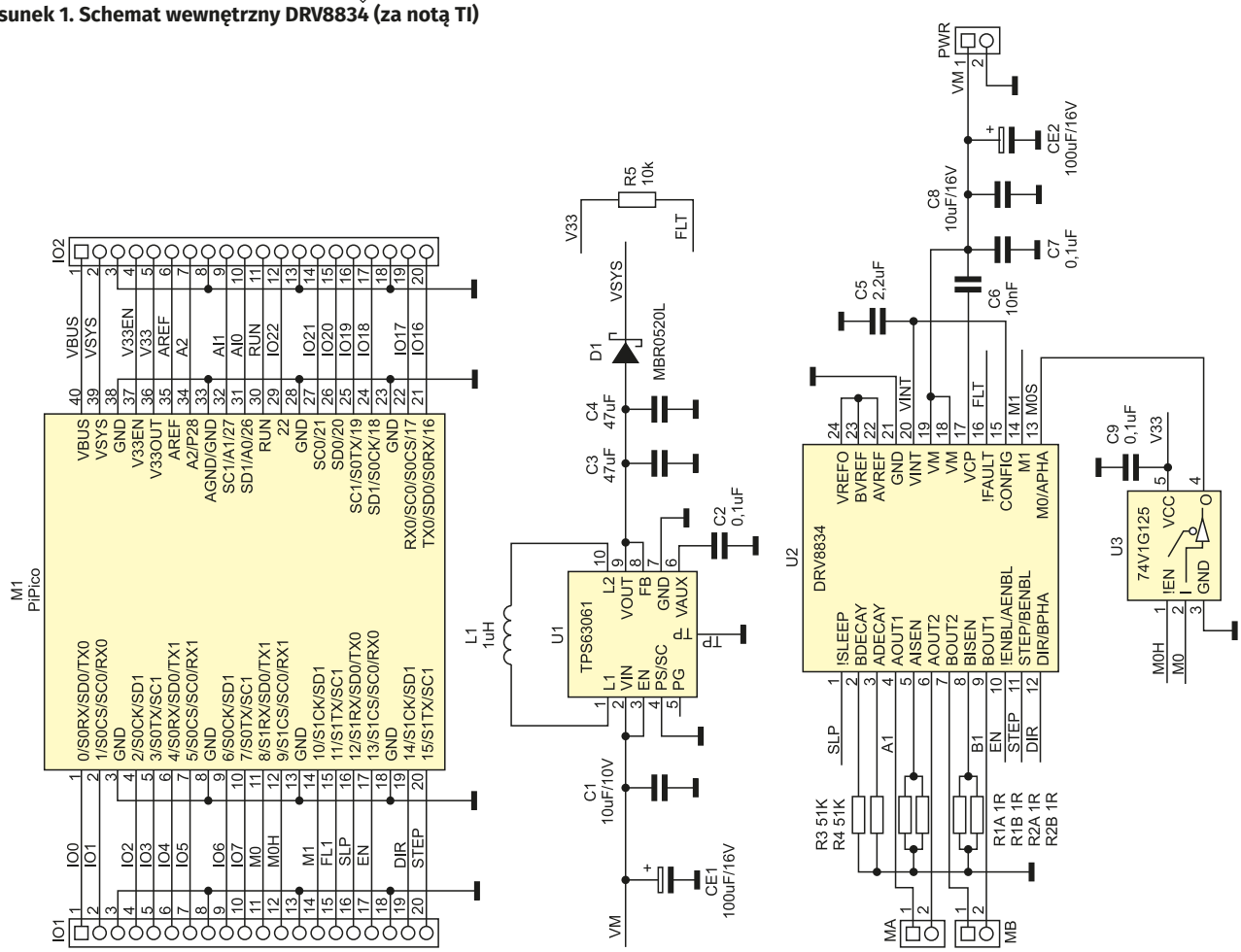
Układ ma możliwość dynamicznej zmiany trybu mikrokoku. Podczas każdego narastającego zbocza STEP wartości M0/M1 są odświeżane i indekser generuje zmieniony ciąg sterowania. Umożliwia to np. płynne i dokładniejsze sterowanie silnikiem przy zbliżaniu się do pozycji zadanej. Wyjście nFAULT typu otwarty dren spolaryzowane przez R5 informuje o nieprawidłowej pracy U2.

Montaż i uruchomienie

Minimoduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej zgodnej z Pi Pico, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Sposób montażu jest klasyczny i nie wymaga dokładnego opisu. Zmontowany moduł nie wymaga uruchamiania. Sterowanie silnikiem odbywa się



Rysunek 3. Schemat płytki PCB



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu sterownika

eprasa.pl 9df22a5208

poprzez odpowiednią konfigurację wyprowadzeń GPIO.

Szybkiego sprawdzenia modułu po podłączeniu silnika i zasilania można dokonać, korzystając z IDE Thonny i micropythona. Najpierw należy zaimportować biblioteki Pin oraz sleep poleceniami:

```
from machine import Pin
import time
from time import sleep
```

Następnie należy zdefiniować wyjścia sterujące:

```
SLP = Pin(12, Pin.OUT)
EN = Pin(13, Pin.OUT)
DIR = Pin(14, Pin.OUT)
STEP = Pin(15, Pin.OUT)
M0 = Pin(8, Pin.OUT)
M0H = Pin(9, Pin.OUT)
M1 = Pin(10, Pin.OUT)
FLT = Pin(11, Pin.IN)
```

Tabela 1. Zestawienie połączeń i stanów dla trybu mikrokrokowego

PICO			DRV8834		
M0	M0H	M1	M1	M0	Tryb
PIN8	PIN9	PIN10	PIN14	PIN13	
0	0	0	0	0	1/1
1	0	0	0	1	1/2
x	1	0	0	Z	1/4
0	0	1	1	0	1/8
1	0	1	1	1	1/16
x	1	1	1	Z	1/32

Teraz określamy kierunek i aktywujemy U2:

```
SLP.value(1)
DIR.value(0)
EN.value(0)
```

Skonfigurowanie mikrokroku sekwencera wymaga wpisania:

```
M0.value(0)
M0H.value(0)
M1.value(0)
x=1
flts=1
```

Na koniec generujemy serię impulsów STEP:

```
while x < 50:
  flts=FLT.value()
  print(x,flts)
  STEP.value(0)
  STEP.value(1)
  sleep(0.2)
  x=x+1
EN.value(1)
SLP.value(0)
```

Obserwujemy zachowanie silnika. Jeżeli po sprawdzeniu wszystko działa poprawnie, można moduł zastosować we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:
- realizuje funkcję detektora podnapięciowego z progiem zadziałania ok. 185 V,
- dostarcza cyfrowego sygnału o obecności napięcia,
- dostarcza cyfrowego sygnału impulsowego przy przejściu napięcia przez 0 V,
- wymaga zasilania napięciem z zakresu 2,7...5,5 V.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT5951	Szukacz włączonego przekaźnika (EP 10/2022)
AVT5947	Miniaturowy detektor przepływu prądu stałego (EP 8/2022)
----	Magnetometr GaussMeter (EP 4/2020)
----	Prosty detektor przepływu prądu (EP 4/2022)
AVT5688	Precyzyjny detektor przejścia napięcia przez zero (EP 7/2019)
AVT5548	Licznik czasu pracy wyzwalany za pomocą przepływu prądu (EP 9/2016)
AVT1429	Miniaturowy wykrywacz przewodów sieciowych

* **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]** – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji.

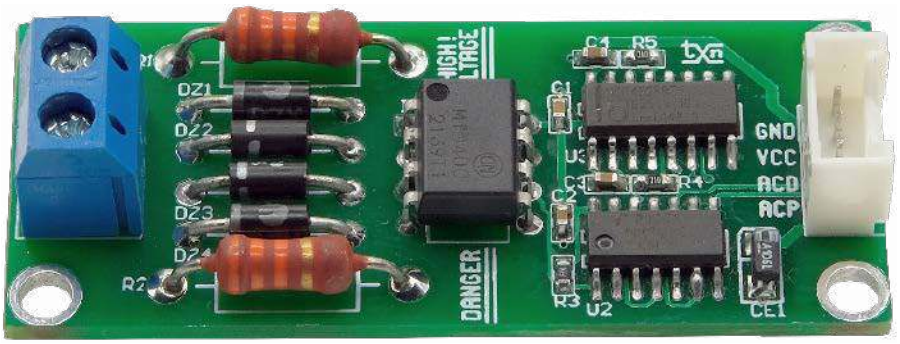
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytka drukowana **[A]** + zaprogramowany układ **[UK]** i dokumentacja,
- **wersja [UK]** – zaprogramowany układ.

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 stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: **kity@avt.pl**.

Detektor napięcia sieciowego 230 V AC

Detekcja napięcia sieciowego oraz informacja o jego zaniku lub obniżeniu poza dolny próg tolerancji pozwala na reakcję zapobiegającą problemom z prawidłowym działaniem lub nawet awarią zasilanego urządzenia. Zaprezentowany niewielki moduł realizuje funkcję detektora podnapięciowego z progiem zadziałania ok. 185 V i zawiera specjalizowany układ monitora linii AC typu MID400.



Uwaga! Pracując z napięciem sieciowym 230 V AC, należy zachować szczególną ostrożność i przestrzegać zasad bezpieczeństwa.

Układ MID 400 jest specjalizowanym transoptorem z wejściem AC i cyfrowym wyjściem logicznym. Jego strukturę wewnętrzną pokazuje **rysunek 1.** Układ zapewnia izolację galwaniczną i w zależności od prądu przepływającego przez wejściową diodę LED może pracować w trzech trybach: nasyconym, nienasyconym i wyłączonym. W trybie nasyconym, gdy prąd wejściowy przekracza 4 mA, stan wyjścia Vo jest niski, gdy na wejście podane jest napięcie sieciowe AC. W trybie nienasyconym prąd wejściowy jest mniejszy niż 4 mA, a na wyjściu Vo obecność napięcia AC sygnalizowana jest impulsami o częstotliwości 100 Hz (dla sieci 50 Hz). W trybie wyłączonym, gdy prąd LED jest mniejszy niż 0,15 mA, wyjście ustawiane jest w stan wysoki. Prąd wejściowy określany jest wartością rezystora włączonego szeregowo z LED, w zależności od napięcia AC.

Budowa i działanie

Schemat detektora pokazano na **rysunku 2**. Układ MID400 pracuje w modelu w dwóch trybach: wyłączonym i nienasyconym. Rezystory R1 i R2 oraz diody Zenera DZ1...DZ4 określają prąd LED i pozwalają na pracę z napięciem 0...300 V. Próg detektora podnapięciowego to ok. 185 V, poniżej którego MID400 pracuje w trybie wyłączonym ustalany jest diodami Zenera, powyżej

eprasa.pl 9df22a5208

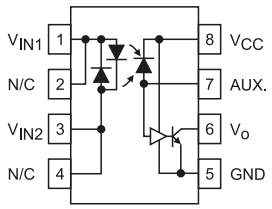
Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Rezystory:
R1, R2: 33 kΩ/2 W metalizowany
R3: 10 kΩ 1% (SMD0603)
R4, R5: 100 kΩ 1% (SMD0603)

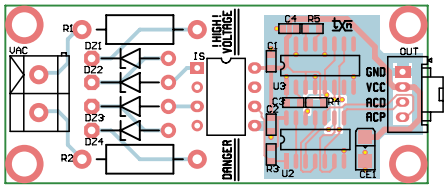
Kondensatory:
C1, C2: 0,1 μF ceramiczny 50 V (SMD0603)
CE1: 10 μFT/10 V tantalowy (SMD3216)
C3: 22 nF ceramiczny 50 V (SMD0603)
C4: 1 μF ceramiczny 10 V (SMD0603)

Półprzewodniki:
U2: HC14 (SO14)
U3: HC4538 (SO16)

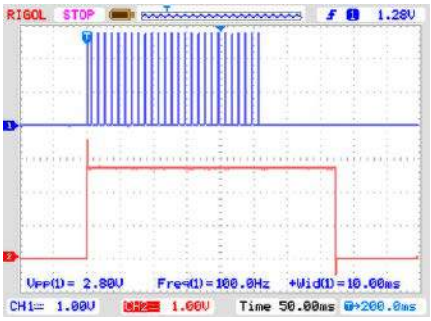
Pozostałe:
DZ1, DZ2, DZ3, DZ4: dioda Zenera ZY110
IS: Transoptor MID400 (DIP8)
OUT: złącze grove proste
VAC: złącze DG 5 mm (DG126-5.0-2)



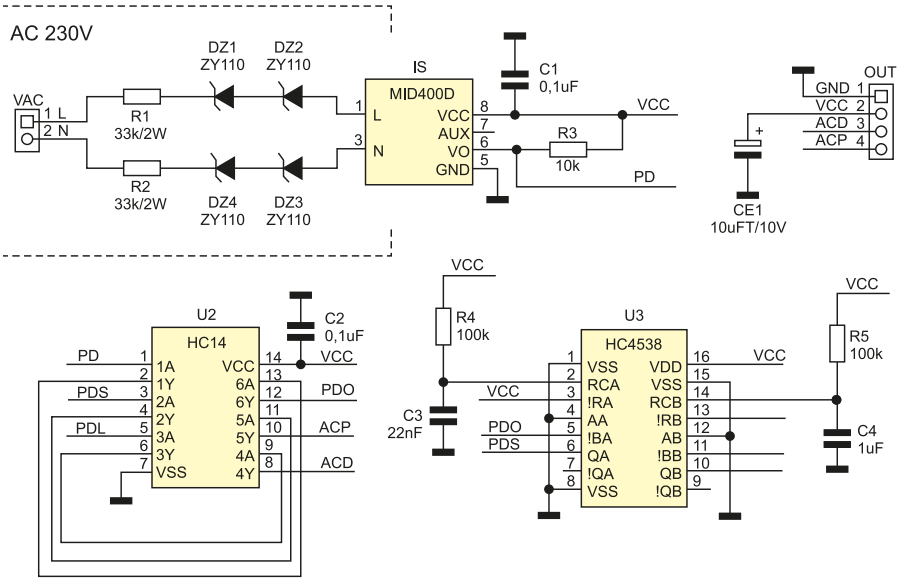
Rysunek 1. Budowa wewnętrzna układu MID400 (za notą ON Semiconductor)



Rysunek 3. Schemat płytki PCB



Rysunek 4. Przebiegi wyjściowe ACD, ACP



Rysunek 2. Schemat układu detektora

tego progu na wyjściu Vo generowane są impulsy 100 Hz.

Sygnał wyjściowy PD z wyprowadzenia Vo MID400 doprowadzony jest do bramki buforowej układu HC14, a z niej na wejścia multiwibratorów monostabilnych układu HC4538 (sygnał PDO). Multiwibrator U3-A generuje impulsy dodatnie o czasie ok. 2,5 ms, po każdej detekcji zera napięcia sieciowego, gdy napięcie sieciowe przekracza próg ULVO (sygnał wyjściowy PDS/ACP). Drugi multiwibrator zmienia swój stan na wysoki, jeżeli napięcie wejściowe przekracza ULVO (sygnał wyjściowy PDL/ACD). Sygnały z multiwibratorów są buforowane i doprowadzone do złącza OUT.

Układ zasilany jest poprzez złącze OUT napięciem znamionowym 5 V, ale model pracuje poprawnie w zakresie 2,7...5,5 V.

Montaż i uruchomienie

Układ wykonany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Montaż układu nie wymaga opisu. Po poprawnym zmontowaniu detektor nie wymaga uruchamiania. Warto jednak sprawdzić działanie układu po podłączeniu zasilania 5 V oraz oscyloskopu do wyjść ACD, ACP. Do wejścia VAC należy doprowadzić napięcie sieciowe poprzez autotransformator. Zwiększając napięcie z autotransformatora, sprawdzamy, czy po przekroczeniu progu ULVO zmieni się stan na wyjściu ACD oraz obecne będą impulsy 100 Hz na wyjściu ACP. Zmieniając zasilanie z 5 V na 2,7 V, sprawdzamy poprawność działania układu.

Przebiegi na wyjściach ACP(CH1), ACD (CH2) układu podczas pracy pokazano na **rysunku 4**. Próg ULVO można dobrać, zmieniając napięcie diod DZ1...DZ4, tak aby zapewnić odpowiedni tryb pracy transoptora MID400, ILED<0,15 mA. Przebieg na wyjściu ACD filtruje zaniki krótsze niż 100 ms, związane np. z zakłóceniami EMC, na które urządzenie powinno być odporne, zasilanie w tym czasie podtrzymują pojemności w zasilaczu urządzenia.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

Świat projektantów i programistów dla elektroniki w nowej odsłonie. Odwiedź wiecznie młody

ELPORTAL.pl

eprasa.pl 9df22a5208

EMS to nie tylko montaż

Zlecanie całości lub części prac związanych z wytwarzaniem swoich urządzeń, jest powszechną praktyką zarówno wśród małych jak i dużych firm. Rozpoczęcie produkcji we własnym zakresie wymaga właściwego zaplecza technologicznego, odpowiednich zasobów ludzkich, a także umiejętności i doświadczenia. W dodatku produkcja urządzeń elektronicznych nie ogranicza się tylko do montażu. Stały rozwój tej branży spowodował, że aktualnie wymaga ona szerokiego zakresu działań, rozpoczynającego się już na etapie projektu i wyboru komponentów, a kończącego się na działaniach serwisowych produktów posprzedażowych. W artykule omówimy, jaki jest wachlarz dostępnych usług.

W ostatniej dekadzie branża EMS w Polsce intensywnie się rozwijała. Najważniejszym czynnikiem, który sprzyjał krajowemu rynkowi usług, były oczywiście niższe koszty pracy w porównaniu do Europy Zachodniej i Skandynawii, co przekładało się na konkurencyjne ceny realizacji zamówień. Nie bez znaczenia były, i nadal są, wysokie kompetencje naszej kadry, dobra wiedza na temat technologii produkcji, wysoka jakość oraz rzetelność krajowych firm.

Korzystnym czynnikiem jest także lokalizacja Polski pomiędzy Europą Zachodnią a Azją. Teraz, gdy wzrosły koszty produkcji w firmach azjatyckich oraz nastąpiła poważna zmiana w myśleniu o bezpieczeństwie biznesu powodowana pandemią i polityką międzynarodową, wyraźnie widoczna jest tendencja powrotu firm elektronicznych na rynki macierzyste – to tzw. *onshoring*. Sprzyjającym czynnikiem jest też szybki rozwój nowych technologii takich, jak urządzenia M2M, Smart Home, IoT, Smart City czy różnych typów sieci bezprzewodowych. Dzięki temu polskie firmy z branży elektronicznej oraz powstające startupy wprowadzają na rynek wiele oryginalnych i ciekawych projektów.

Obecnie branża EMS zmienia się w kierunku zapewnienia coraz większej kompleksowości usług. Firmy z tego obszaru nieustannie starają się zaoferować klientom coraz szerszy zakres współpracy, ponieważ takie są oczekiwania, światowe trendy i wymagania biznesowe. Główne założenie jest takie, że jeśli producent elektroniki osiągnie taki poziom działalności, w którym zdecyduje o współpracy z firmą EMS, to powinien mieć możliwość całkowitego uwolnienia się od procesu produkcji. Kompleksowość w produkcji oznacza pełen wachlarz usług produkcyjnych, a więc poza montażem takie operacje, jak kompletacja podzespołów, pokrywanie lakierem i innymi powłokami i zalewami, przygotowanie obudowy i montaż mechaniczny, przygotowanie okablowania, montaż serii prototypowej, a także pakowanie i wysyłka. A w ostatnim czasie oferty zaczynają obejmować produkcję płytek drukowanych, pomoc w projektowaniu lub wręcz zaprojektowanie urządzenia i wykonanie niezbędnych badań pod kątem bezpieczeństwa użytkowania i kompatybilności elektromagnetycznej.

Wyjaśnienie terminów

Złożoność procesu produkcji elektroniki uwidacznia się już w samej sferze nazewnictwa. W powszechnym użyciu spotyka się anglojęzyczne określenia OEM, EMS, ODM oraz CEM, opisujące rolę oraz zakres kompetencji różnych przedsiębiorstw. Z uwagi na specyfikę branży oraz mnogość różnych możliwych rozwiązań i sposobów organizacji cyklu życia urządzenia, określenia te nie są zdefiniowane bardzo precyzyjnie, przez co granice między nimi mogą wydawać się niekiedy dość płynne.

Pojęcie **OEM** (*Original Equipment Manufacturer*) odnosi się do marek i przedsiębiorstw oferujących produkt końcowy, sprzedawany pod własnym logo. Podmioty typu OEM skupiają się zazwyczaj na rozwoju produktu, wprowadzaniu innowacji oraz nowych funkcjonalności, a także częściowo lub całkowicie na procesie jego projektowania. OEM może zlecać część lub całość czynności związanych z procesem wytwarzania podmiotom zewnętrznym, nadal pozostaje

eprasa.pl 9df22a5208

jednak właścicielem praw intelektualnych produktu końcowego. Jako OEM określać można w zasadzie wszystkie podmioty sprzedające urządzenia opatrzone własnym logo – przy czym odnosić się to może do całych urządzeń, jak i poszczególnych ich części (OEM może wytwarzać np. podzespoły z branży automotive czy karty graficzne do komputerów).

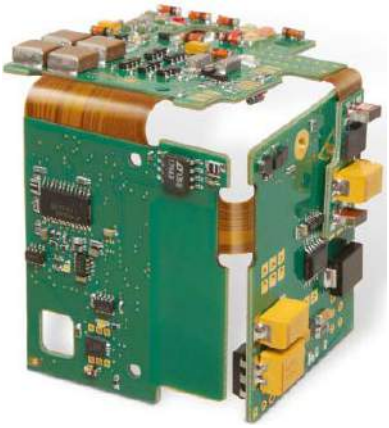
Pojęciem **ODM** (*Original Design Manufacturer*) określa się zazwyczaj podmioty oferujące gotowe układy lub urządzenia, które jednak nie są sprzedawane pod własną marką. ODM jest autorem projektu układu oraz posiadaczem związanych z tym praw intelektualnych. Tego typu przedsiębiorstwa specjalizują się zazwyczaj w produkcji specjalistycznych komponentów, wchodzących w skład bardziej złożonych urządzeń. Przykładem działalności typu ODM może być podmiot oferujący ładowarki telefoniczne oraz zasilacze komputerowe. Są to gotowe produkty, od początku do końca rozwijane oraz produkowane przez daną firmę, sprzedawane jednak jako część innego urządzenia, pod marką i logo jego producenta.

Usługi **EMS** (*Electronic Manufacturing Service*) to szerokie pojęcie opisujące w ogólności wszystkie czynności związane z kontraktową produkcją elektroniki na zlecenie innych podmiotów (np. OEM). Usługi te nie muszą ograniczać się do samego procesu produkcji, mogą również obejmować wsparcie posprzedażowe, serwis i naprawę, organizację procesu logistycznego, a także doradztwo projektowe. Przedsiębiorstwa EMS potrafią być naprawdę dużymi podmiotami, o obrotach dorównujących największym powszechnie znanym markom z branży elektronicznej. Cechą charakterystyczną podmiotów świadczących usługi EMS jest brak własności praw intelektualnych do wytwarzanych produktów.

O ile określenie EMS stosuje się zazwyczaj do podmiotów oferujących bardziej kompleksowy zakres usług, o tyle mniejsze i bardziej wyspecjalizowane przedsiębiorstwa opisuje się niekiedy terminem **CEM** (*Contract Electronic Manufacturer*) albo **ECM** (*Electronic Contract Manufacturer*). Dotyczy to przede wszystkim firm oferujących jeden typ usługi, np. produkcję płytek PCB czy montaż wiązek kablowych. Nie ma przy tym jednoznacznej granicy pomiędzy określeniami EMS oraz CEM, gdyż pojęcia te dotyczą w zasadzie tego samego typu działalności.

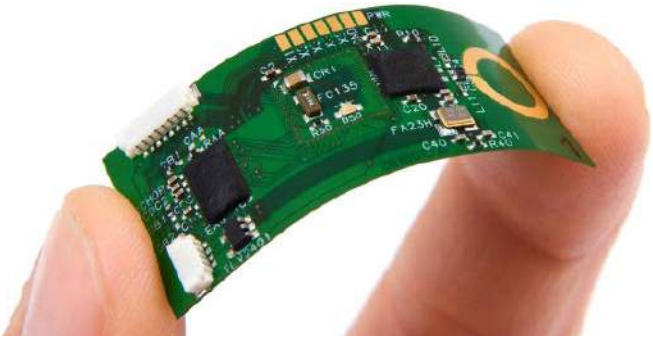
Po pierwsze – wytwarzanie PCB

Przez wiele lat obwody wykraczające technologicznie poza sztywne płytki jedno- i dwustronne były tylko ciekawostką. Jednak wszystkie nowoczesne rozwiązania koncentrują się wokół miniaturyzacji, a to powoduje szybki wzrost wymagań technologicznych w zakresie PCB. Aby sprostać wymaganiom klientów, biura projektowe coraz częściej przygotowują klientom projekty obwodów na cienkich laminatach, z płytkami sztywno-giętkimi (*rigid-flex*) (**fotografia 1**) i elastycznymi (*flexible PCB*) (**fotografia 2**) oraz oczywiście z płytkami wielowarstwowymi. Płytki czterowarstwowe są mniej więcej około dwukrotnie droższe od 2-warstwowych, ale przecież taki obwód może być mniejszy, więc końcowa różnica cenowa w rzeczywistości może być mniejsza. Podobnie będzie niedługo z obwodami na materiałach elastycznych i wersjami sztywno-giętkimi, które też tanieją.

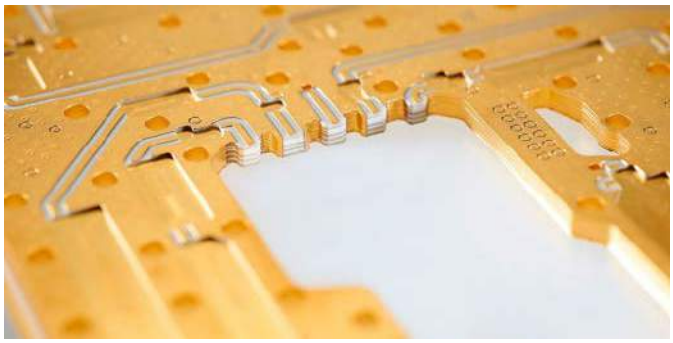


Fotografia 1. Przykład gotowego obwodu wykonanego na płytce PCB sztywno-giętkiej (*rigid-flex*)

Przykładem klientów na takie nowoczesne rozwiązania są np. firmy związane z sektorem kosmicznym,



Fotografia 2. Przykład gotowego obwodu na płytce elastycznej (*flexible PCB*)

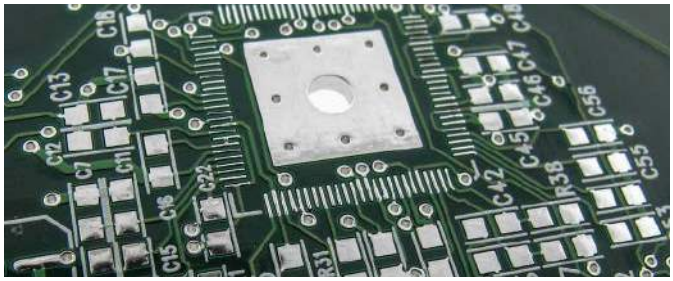


Fotografia 3. Konstrukcja płytki PCB do obwodów mikrofalowych

które generują zamówienia na obwody mikrofalowe, w tym również na konstrukcje hybrydowe. Bazują one na specjalnych laminatach teflonowych, które pokrywa się powłokami z pozłacanego srebra immersyjnego, które nie powoduje pogorszenia parametrów obwodów mikrofalowych (**fotografia 3**). Warto zauważyć, że znaczącym klientem na obwody drukowane są producenci oświetlenia, którzy cały czas inwestują w technologię LED. Są oni klientami na płytki z rdzeniem metalowym i tradycyjne obwody o dużych rozmiarach.

Zmiany technologiczne na rynku płytek drukowanych wywołują też wchodzące na rynek nowe podzespoły. Są one zawsze coraz mniejsze, bo w ten sposób zapewnia się miniaturyzację, niższe koszty i innowacyjność. Konstruktorzy mają też coraz mniej możliwości wyboru obudowy do poszczególnych chipów. Często nowe serie są dostępne w dwóch wersjach, z czego obie są bardzo małe. Skutkiem jest konieczność stosowania płytek wielowarstwowych, zagrzebanych przelotek i innych nowinek, bo przy gęstym rastrze nie da się przeprowadzić ścieżek między padami. Nawet jeśli w aplikacji nie brakuje miejsca, a układ połączeń nie jest bardzo zawiły, sięga się po zaawansowane płytki, bo obudowy podzespołów o małym rastrze to wymuszają.

Wyższe wymagania jakościowe i techniczne dotyczą też metod pokrycia padów. Powszechna i sprawdzona metoda LF HASL ma pewne wady, takie jak nierówne powierzchnie, możliwe zwarcia, zatkane lub zmniejszone powlekane otwory przelotowe. Ograniczają one lub całkowicie dyskwalifikują zastosowanie tego procesu w przypadku ekstremalnie miniaturowych elementów i płytek o dużej gęstości rozmieszczenia elementów. Wśród dostępnych opcji pokrycia padów najczęściej spotykane są:



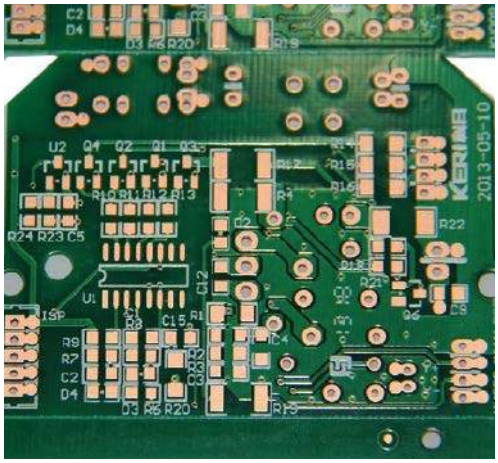
Fotografia 4. Płytka z pokryciem padów metodą LF HASL

eprasa.pl 9df22a5208

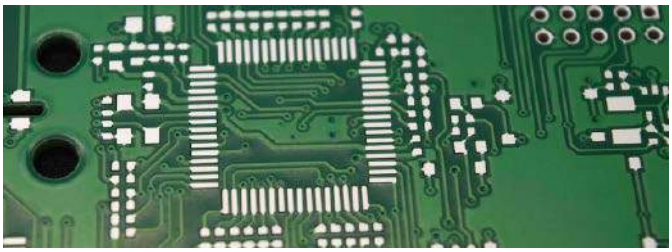
- **LF HASL** (*Lead Free Hot Air Solder Leveling*) – sprawdzona metoda powlekania, polega na zanurzeniu płytki w stopionym lutowiu, a następnie usunięcie jego nadmiaru za pomocą strumienia gorącego powietrza (stąd jego nazwa) (**fotografia 4**).
- **OSP** (*Organic Solderability Preservatives*) – na czystą, gołą powierzchnię miedzi nakłada się chemicznie warstwę związku organicznego na bazie wody. Łączy się on z miedzią i tworzy warstwę chroniącą powierzchnię miedzi przed utlenianiem w normalnym środowisku (**fotografia 5**). Jest to wyjątkowo ekologiczne rozwiązanie w porównaniu z innymi popularnymi wykończeniami bezołowiowymi, które są albo bardziej toksyczne, albo wymagają znacznie więcej energii.
- **ISN** (*Immersion Tin lub Immersion White Tin*) – tworzy powłokę cyny osadzoną na warstwie miedzi na płytce drukowanej w czasie bezprądowego procesu chemicznego (**fotografia 6**). Ze względu na jasną, niemal białą barwę, czasami w nazwie umieszcza się określenia *white* – biały. Chroni leżącą pod spodem miedź, zapewnia dobrą lutowność, ale szybko zaczyna ulegać utlenianiu, średnio po 6 miesiącach.
- **IAG** (*Immersion Silver Plating*) – srebro immersyjne nanoszone na warstwie miedzi na płytce drukowanej w czasie procesu chemicznego. Chociaż nieco droższe niż cyna, pozwala uzyskać lepsze parametry, przy grubości prawie 4 razy mniejszej niż poprzednia metoda. Zapewnia lepsze formowanie lutu i jest doskonałym wyborem dla płytek z sygnałami o wysokiej częstotliwości.
- **ENIG** (*Electroless Nickel Immersion Gold*) – jest to proces dwuwarstwowy, polegający na nałożeniu warstwy niklu na miedź, a następnie dodaniu końcowej warstwy złota. Jest to najlepsze stosowane obecnie wykończenie powierzchni metalicznych na płytkach PCB, ponieważ umożliwia uzyskanie płaskiej powierzchni o doskonałej lutowności (**fotografia 7**). Po montażu złoto częściowo rozpuszcza się w lutowiu, dzięki czemu lutowie nie matowieje ani się nie utlenia.

Montaż

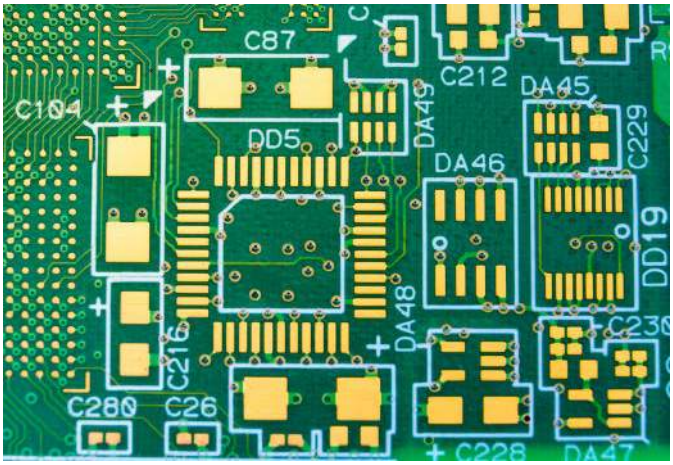
Produkcja i montaż są zapewne jednymi z kluczowych obszarów świadczenia usług EMS. Jakość tego procesu ma krytyczny wpływ na funkcjonowanie całego urządzenia oraz bezpieczeństwo



Fotografia 5. Płytka z pokryciem padów metodą OSP



Fotografia 6. Płytka z pokryciem padów metodą ISN



Fotografia 7. Płytka z pokryciem padów metodą ENIG

jego użytkowników. Już na etapie projektowania warto konsultować się z późniejszym wykonawcą płytki, ponieważ może to pozwolić na wyeliminowanie potencjalnych błędów oraz słabych punktów projektu. Zagadnienia dotyczące montażu płytek PCB zostały dokładnie omówione w kilku wcześniejszych wydaniach „Elektroniki Praktycznej": [1], [2], dlatego nie będą teraz powtarzane.

Montaż komponentów na zamawianych płytkach drukowanych proponują też dalekowschodni producenci PCB, ale w tym zakresie przejęli oni tylko niewielką część rynku. Powodem jest to, że klienci, którzy zamawiają płytki z montażem, oczekują, aby usługodawca zapewnił im podzespoły. Z reguły oznacza to jakieś komplikacje związane z brakiem dostępności komponentów i doborem zamienników. Teoretycznie na zmiany nie trzeba się zgadzać, ale brak zgody powoduje wydłużenie terminu wykonania usługi i najczęściej też wzrost kosztów, natomiast samo uzgadnianie zmian może być czasochłonne. Taka sytuacja jest, jak na razie, skuteczną blokadą, a wszelkie trudności najprościej rozwiązać, zamawiając usługę w kraju. Krajowe firmy mają dobrze przetarte ścieżki zaopatrzenia u dystrybutorów, często prowadzą buforowe magazyny typowych elementów o uniwersalnym przeznaczeniu (np. kondensatorów 100 nF w rozmiarze SMD0603) i są w stanie uwolnić od konieczności szukania kompromisów.

Automatyzacja

Głównym procesem technologicznym w produkcji elektroniki jest montaż powierzchniowy. Dzięki dużej automatyzacji operacji związanych z układaniem i lutowaniem elementów oraz na skutek standaryzacji obudów elementów elektronicznych SMD zapewnia on dużą wydajność i małe koszty, a także znakomitą jakość. Przez wiele lat wydawało się, że uda się osiągnąć stan, kiedy na płytce drukowanej będą tylko elementy SMD i producentom uda się stworzyć takie odpowiedniki powierzchniowe dla wielu komponentów przewlekanych, takich jak złącza, transformatory, ekrany. Takich rozwiązań na rynku jest wiele, ale mimo to problem z zapewnieniem automatycznego montażu całego PCB jest daleki od opanowania. Elementy indukcyjne, moduły, konektory oraz elementy montażowe i podobne części są za duże lub za ciężkie, aby można było je montować w procesie SMT. Nawet gdyby montaż był możliwy, bo automaty dokonują dzisiaj cudów, to i tak z punktu widzenia trwałości montaż powierzchniowy jest za delikatny. Stąd każdy producent musi montować i utrzymywać stanowiska pracy ręcznej.

Czego nie da się zautomatyzować

Montaż THT to proces w dużej mierze ręczny, zatem mało wydajny, podatny na błędy i coraz bardziej kosztowny. Większość płytek zawiera elementy różnego typu, a więc SMD i THT, w dowolnych kombinacjach stron, na skutek czego lutowanie automatyczne wymaga również odpowiedniej organizacji procesu. Praca ręczna dotyczy też mechaniki, a więc montażu płytki w obudowie, przykręcenia wyświetlacza lub montażu

eprasa.pl 9df22a5208

Fotografia 8. Robot lutowniczy w trakcie pracy

okablowania, a w kolejnym etapie także zapakowania produktu. Efekt jest taki, że czynności wykonywanych przez personel jest cały czas dużo.

Robotyzacja

Montaż powierzchniowy mamy całkowicie zautomatyzowany, niemniej nie wyczerpuje on całości procesu. W zasadzie zawsze jest on uzupełniany o operacje ręczne, gdzie montuje się duże elementy, złącza, radiatory, podzespoły mocy, wyświetlacze lub czujniki, a więc takie elementy, które nie są dostępne w wykonaniu SMD, zbyt duże dla automatu pick & place lub też takie, które nie mogą być lutowane w piecu. Robot jest w stanie takie elementy montować i zapewnić brak błędów. Nawet jeśli robotyzacja nie przebije się na rynek ceną konkurencyjną do pracy ludzi, to wygra dzięki wyższej jakości i niezawodności.

Roboty umożliwiają precyzyjne lutowanie wyprowadzeń podzespołów, ale również końcówek kabli i elementów elektrotechnicznych. Połączenia wykonywane są w sposób taki sam jak w procesie lutowania ręcznego – punkt po punkcie za pomocą numerycznie sterowanej lutownicy i podajnika spoiwa lutowniczego (**fotografia 8**). Technologia ta ma znacznie większy obszar zastosowań w porównaniu np. z selektywną falą i jest znacząco tańsza. Patrząc na robotyzację ogólnie, można powiedzieć, że urządzenia do automatycznego lutowania podzespołów THT stają się dzisiaj niezbędnym uzupełnieniem linii montażu płytek PCB w technologii mieszanej SMD+ THT. Dotyczy to głównie procesów, które są żmudne i wymagają dużej precyzji.

Nowe konstrukcje robotów, tzw. współpracujące (coboty), nie wymagają tworzenia specjalnych stref bezpieczeństwa oddzielających ich od ludzi. Są to małe urządzenia, które można postawić na stole, dzięki czemu są bardzo wygodne. W ostatnich latach takich robotów pojawiło się na rynku bardzo wiele, na skutek konkurencji i rosnącego rynku ich ceny stały się przystępne. Integrację w procesie ułatwia też oprogramowanie, które nie wymaga ani specjalnych umiejętności, ani też poświęcenia dużo czasu. Branża produkcji elektroniki traktuje roboty jako atrakcyjną propozycję rozwoju technologicznego.

Lutowanie laserowe

Nie wolno pominąć nowej technologii, która szybko się rozwija. Ze względu na ultraminiaturowe elementy płytki PCB stają się coraz bardziej skomplikowane i standardowe metody montażu przestają mieć zastosowanie. Laserowe roboty lutujące umożliwią montaż nawet ultradrobnych pól lutowniczych, które są trudne przy lutowaniu grotowym. Najważniejszą cechą lutowania laserowego jest jego zdolność do lutowania bezkontaktowego – nie ma żadnego kontaktu ani z płytką drukowaną, ani z komponentem (**fotografia 9**). Na płytce drukowanej nie ma fizycznego obciążenia, tylko światło lasera i dozowane spoiwo lutownicze. Kolejną zaletą jest zdolność do wydajnego nanoszenia ciepła – zarówno punktowo, jak i na precyzyjnie określonej powierzchni. Dzięki możliwości zmiany kąta padania promienia można bezproblemowo lutować ciasno rozmieszczone podzespoły.

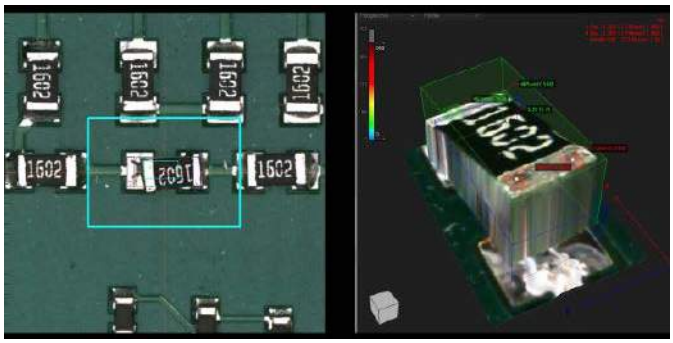
Fotografia 9. Głowica laserowego robota lutującego

Testowanie i kontrola jakości

Nieodłącznym elementem każdego procesu produkcyjnego jest testowanie oraz kontrola jakości. Rezygnacja lub nieodpowiednia realizacja tego zagadnienia nie tylko nie przyniesie raczej dodatkowych oszczędności, ale w ostatecznym rozrachunku najprawdopodobniej wygeneruje jeszcze dodatkowe koszty, związanie z koniecznością prowadzenia wymiany i napraw gwarancyjnych, przyczyniając się przy tym do obniżenia reputacji i prestiżu produktu oraz całej marki.

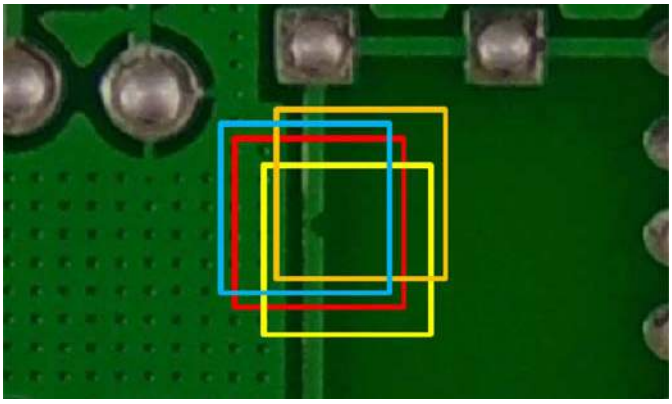
Testowanie świadczone jest zazwyczaj przez dostawcę usług EMS jako czynność dodatkowa, np. po zakończeniu procesu montażu urządzenia. Zakres możliwych do wykonania testów rozciąga się od sprawdzeń wizualnych, przez testy poprawności parametrów elektrycznych do badań funkcjonalnych, kontrolujących całość pracy urządzenia. Testowanie może ponadto (i bezwzględnie powinno) obejmować sprawdzenie oprogramowania, zarówno pod kątem jego funkcjonalności, jak i ewentualnych dziur w zakresie bezpieczeństwa. Sprawdzenie bezpieczeństwa oprogramowania może być szczególnie ważne w przypadku urządzeń planowanych do podłączenia do sieci oraz realizujących zadania o krytycznym zdarzeniu (np. urządzenia medyczne) – warto wtedy rozważyć możliwość przeprowadzenia testów penetracyjnych, mających sprawdzić odporność produktu na potencjalne ataki. Testy takie realizowane są zazwyczaj przez wyspecjalizowane podmioty zewnętrzne.

Testowanie może składać się z kilku etapów – zazwyczaj pierwszym z nich jest inspekcja optyczna, wykonywana za pomocą specjalizowanego urządzenia. Dla dużych wolumenów produkcji



Fotografia 10. Przykład klasycznego defektu wykrytego przez system AOI

eprasa.pl 9df22a5208



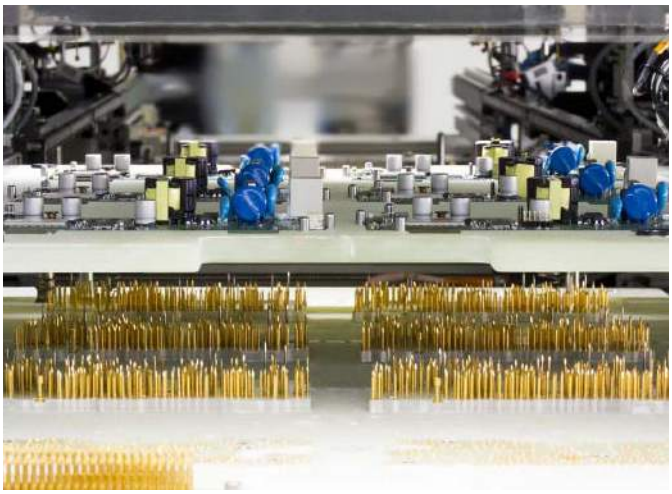
Fotografia 11. Zaawansowane systemy kontroli optycznej potrafią wykrywać nawet takie mikrodefekty jak nadtrawienie ścieżki na PCB

inspekcja optyczna wykonywana przez człowieka nie jest efektywna, ponieważ zajmuje znacznie więcej czasu, jest również zdecydowanie mniej skuteczna – operator stosunkowo szybko ulega zmęczeniu, przez co spada poziom jego koncentracji i wzrasta ryzyko popełnienia błędu. Urządzenia do AOI (*Automated Optical Inspection*) z pomocą kilku kamer wysokiej rozdzielczości skanują obwody drukowane pod kątem cech charakterystycznych dla powierzchni PCB. Wykryte zostają plamy, zwarcia, zarysowania, zastosowanie nieprawidłowego komponentu lub jego brak, otwarte obwody oraz zaburzenia w obszarze lutowania (**fotografia 10**). Uzyskany obraz porównywany jest ponadto z wczytanym do maszyny obrazem wzorcowej płytki, zwiększając skuteczność algorytmów rozpoznawania wzorców (**fotografia 11**).

Kolejnym etapem inspekcji jest sprawdzenie jakości połączeń elektrycznych. W tym celu powszechnie wykorzystuje się urządzenie określane jako *Bed of Nails* (**fotografia 12**), składające się z dużej liczby wyprowadzeń (pinów), których końcówki dotykają powierzchni płytki PCB podczas testowania. Pozwala to na wysłanie oraz odbiór jednocześnie dużej liczby sygnałów elektrycznych – porównanie otrzymanego wyniku z wzorcem umożliwia stwierdzenie elektrycznej poprawności układu. Taka technika testowania określana jest jako ICT, czyli *In-Circuit Testing*.

W ostatniej fazie kontroli jakości układu wykonuje się test funkcjonalny. Przebieg tego testu jest bardzo zindywidualizowany i wysoce zależny od rodzaju badanego układu. Środowisko testowe dobiera się w taki sposób, by jak najlepiej odwzorowywało rzeczywiste warunki pracy urządzenia. Podczas testu do układu wgrywane jest oprogramowanie, następnie sprawdza się poprawną realizację wymaganych zadań i funkcji w środowisku maksymalnie zbliżonym do rzeczywistego.

Większość wykonawców oferuje możliwość wieloetapowego testowania gotowych podzespołów, zarówno za pomocą testów wizualnych, badania poprawności połączeń elektrycznych, jak i testów funkcjonalnych.



Fotografia 12. Urządzenie do testowania połączeń – Bed of Nails

Szybkie prototypowanie

W warunkach polskich cechą poszukiwaną przez klientów jest szybkie prototypowanie obwodów. Wynika to z wielu czynników biznesowych i technicznych, między innymi z tego, że projektantom zawsze się spieszy i czas między skończeniem pracy a wypróbowaniem prototypu zawsze niemiłosiernie się dłuży. Wiele pracy to tzw. projekty, a więc zlecenia na wykonanie urządzenia, systemu lub instalacji. Do nich konieczne jest wykonanie płytek i z reguły im szybciej, tym lepiej. Cena w takich sytuacjach ma mniejsze znaczenie.

Z takich powodów wiele firm krajowych proponuje wykonanie ekspresowe prototypów, a niektóre zakłady wręcz w nich się specjalizują. Jest to z pewnością jakaś metoda konkurowania na rynku, niemniej wcale niełatwa, bo wymaga ona dopracowania i synchronizacji wszystkich procesów.

Ważną częścią usług związanych z prototypowaniem są także badania urządzeń. Chodzi o kontrole wykonywane podczas procesu projektowania, które mają na celu sprawdzenie możliwie jak najwcześniej, czy czegoś nie trzeba poprawić lub zmienić, bo np. występują zakłócenia (tzw. *precompliance*). Świadczą je laboratoria badawcze (akredytowane lub nie) i są to też finalne testy zgodności z normami, wykonywane na koniec procesu przygotowania urządzenia do produkcji. Poza badaniami w zakresie kompatybilności weryfikacje laboratoryjne dotyczą testów klimatycznych, narażeń mechanicznych (np. odporności na upadek), bezpieczeństwa użytkowania, a dalej specyficznych norm branżowych: medycznych, telekomunikacyjnych, wojskowych, pożarniczych i innych. W ten sposób usług kierowanych w stronę przygotowania prototypów jest sporo, bo dochodzą jeszcze specjalistyczne zagadnienia, jak badania odporności na impulsy HPEM (dużej mocy), badania odporności urządzeń na anomalie występujące w sieciach zasilających, m.in. zmiany częstotliwości sieci zasilającej, wahania napięcia, zniekształcenia przebiegu napięcia itp., badania zaburzeń od urządzeń PLC pracujących w liniach niskiego napięcia. Jeszcze bardziej specjalistycznie wyglądają badania fotobiologiczne, temperatury barwowej i wskaźnika oddawania barw w oświetleniu, a także oddziaływania fal elektromagnetycznych na organizm ludzki.

Jakość kluczem do sukcesu

Jakość, obok ceny i czasu realizacji, jest jednym z najważniejszych parametrów, który klienci w branży EMS biorą pod uwagę. Kontrola jakości musi być potwierdzona poprzez AOI, a niekiedy X-Ray i odpowiednie testowanie czy audyty. Rośnie także popularność technologii nanoszenia powłok hydrofobowych i ochronnych (*conformal coating*). Klienci zwracają ponadto uwagę na przestrzeganie zasad ochrony ESD oraz utrzymanie standardów jakości gwarantowanych przez ISO 9001. Jakość montażu według standardu IPC staje się normą. To wszystko to atrybuty zaawansowania technologicznego i wysokiej jakości w produkcji, na które zwraca się uwagę.

Niestety czasami firmy podejmowały się działań ponad ich siły, zapewniając, że mogą utrzymać na wysokim poziomie świadczone usługi przy niskiej cenie. Wtedy deklarowana jakość niestety nie pokrywa się z rzeczywistością. Ponieważ klient ma ograniczone możliwości rzetelnego skontrolowania jakości dostawcy przed zleceniem prac, kieruje się głównie ceną usługi, co potem mści się na jej jakości. Stąd w przypadku montażu kontraktowego zawsze będzie ona wiodącym tematem w branży.

Dostawcy usług podkreślają, że nic tak nie działa na ich korzyść, jak zmiana wykonawcy na tańszego i późniejsze problemy z jakością. Wówczas te oczywiste zależności, o których powtarzają klientom, zyskują potwierdzenie finansowe i stają się wiarygodne.

Damian Sosnowski, EP

Odnośniki:
[1] EP 4/22, Nowoczesna produkcja prototypów – http://bit.ly/3igCaBV
[2] EP 3/22, Montaż i demontaż elementów SMD – http://bit.ly/3LEAdsv

eprasa.pl 9df22a5208

Produkcja zawsze zaczyna się od projektu

Kompleksowa oferta kluczem do sukcesu

Obszar kontraktowej produkcji elektroniki to doskonały poligon do obserwacji tego, jak zmieniają się potrzeby klientów branży elektronicznej. Silnie postępująca miniaturyzacja i szybko zmieniające się technologie mogą być przyczyną wielu wątpliwości technicznych i źródłem problemów związanych z produkcją. Dlatego w dzisiejszych czasach współpraca z doświadczonym producentem, już na etapie projektu, pomoże skutecznie zredukować czas prototypowania i zmniejszyć koszty finalnej produkcji. Firma Satland Prototype wychodzi naprzeciw tym wyzwaniom i oferuje kompleksowe wsparcie.

Głównym obszarem działalności firmy Satland Prototype jest produkcja prototypowych obwodów drukowanych. Wiedza i doświadczenie zatrudnionych specjalistów oraz nowoczesny park maszynowy umożliwiają wytwarzanie bardzo skomplikowanych i precyzyjnych obwodów drukowanych m.in. z elementami SMD0402. Natomiast ogromny nacisk na wysoką jakość produktów oraz terminowe wykonywane zleceń ugruntowały stabilną pozycję firmy na rynku.

Wraz z rozwojem firmy rosnąca liczba wykonywanych zleceń oraz napływające zapytania ofertowe kreowały obraz stale zwiększających się potrzeb klientów. Aby im sprostać, konieczny był nieustanny rozwój – udoskonalanie technologii i poszerzanie oferty. Pierwszym efektem tych działań stała się usługa produkcji ekspresowej – firma Satland Prototype, jako pierwsza w Polsce, zaoferowała produkcję pełnych obwodów drukowanych już w 5 godzin. W kolejnych etapach do oferty firmy trafiały nowe usługi.

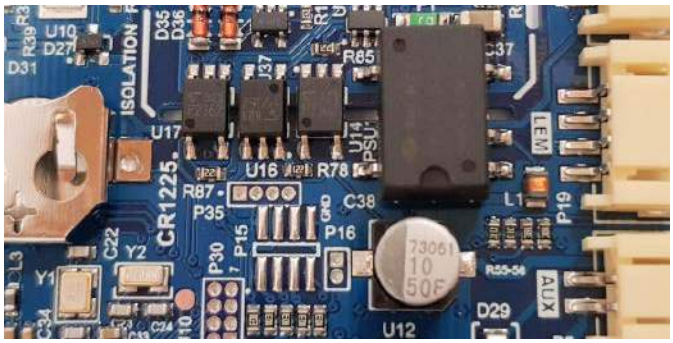
Oferta produkcyjna Satland Prototype

Produkcja PCB – wykonujemy płytki PCB na zamówienie w ilościach prototypowych i seryjnych. Do wyboru mamy laminaty FR4 o szerokim doborze grubości i laminaty mniej popularne, jak MCPCB czy Rogers. Wykonujemy produkcję płytek drukowanych jedno-, dwu- oraz wielowarstwowych w praktycznie każdej możliwej konfiguracji wykonania.

Projektowanie – udany, profesjonalny projekt, dobranie odpowiednich elementów i schematów – to klucz do sukcesu produkcji. Wieloletnie doświadczenie naszych specjalistów w branży pozwala nam na projektowanie PCB niezależnie od tego, jak bardzo złożone jest urządzenie czy układ elektroniczny.

Fotografia 1. Przykładowe realizacje płytek PCB

Więcej informacji:
Satland Prototype
80-299 Gdańsk, ul. Zeusa 61
tel. +48 58 554 07 64
www.prototypy.com



Fotografia 2. Zmontowany prototyp

Montaż – oferujemy nie tylko projektowanie obwodów drukowanych, ale również profesjonalny montaż elementów SMD czy też THT zarówno ręczny, jak i automatyczny. Wykonujemy także szablony, lakierowanie, inspekcję optyczną oraz zalewanie żywicą/silikonem.

Przygotowanie produkcji – wykonujemy także takie zadania, jak kompletowanie listy elementów, programowanie układów, przygotowanie dokumentacji.

Wsparcie i profesjonalizm

Do naszych klientów podchodzimy zawsze indywidualnie, zapewniając profesjonalną obsługę i doradztwo w zakresie realizowanych projektów. Ważnym elementem naszej działalności jest również wspieranie prac rozwojowych studentów z koła studenckiego SKALP, działającego przy Politechnice Gdańskiej oraz sponsorowanie nagród dla Trójmiejskiego Turnieju Robotów.

REKLAMA

PROTOTYPOWA PRODUKCJA OBWODÓW DRUKOWANYCH PCB
SATLAND PROTOTYPE
ul. Zeusa 61
80-299 Gdańsk
+48 (58) 554 07 64
biuro@prototypy.com
- ekspresowa produkcja FR4 w 5h
- produkcja wielowarstwowych PCB
- laminaty Flex, MCPCB, Rogers
- projektowanie elektroniki
- montaż prototypów oraz serii
- montaż automatyczny SMD
- szablony do nakładania pasty
- kompletacja elementów według BOM
- inspekcja optyczna
- montaż jednostronny i dwustronny
WWW.PROTOTYPY.COM
RoHS2

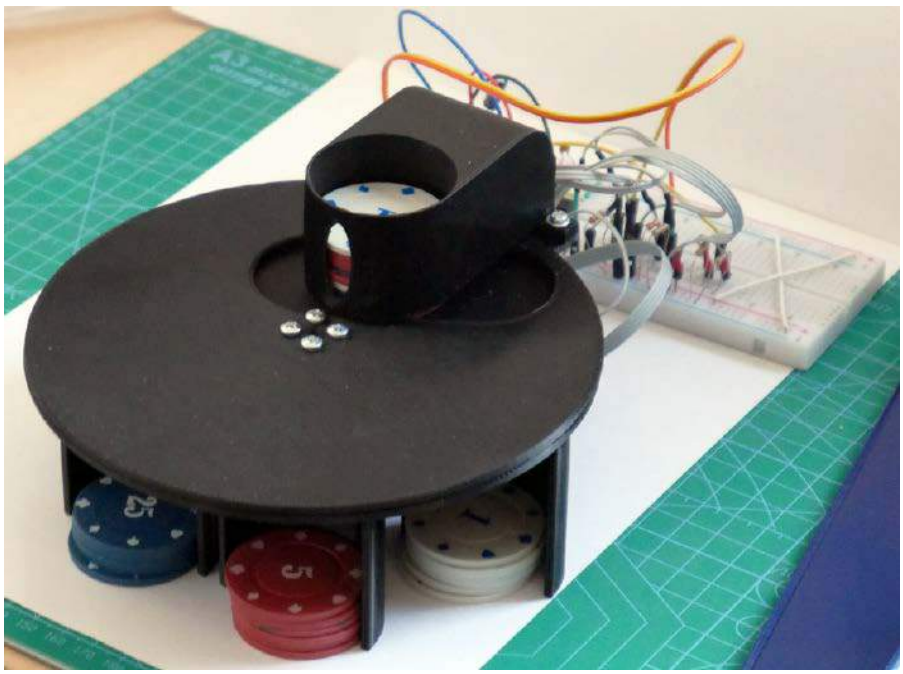
eprasa.pl 9df22a5208

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. Przysyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

PROJEKT NR 256

Poker Sorter

Lubię obserwować mechanizmy w ruchu. Od pewnego czasu fascynowały mnie urządzenia sortujące kolorowe cukierki, jednak takich rozwiązań jest już sporo w internecie, a ja chciałem skonstruować coś oryginalnego. Wybór padł na żetony do gry w pokera. Założenie było takie, aby wykorzystać jak najmniej elementów mechanicznych i jak najprostsze elementy. Tak powstał Poker Sorter, którego działanie najlepiej pokazuje film [6].

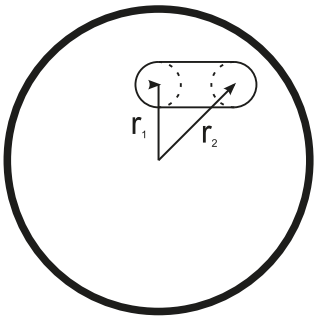


Zgodnie z nazwą, zadaniem zaprezentowanego mechanizmu jest sortowanie żetonów do pokera. Rozdzielane są one na cztery kategorie na podstawie odczytu z czujnika.

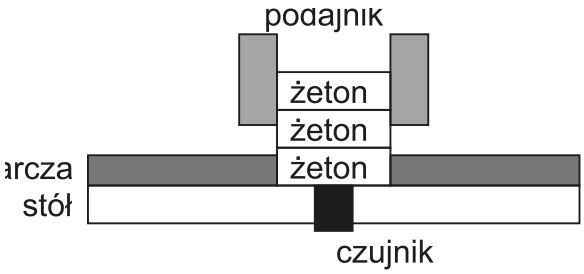
Jak to działa?

Sorter ma jeden ruchomy element: tarczę z wyciętym otworem. Jak widzimy na **rysunku 1**, otwór składa się z dwóch połączonych kół o średnicy żetonu. Pierwsze znajduje się bliżej, a drugie dalej od środka tarczy. Gdy tarcza obraca się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, żeton będzie znajdował się w odległości r1 od środka tarczy. Gdy zmienimy kierunek obrotu, żeton przesunie się do drugiego koła i będzie się poruszał w odległości r2.

Nasza tarcza obraca się po stole, w którym w odległości r2 mamy cztery otwory. Podajnik żetonów umieszcza pojedynczy krążek w bliższym otworze (r1). Teraz następuje ruch tarczy, który przesuwa żeton w odległości r1, a więc nie spadnie on ze stołu. Po przesunięciu za dziurę, do której powinien spaść, następuje zmiana kierunku obrotu tarczy. Żeton przesuwa się do drugiego otworu na odległość r2 i rozpoczyna powrót. Jednak tym razem napotka otwór w stole, przez który spadnie.



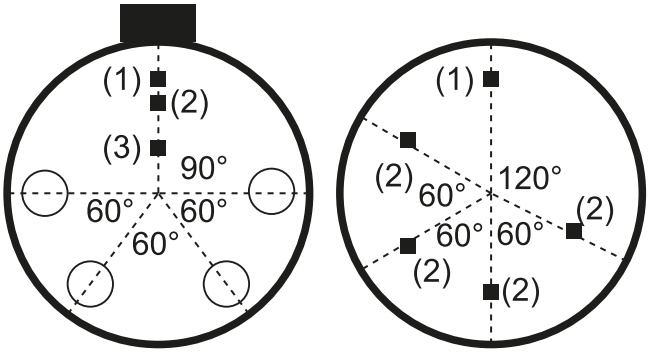
Rysunek 1. Tarcza z wyciętym otworem – jedyny ruchomy element urządzenia



Rysunek 2. Szkic pokazujący rolę podajnika

Tarcza, już bez żetonu, wraca do pozycji startowej pod podajnik. Jest to ostatni element, któremu się przyjrzymy. Jego schemat został pokazany na **rysunku 2**. Aby za każdym razem był zabierany dokładnie jeden żeton, tarcza musi być cieńsza niż grubość żetonu. Zadaniem podajnika jest zatrzymanie żetonów stojących na nim. W tym celu musi się on zaczynać nie wyżej niż grubość dwóch żetonów, ale wyżej niż grubość pojedynczego.

W stole, pod podajnikiem umieszczony jest czujnik CNY70, którego zadaniem jest rozróżnienie żetonów. Jako napęd zastosowałem silnik prądu stałego. Musimy więc



Rysunek 3. Stół i tarcza widziane od góry, z zaznaczonymi otworami i czujnikami

eprasa.pl 9df22a5208

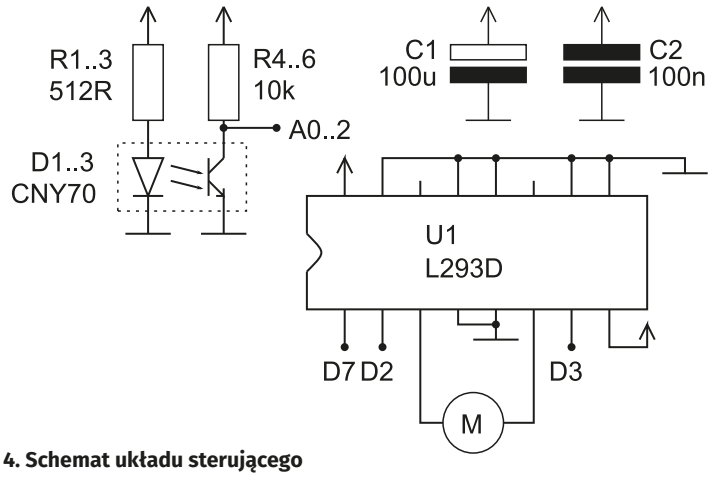
Wykaz elementów, kupuj na stronie sklep.avt.pl (Warszawa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl)

Rezystory:
R1...R3: 512 Ω
R4...R6: 10 kΩ

Kondensatory:
C1: 100 nF
C2: 100 µF

Półprzewodniki:
D1...D3: CNY70
U1: L293D

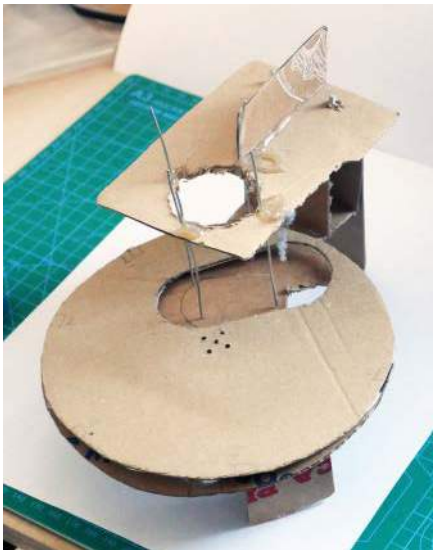
Pozostałe:
M1: silnik z przekładnią 25 rpm
Arduino Nano
Płytka stykowa
Ośka do silnika
4× śruba średnica 3 mm, długość 14 mm
4× śruba średnica 3 mm, długość 8 mm
4× nakrętka 3 mm



Rysunek 4. Schemat układu sterującego

mieć czujniki wykrywające położenie tarczy. Użyte są tu dwa kolejne CNY70. Pierwszy wykrywa pozycję początkową, a drugi liczy, nad którym otworem obecnie znajduje się tarcza. **Rysunek 3** pokazuje stół i tarczę widzianą od góry. Czujniki zamontowane są w stole w jednej linii z podajnikiem. Pierwszy otwór znajduje się 90° od podajnika, a pozostałe trzy są oddalone od siebie o 60°. Na wysokości czujnika startu znajduje się tylko jeden znacznik (1). Natomiast dla licznika otworów są ich cztery (2). Jak widzimy na schemacie, są one umieszczone w połowie odległości pomiędzy dziurami.

Do sterowania całością posłużył moduł Arduino Nano. Schemat połączenia pokazuje **rysunek 4**. Diody nadawcze czujników CNY70 są podłączone do zasilania przez rezystory ograniczające prąd. Natomiast fototranzystory wraz z rezystorami 10 kΩ tworzą dzielniki napięcia. Są one podłączone bezpośrednio do wejść analogowo-cyfrowych mikrokontrolera. Silnik jest sterowany przez scalony mostek H oznaczony jako L293D. Użyty jest tylko jeden z dwóch mostków dostępnych w układzie. Niewykorzystane wejścia zostały podciągnięte do masy.



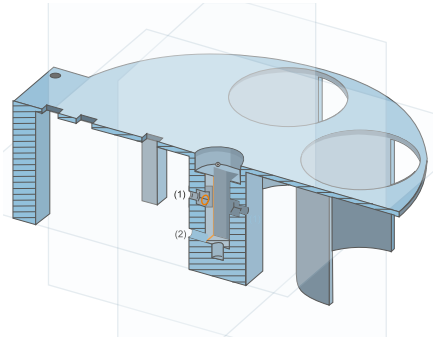
Fotografia 1. Pierwszy prototyp urządzenia wycięty z kartonu i sklejony klejem na gorąco

Montaż i uruchomienie

Pierwszy prototyp został wycięty z kartonu i sklejony klejem na gorąco (**fotografia 1**). Jednak po sprawdzeniu, czy sama idea ma szansę działać, zaprojektowałem Sorter w programie Onshape. Jest to działający w przeglądarce program CAD. Projekt znajduje się pod linkiem [1], natomiast pliki STL można znaleźć w repozytorium [2]. Zostały one wydrukowane na drukarce 3D.

Gdy mamy gotowe elementy, przygotowujemy trzy czujniki CNY70 oraz silnik, dolutowując do nich około 30-centymetrowe przewody. Do napędu wybrałem silnik z przekładnią. Jego prędkość to 25 obrotów na minutę. Na oś silnika zakładamy hub widoczny na **fotografii 2**. Następnie silnik montujemy w otworze znajdującym się w środku stołu. Jego przekrój widzimy na **rysunku 5**. Najpierw w otworach (1) wkładamy nakrętki i od zewnątrz wkręcamy śruby o średnicy 3 mm i długości 14 mm. Następnie przez otwór (2) przeciągamy przewody zasilające silnik. Teraz wkładami silnik i umieszczamy go tak, aby hub minimalnie (mniej niż milimetr) wystawał ponad stół. Dokręcamy śruby, aby utrzymały silnik w ustalonej pozycji.

Fotografia 2. Silnik z przekładnią oraz odpowiedni hub

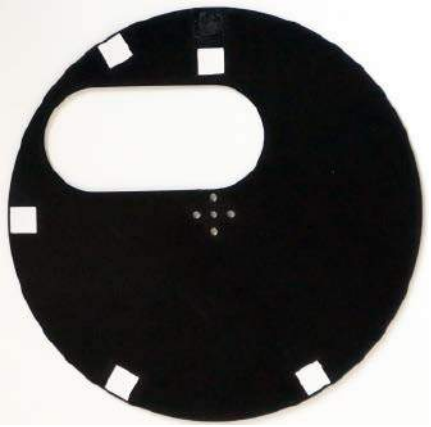


Rysunek 5. Przekrój konstrukcji stołu

Czujniki CNY70 przyklejamy od spodu stołu za pomocą kleju na gorąco. Uważamy przy tym, aby nie zakleić elementów światłoczułych. Efekt pokazuje **fotografia 3**.

Fotografia 3. Stół z zamontowanym silnikiem i czujnikami

eprasa.pl 9df22a5208



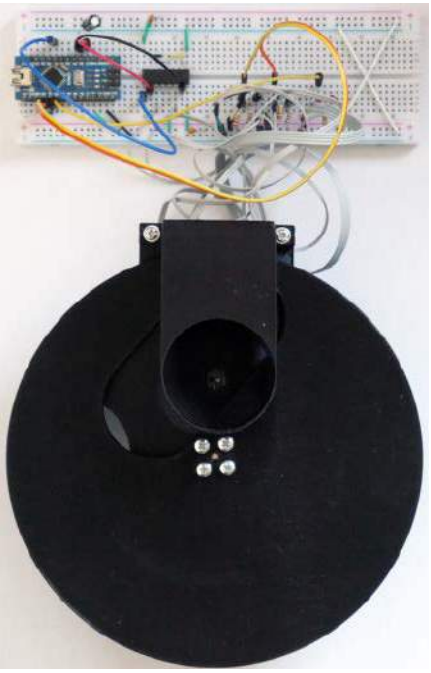
Fotografia 4. Gotowa tarcza

Następnie przechodzimy do tarczy. Musimy pomalować znaczniki, aby były widoczne dla czujników. Wydrukowane są one w formie niewielkich wgłębień, które musimy pomalować na kolor biały za pomocą korektora. Można także wkleić w nie kawałek białego papieru. Przygotowaną tarczę widzimy na **fotografii 4**. Przykręcamy ją do osi silnika za pomocą czterech śrub o długości 8 mm i średnicy 3 mm. Ostatnim elementem jest dokręcenie podajnika. W tym celu używamy dwóch śrub o długości 14 mm. Gotowy model pokazuje **fotografia 5**.

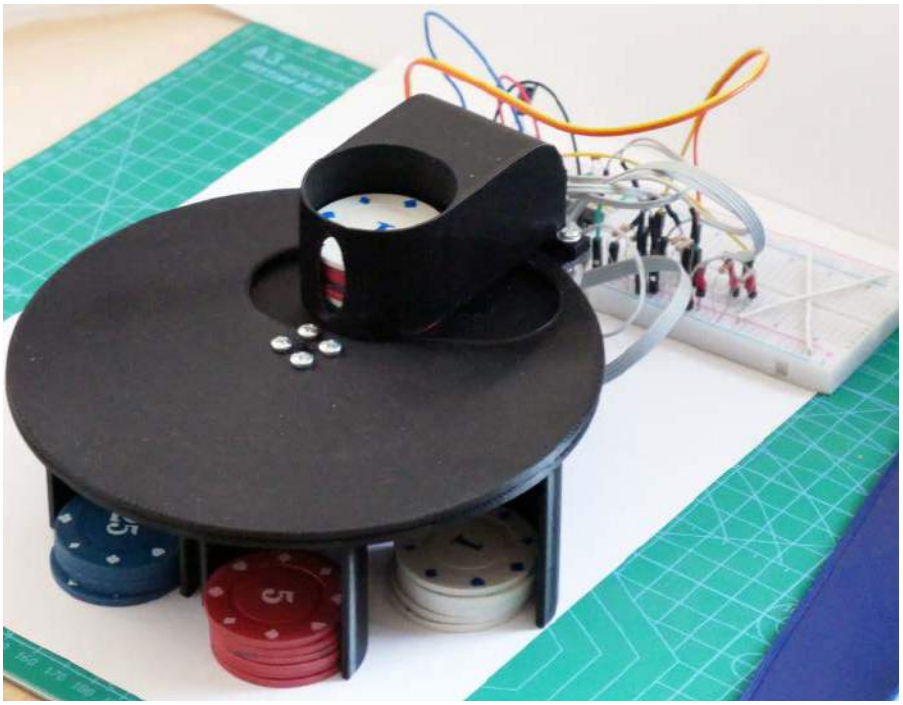
Teraz składamy układ elektroniczny. Może przydać się opis wyjść czujnika CNY70 zamieszczony na **rysunku 6**. Ja złożyłem elektronikę na płytce stykowej. Wygląd mojego układu pokazuje **fotografia 6**. Gdy jesteśmy gotowi, możemy przejść do uruchomienia i kalibracji.

Kalibracja czujników położenia

Wgrywamy szkic testCNY70 [3]. Otwieramy monitor portu szeregowego. Silnikiem sterujemy za pomocą następujących poleceń:



Fotografia 6. Zmontowana cała konstrukcja

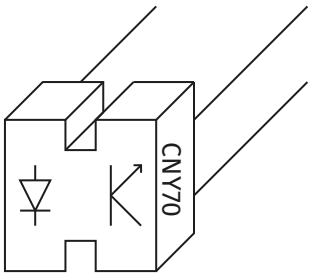


Fotografia 5. Stół, tarcza i zamontowany podajnik

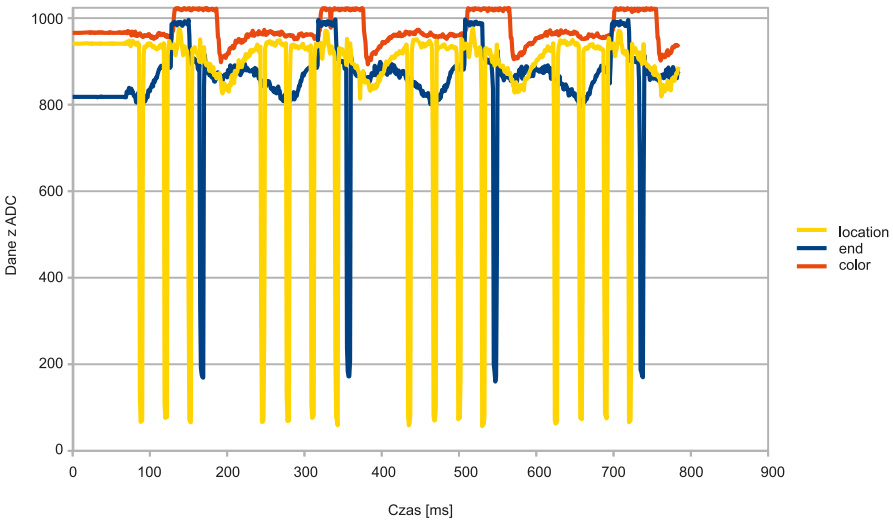
- 1 – stop,
- 2 – obrót zgodnie z ruchem wskazówek zegara,
- 3 – obrót przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.

Jeżeli komendy 2 i 3 są zamienione, odwracamy polaryzację silnika. Kolejnym krokiem jest sprawdzenie, jak czujniki reagują na znaczniki położenia. W tym celu włączamy ruch zgodnie z ruchem wskazówek zegara i przesyłamy polecenie s. Na monitorze pojawią się odczyty z wszystkich trzech czujników. Po około trzech obrotach znowu przesyłamy s, co wyłączy przesyłanie danych. Kopiujemy zebrane dane do arkusza kalkulacyjnego. Moje wyniki znajdują się w [4], na arkuszu cny70_test.

Zebrane przeze mnie dane są pokazane na wykresie z **rysunku 7**. Najpierw interesują nas kolumny: location odpowiedzialna za zliczanie dziur oraz end służąca do znalezienia początku. Widzimy, że pomimo dość znacznego szumu i tak bez problemu można wykryć moment, gdy znacznik znajdzie się nad czujnikiem. Ciekawą rzecz można także zauważyć dla czujnika koloru żetonu. Widzimy, że gdy jest on odsłonięty, otrzymujemy maksymalne możliwe wskazanie, czyli 1023. Posłuży nam to później do ustalenia, czy w Sorterze znajdują się jakiekolwiek żetony.

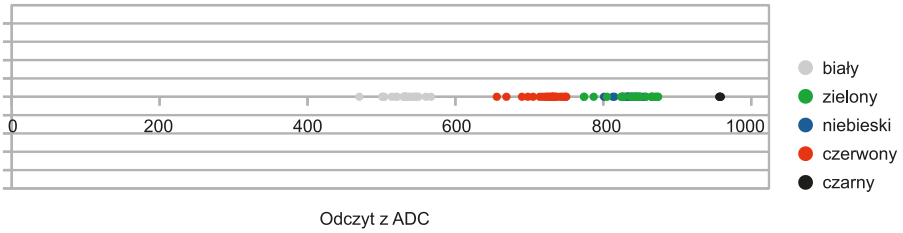


Rysunek 6. Opis wyjść czujnika CNY70

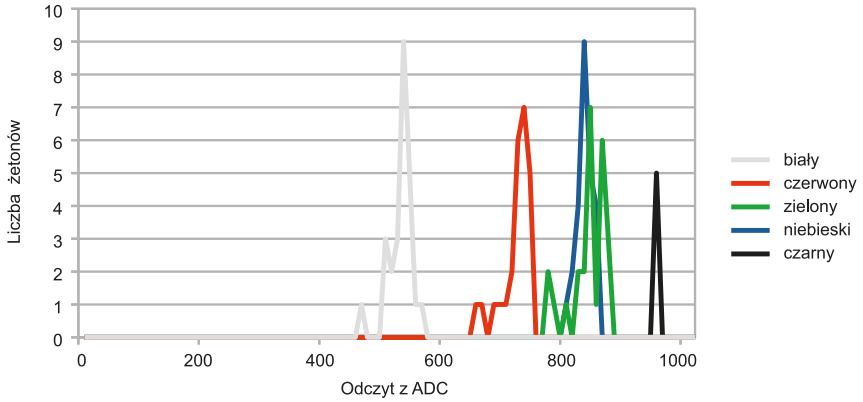


Rysunek 7. Dane z kalibracji pokazane na wykresie

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 8. Zmierzone wartości dla żetonów czerwonych, białych, zielonych, niebieskich i czarnych



Rysunek 9. Histogramy wykonane dla każdego koloru

Przechodzimy teraz do głównego programu, który znajdziemy w szkicu Sorter.ino [5]. Na początku musimy ustalić współczynniki, dla których uznamy, że nastąpiło wejście znacznika nad sensor sensor_set_th, oraz zejście znacznika znad sensora sensor_reset_th. Ja na podstawie **rysunku 7** uznałem, że dla mnie sprawdzą się odpowiednio wartości 300 i 700. Dzięki różnym progom otrzymamy tzw. histerezę i nie będziemy mieli problemu z drganiami stanu czujnika w okolicy przełączania.

Musimy także wstępnie dobrać wartość color_empty. Jest to próg, powyżej którego odczyt z czujnika koloru będzie oznaczał, że nie ma żadnego żetonu. W tej chwili powinna to być wartość niewiele niższa niż to, co dostajemy z odsłoniętego czujnika koloru. W moim przypadku jest to 970. Wrócimy jeszcze do tej nastawy po zmierzeniu odczytu dla różnych kolorów żetonu. Po ustawieniu odpowiednich wartości budujemy szkic i programujemy mikrokontroler.

Kalibracja kolorów

Po wgraniu kodu Sorter powinien wykonać bazowanie na pozycji startowej i czekać na włożenie żetonów. Otwieramy monitor portu szeregowego i przesyłamy komendę c, która powoduje przesyłanie wartości zmierzonej dla kolejnych żetonów. Wkładamy więc do podajnika wszystkie żetony w danym kolorze. Sorter powinien dla każdego z nich odczytać wartość, a następnie wypluć do którejś z przegródek. Gdy skończą się żetony, kopiujemy wyniki do kolejnych kolumn w arkuszu kalkulacyjnym. Moje dane znajdują się w [4] w arkuszu chips_color. Zmierzyłem dane dla żetonów czerwonych, białych, zielonych, niebieskich i czarnych. Uzyskane wyniki widzimy na wykresie z **rysunku 8**. Uzyskałem go, wybierają typ wykresu na XY i przypisując wszystkim danym 0 dla wartości Y. Widzimy tu, że pomiary dla białego, czerwonego i czarnego tworzą osobne grupy. Natomiast odczyty dla żetonów niebieskich i zielonych pokrywają się. Jeszcze lepiej idać to, gdy dla każdego koloru wyrysujemy histogramy (jak je utworzyć dowiemy się z dokumentacji funkcji CZĘSTOŚĆ pokazanej na **rysunku 9**).

Dla innych żetonów uzyskane wyniki będą się różnić. W moim przypadku zdecydowałem, że będę sortował jedynie żetony białe, czerwone, niebieskie i czarne. Ostatnim krokiem jest ustalenie progów rozdzielających poszczególne kolory. Formalnie można je przyjąć jako środek pomiędzy skrajnymi odczytami dla różnych grup. Ja dobrałem je tak:

```
const int color_white = 600;
const int color_red = 760;
const int color_blue = 900;
const int color_empty = 970;
```

Ustalamy także wartość dla color_empty taką, aby rozdzielała skrajną grupę żetonów od pustego okna.

Rozwiązywanie problemów

Gdyby nasz Sorter zachowywał się w dziwny sposób, możemy zbierać jego pełny stan, wpisując polecenie s. Wtedy w każdym kroku będą wypisywane odczyty z czujników oraz decyzje podejmowane przez program. Ponieważ kolejne kroki są wykonywane co 10 ms, otrzymamy dużą ilość danych. Aby je przeanalizować, warto je skopiować do arkusza kalkulacyjnego i przygotować wykresy. Przykładowe znajdziemy w [4] w arkuszu sensor_data. Działanie gotowego projektu można zobaczyć na filmie [6].

Możliwości zmian

Projekt części mechanicznych można zmodyfikować, na przykład zmieniając liczbę różnych grup. Należy jednak uważać, aby nie wykonać ruchu, który spowoduje, że żetony będą wpadać do tarczy przy obsłudze ostatniej dziury w stole. Można także eksperymentować z innym czujnikiem koloru niż CNY70. Dostępne są sensory pozwalające na odczyt poszczególnych składowych koloru: czerwonej, zielonej i niebieskiej, co mogłoby pozwolić na lepsze rozróżnianie żetonów.

Rafał Kozik
rafkozik@gmail.com

[1] http://bit.ly/3VzkJuW
[2] http://bit.ly/3GNqkJF
[3] http://bit.ly/3GMOaW4
[4] http://bit.ly/3icre8p
[5] http://bit.ly/3AQPVxI
[6] https://youtu.be/9AqeCRwTqwE

REKLAMA

eprasa.pl 9df22a5208

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (20)

Zaawansowane kondycjonery sygnałów termoparowych

W poprzedniej części Poradnika Implementacji omówiliśmy proste front-endy termoparowe – zarówno czysto analogowe, jak i bazujące na rozwiązaniach typu mixed-signal. Tym razem zajmiemy się rozbudowanymi układami, które oferują już znacznie bardziej zaawansowane funkcje pomiarowe i konfiguracyjne.

Wszystkie poprzednie odcinki znajdują się pod adresem: **https://ulubionykiosk.pl/media**

Układ MCP960X/L0X/RL0X

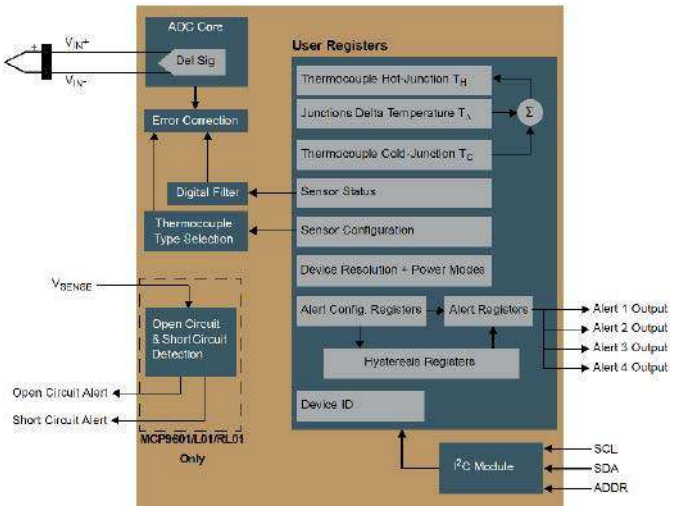
Poprzednio omówiliśmy propozycje front-endów przygotowanych przez inżynierów z firm Analog Devices oraz Maxim. Microchip także nie pozostał w tyle za konkurencją i opracował własną serię zaawansowanych kondycjonerów termoparowych o oznaczeniu podstawowym MCP9600/MCP9601. Na linię produktów składają się wersje MCP9600/L00/RL00 oraz MCP9601/L01/RL01. Pierwsza grupa obejmuje trzy układy podstawowe, różniące się dokładnością (odpowiednio: 0,5°C/±1,5°C, 2,0°C/±4,0°C oraz 4,0°C/±8,0°C1), zaś druga – front-endy wzbogacone o obwody przeznaczone do wykrywania awarii w obwodzie czujnika. Podobnie jak w przypadku omówionych poprzednio front-endów MAX31856 oraz MAX31850, rodzina MCP960X/L0X/RL0X także obsługuje szeroki zakres różnych typów termopar (K, J, T, N, S, E, B oraz R).

Schemat blokowy, obejmujący obydwie podgrupy układów MCP9600/1, został pokazany na **rysunku 1**. 18-bitowy przetwornik ADC typu delta-sigma odpowiada za digitalizację napięć termoelektrycznych, zaś wyniki przetwarzania są poddawane cyfrowej korekcji zgodnie z fabrycznie ustalonym zestawem współczynników odpowiednich dla wybranego przez użytkownika (za pomocą bitów 4...7 w rejestrze konfiguracyjnym czujnika o adresie 0x05) typu termopary. Dodatkowo układ sprawdza, czy napięcie zmierzone za pomocą ADC mieści się w dopuszczalnym przedziale, przewidzianym dla danego rodzaju sensora – jeżeli tak, rdzeń cyfrowy front-endu oblicza różnicę temperatury pomiędzy złączem „gorącym" a „zimnym", zaś w przeciwnym wypadku wystawia odpowiednią flagę alarmową w rejestrze statusu.

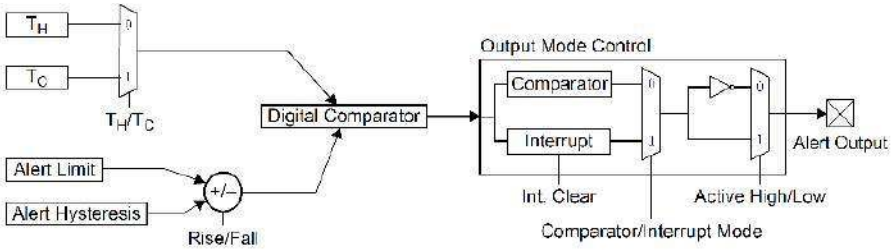
Wynik pomiaru – podobnie jak w przypadku większości front-endów temperaturowych – jest odnoszony do temperatury otoczenia mierzonej przez wbudowany sensor temperatury. W przypadku rodziny MCP9600/01 mamy do czynienia z czujnikiem o rozdzielczości ustawianej programowo na wartość 0,25°C lub 0,0625°C.

Warto dodać, że jeszcze przed zsumowaniem temperatury otoczenia („zimnego końca") oraz różnicy ΔT, wyliczonej na podstawie napięcia termopary, słowa wyjściowe ADC są poddawane filtracji cyfrowej za pomocą filtru IIR pierwszego rzędu o siedmiu konfigurowalnych poziomach uśredniania (układ korzysta z algorytmu wykładniczej średniej ruchomej, ang. EMA). Choć tego typu filtr z powodzeniem można byłoby zrealizować już po stronie oprogramowania nadrzędnego procesora, to w tym przypadku zabieg filtracji i to na tak wczesnym etapie toru przetwarzania sygnału ma konkretne znaczenie praktyczne. Producent zastosował bowiem rozbudowany blok czterech jednakowych kanałów alarmowych, wyposażonych w osobne rejestry nastawy progu alarmowego i histerezy oraz rejestry konfiguracyjne, pozwalające na ustalenie sposobu działania wyjść alarmowych (tryb przerwania lub komparatora), stanu aktywnego (niski lub wysoki), zbocza sygnału (czyli kierunku wykrywanych zmian – wzrost lub spadek temperatury), a także umożliwiające wybór temperatury, która ma być monitorowana (złącze „gorące" lub „zimne").

Schemat funkcjonalny dla jednego z takich bloków pokazano na **rysunku 2**, zaś przykładowe przebiegi – na **rysunku 3**. W trybie komparatora wyjście pozostaje w stanie aktywnym, dopóki sygnał nie powróci do dopuszczalnego przedziału temperatury – czyli dokładnie tak, jak ma to miejsce w przypadku typowego termostatu. Z kolei

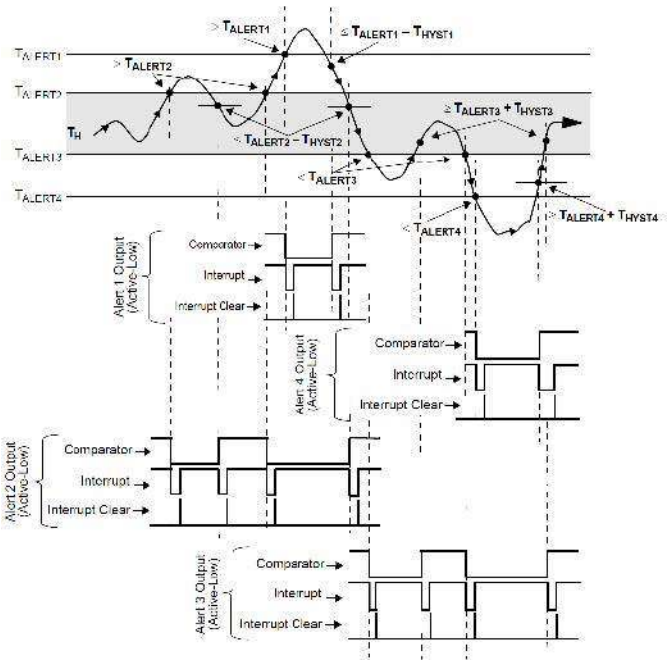


Rysunek 1. Schemat blokowy układów z rodziny MCP960X/L0X/RL0X marki Microchip



Rysunek 2. Schemat funkcjonalny jednego z bloków alarmowych front-endu MCP9600/01

eprasa.pl 9df22a5208

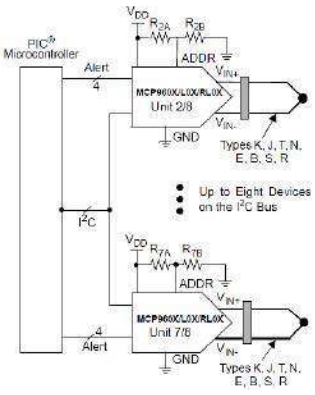


Rysunek 3. Przebieg temperatury gorącego końca termopary (TH) w funkcji czasu oraz odpowiadające mu przebiegi na wyjściach bloków alarmowych 1...4. Pokazano stany wyjść Alert 1...4 dla trybów komparatora oraz przerwania, przy czym kanały 1 i 2 ustawiono na detekcję wzrostu temperatury, zaś 3 i 4 – spadku temperatury

funkcja przerwania powoduje, że wyjście jest sterowane w sposób przypominający obsługę flag w mikrokontrolerze – linia jest ustawiana w stan aktywny po wykryciu (zależnie od ustawień) spadku lub wzrostu temperatury, zaś po wyzerowaniu przerwania (poprzez zapisanie logicznej jedynki do odpowiedniego bitu w rejestrze konfiguracyjnym kanału alarmowego) – powraca do stanu spoczynkowego.

Jak można było zauważyć we wcześniejszych odcinkach Poradnika Implementacji, front-endy nierzadko obfitują w nietypowe rozwiązania techniczne, których próżno szukać (lub które znaleźć można, ale ze sporym trudem) w innych układach scalonych. W rodzinie MCP9600/1 ciekawym przykładem takiego niuansu będzie sposób, w jaki inżynierowie firmy Microchip rozwiązali zagadnienie wyboru adresu I²C front-endu. Zamiast klasycznych wejść binarnych mamy tu bowiem do czynienia z wejściem analogowym, obsługującym (oprócz czystego potencjału masy oraz VDD) aż 6 różnych napięć pośrednich, wynikających ze ściśle określonego wyboru kombinacji rezystorów w dzielniku napięciowym, dołączonym do linii ADDR. Takie rozwiązanie umożliwiło zwiększenie liczby możliwych adresów aż do ośmiu wartości i to z użyciem jednego tylko pinu. Przykładową realizację systemu opartego na kilku jednakowych układach z różnymi nastawami adresów zaprezentowano na **rysunku 4**, zaś listę możliwych kombinacji rezystorów dzielnika – w **tabeli 1**.

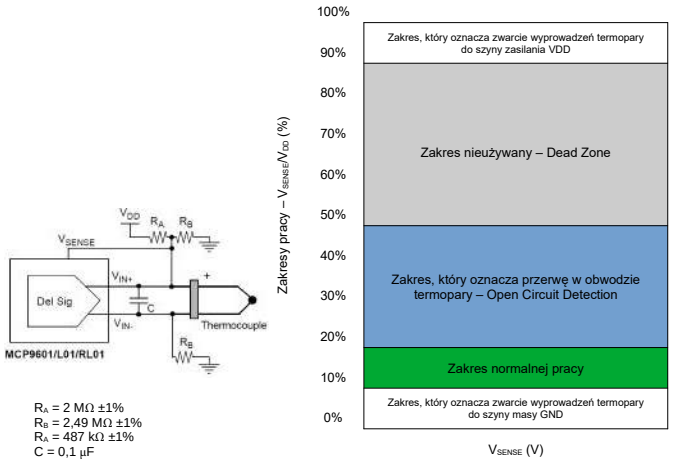
Na koniec dodajmy jeszcze istotną informację o różnicach pomiędzy członkami omawianej rodziny układów. Podczas gdy dodatkowe litery wewnątrz oznaczenia określają dokładność pomiarową AFE, to ostatnia cyfra głównego numeru układu (MCP9600 lub MCP9601) informuje o obecności bloku diagnostycznego w strukturze front-endu.



Rysunek 4. Sposób podłączenia zewnętrznych rezystorów ustalających adres I²C w systemie zawierającym dwa front-endy MCP9600/01

Tabela 1. Wartości rezystorów ustalających adres I²C we front-endach MCP9600/01

Adres	Bajt komendy	Wartości rezystorów (kΩ)	
		R_{XA}	R_{XB}
1	1100 000x	ADDR = GND	
2	1100 001x	R_{2A} = 10	R_{2B} = 2,2
3	1100 010x	R_{3A} = 10	R_{3B} = 4,3
4	1100 011x	R_{4A} = 10	R_{4B} = 7,5
5	1100 100x	R_{5A} = 10	R_{5B} = 13
6	1100 101x	R_{6A} = 10	R_{6B} = 22
7	1100 110x	R_{7A} = 10	R_{7B} = 43
8	1100 111x	ADDR = VDD	



Rysunek 5. Podłączenie elementów dyskretnych współpracujących z obwodami detekcji awarii obwodu termopary (po lewej) oraz zakresy napięcia wejściowego ADC w odniesieniu do VDD [%] (po prawej). Zielony – normalny zakres pracy, niebieski – zakres odpowiadający otwarciu obwodu termopary (np. w wyniku uszkodzenia okablowania), szary – strefa martwa, biały – zakresy odpowiadające zwarciu termopary do jednej z szyn zasilania

Mowa o wspomnianych już wcześniej obwodach służących do detekcji potencjalnych awarii w obwodzie termopary. Dzięki odpowiedniemu doborowi wartości trzech zewnętrznych rezystorów układ MCP9601/L01/RL01 jest w stanie wykryć stany uszkodzenia i zaalarmować o nich urządzenie za pośrednictwem dwóch linii wyjściowych o aktywnym stanie wysokim (SC Alert oraz OC Alert).

Co ciekawe, producent przewidział możliwość detekcji dla obydwu wersji układu – zarówno dla MCP9600, jak i MCP9601 (**rysunek 5**), przy czym tylko drugi z nich ma sprzętowe wyjścia alarmowe oraz dodatkowe wejście monitorujące nieodwracającą linię wejściową ADC (V_{SENSE}). W prostszej wersji (MCP9600/L01/RL01) w celu detekcji otwarcia obwodu trzeba wykorzystać 4. bit rejestru statusu, zaś zwarcie może być wykryte jedynie poprzez sprawdzenie, w jakim podzakresie pełnej skali znajduje się aktualny wynik pomiaru ADC.

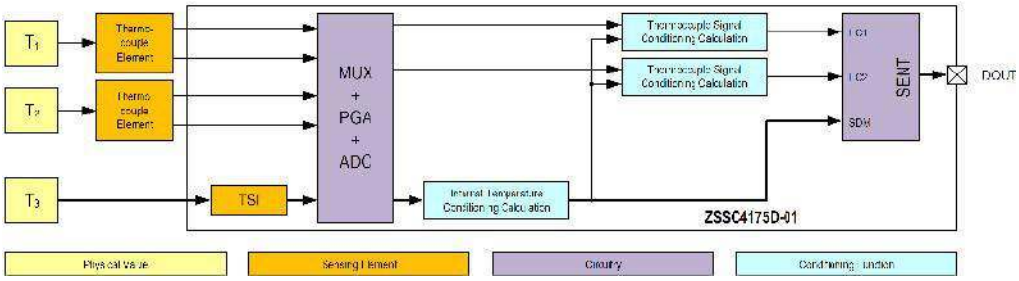
Układ ZSSC4175

Firma Renesans także opracowała własne portfolio front-endów czujnikowych, choć spośród przeszło 30 produktów z tej kategorii zaledwie dwa wiążą się z tematem tego odcinka naszego cyklu. Jeden z nich jest przeznaczony do użytku tylko z termoparami, zaś drugi – uniwersalny – obsługuje także sygnały z fotodetektorów oraz czujników o charakterystyce rezystancyjnej. Tym razem zajmiemy się prostszym (choć w swojej klasie i tak dość rozbudowanym) układem ZSSC4175.

Schemat blokowy front-endu został pokazany na **rysunku 6**. Co ciekawe – choć w żaden sposób nie wynika to wprost z rysunku – architektura AFE bazuje na... 16-bitowym mikrokontrolerze RISC. W odróżnieniu od opisanych wcześniej układów, ZSSC4175 ma nie jedno,

eprasa.pl 9df22a5208

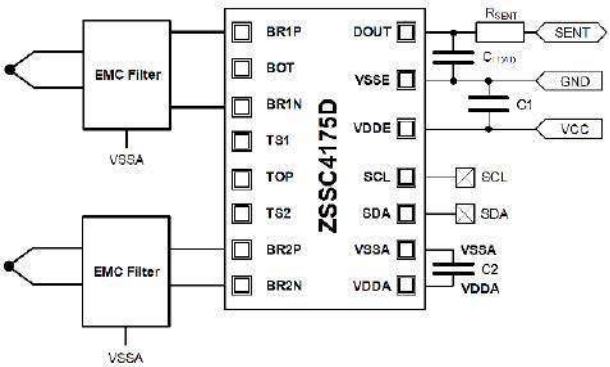
ale dwa wejścia termoparowe oraz – rzecz jasna – wewnętrzny czujnik służący do kompensacji „zimnych końców". Sercem analogowej części front-endu jest 14-bitowy przetwornik ADC, wyposażony w multiplekser oraz wzmacniacz PGA. Dane konfiguracyjne oraz współczynniki kalibracji, pozwalające na współpracę z termoparami typu N, są przechowywane w pamięci nieulotnej. Uproszczony schemat podstawowej aplikacji front-endu pokazano na **rysunku 7**.



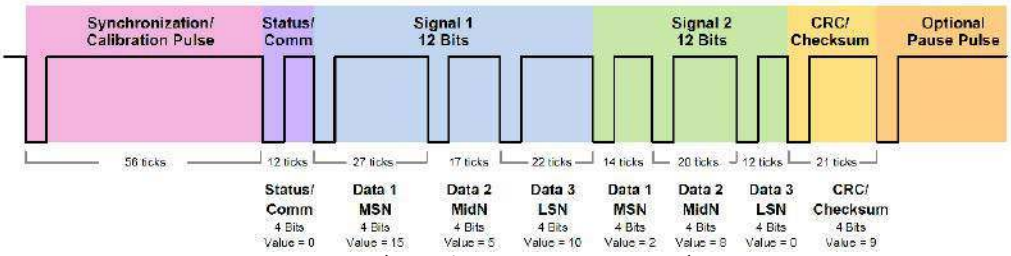
Rysunek 6. Uproszczony schemat blokowy front-endu ZSSC4175D-01 marki Renesans

Wynikowa dokładność pomiarowa to 5°C (przy temperaturze gorącego końca na poziomie 1000°C). Sam układ może pracować w otoczeniu o temperaturze od –40 do +150°C i jest zoptymalizowany pod kątem aplikacji motoryzacyjnych, o czym może świadczyć nie tylko jego kwalifikacja (AEC-Q100 Grade 0), ale także zastosowane rozwiązania w zakresie głównego interfejsu komunikacyjnego.

Producent zdecydował się na wbudowanie w układ nadajnika zgodnego z protokołem SENT (*Single Edge Nibble Transmission*), stosowanym szeroko w motoryzacji do jednokierunkowej komunikacji zdalnych czujników z kontrolerami. Format przykładowej ramki w trybie Fast Channel Message (wykorzystywanym do przesyłu danych użytkowych, w odróżnieniu od transmisji typu Slow, która pozwala na przesył niewielkich ilości dodatkowych informacji, np. identyfikatora czujnika) pokazano na **rysunku 8**. Po impulsie synchronizacyjnym (trwającym przez dokładnie 56 cykli zegara) rozpoczyna się nadawanie paczek w formie półbajtów (stąd nazwa protokołu), kodowanych długością impulsu dodatniego (od 12 do 27 cykli, co odpowiada wartościom od 0 do 15, czyli 0x0...0xF). Typowe zastosowania protokołu SENT obejmują transmisję danych 12-bitowych (czyli złożonych z trzech półbajtów), stąd też efektywna rozdzielczość opisywanego przez nas front-endu wynosi właśnie 12 bitów (pomimo, że natywna rozdzielczość ADC jest wyższa).



Rysunek 7. Podstawowy schemat aplikacyjny front-endu ZSSC4175D-01



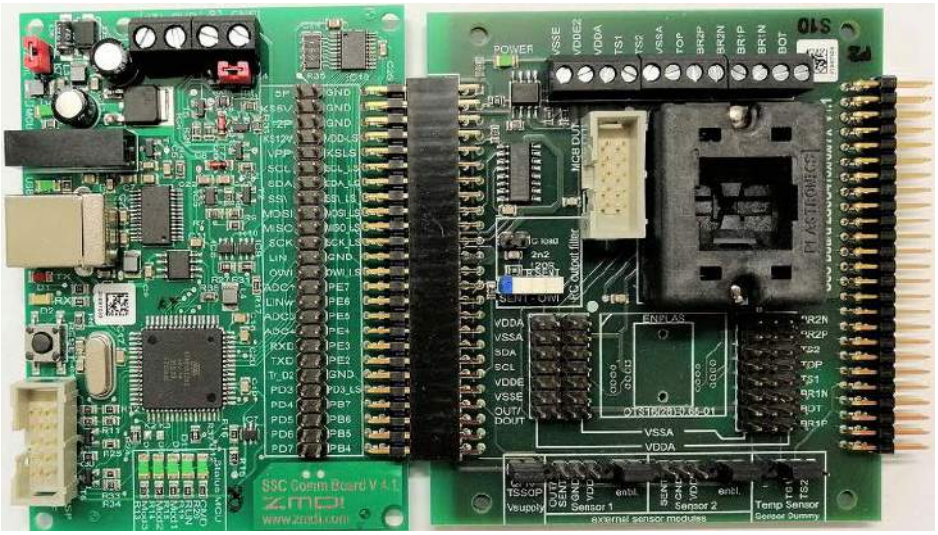
Rysunek 8. Przykładowa ramka danych (w trybie Fast Channel Message) protokołu SENT (https://t.ly/A7tb)

Osoby zainteresowane zastosowaniem front-endu ZSSC4175 w projektowanych urządzeniach mogą skorzystać z rozbudowanego zestawu ewaluacyjnego, w ramach którego płytka układu AFE (nazwanego w nomenklaturze marki Renesans mianem SSC – Sensor Signal Conditioner) współpracuje z uniwersalnym modułem komunikacyjnym (SSC-CB), a także – w razie potrzeby – z dodatkowymi nakładkami, mającymi na celu np. prostą emulację mostka pomiarowego z użyciem potencjometru i kilku dodatkowych elementów dyskretnych. Wygląd zestawu prezentuje **fotografia 1**.

Podsumowanie

W tym odcinku Poradnika Implementacji zaprezentowaliśmy dwa kolejne, zaawansowane technicznie front-endy przeznaczone do prowadzenia pomiarów z użyciem termopar. Na rynku istnieje jednak szereg układów znacznie bardziej rozbudowanych, często multifunkcyjnych – czyli pozwalających na współpracę z różnymi typami czujników (termopary, RTD, czujniki półprzewodnikowe) i nierzadko oferujących interesujące możliwości dodatkowe. W niedalekiej przyszłości zajmiemy się także nimi – tymczasem zapraszamy do lektury kolejnego, już 21 (oczko!) odcinka Poradnika, w którym weźmiemy na warsztat układy AFE wykorzystujące w roli czujników niezwykle popularne termorezystory (RTD).

inż. Przemysław Musz



Fotografia 1. Modułowy zestaw ewaluacyjny ZSSC4175EVK (https://t.ly/kj_z)

eprasa.pl 9df22a5208

AVT EDU

Innowacyjna seria zestawów do nauki lutowania:
- większe pady
- duże odstępy między punktami lutowniczymi
- atrakcyjna grafika
- praktyczne zastosowanie

Zestawy dostępne pojedynczo i w pakietach.

Choinka LED RGB

Świąteczny nastrój buduje mnóstwo pozornie drobnych szczegółów – migocące lampki, klimatyczne melodie, zapach herbaty z pomarańczą i goździkami. Czego jeszcze brakuje? Może choinki! W te Święta spraw sobie prezent, który pozwoli Ci na rozwijanie swoich umiejętności w lutowaniu!

SPECYFIKACJA:
- źródło światła – płynnie zmieniające kolor diody LED RGB,
- bardzo prosty montaż,
- zasilanie: 3 VDC [2×AA] – zestaw nie zawiera baterii,
- wymiary płytki: 68×83 mm

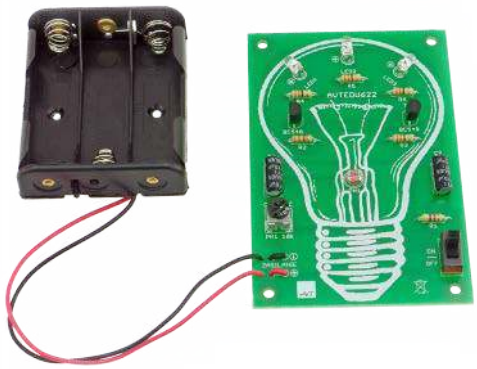
kod handlowy: **AVTEDU640** cena: **24zł**

Stroboskop policyjny LED

Efektem wizualnym generowanym przez moduł jest imitacja świateł pojazdu uprzywilejowanego.

SPECYFIKACJA:
- 2 pola świetlne z diodami LED (czerwone i niebieskie),
- 8 diod LED w każdym polu,
- wymiary płytki: 125×44 mm,
- napięcie zasilania: 9 VDC [6F22] – zestaw nie zawiera baterii

kod handlowy: **AVTEDU621** cena: **24zł**

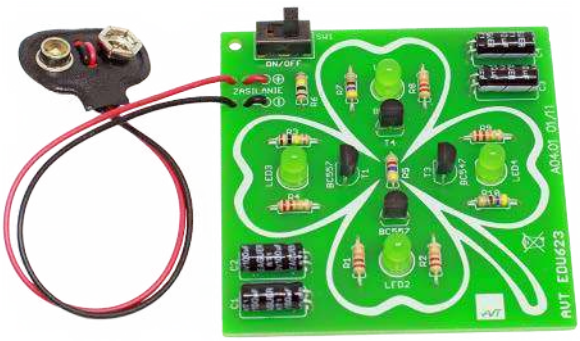


Zmierzchowa lampka LED

Praktyczna, wyróżniająca się designem lampka nocna z czujnikiem zmierzchu, która po zapadnięciu zmroku, rozbłyśnie jasnym światłem diod LED.

SPECYFIKACJA:
- źródło światła: 3 białe diody LED,
- płynna regulacja czułości zadziałania,
- napięcie zasilania: 5 VDC [3×AA] – zestaw nie zawiera baterii,
- wymiary płytki: 92×60 mm

kod handlowy: **AVTEDU622** cena: **24zł**



Czterolistna koniczynka LED

Urokliwy i prosty w montażu gadżet będzie cieszył oko dzięki dwóm parom diod LED, które migają w zmiennym rytmie.

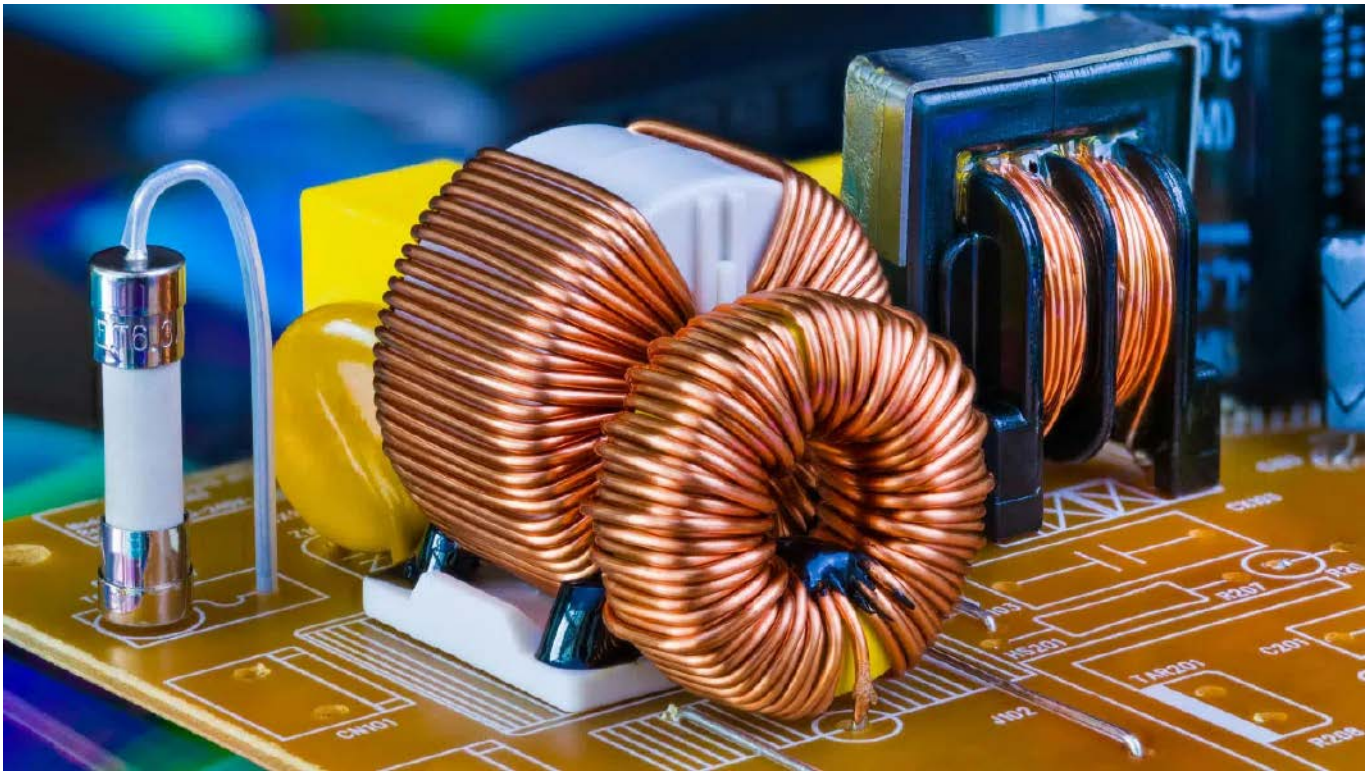
SPECYFIKACJA:
- 4 diody LED wysokiej jasności (pure green),
- automatyczna regulacja częstotliwości błysków,
- napięcie zasilania: 9 VDC [6F22] – zestaw nie zawiera baterii,
- mały pobór prądu (ok. 9 mA dla zasilania 9 V),
- wymiary płytki 65×65 mm

kod handlowy: **AVTEDU623** cena: **22zł**

sklep.avt.pl

AVT SPV Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel.: (22) 257 84 51 e-mail: handlowy@avt.pl

eprasa.pl 9d122a5208



Elementy indukcyjne wysokiej mocy

Elementy indukcyjne są obecnie kluczowym elementem wielu systemów elektronicznych i elektroenergetycznych. Stosowane są głównie w sekcjach zasilania, a co za tym idzie, nierzadko pracują z dużymi prądami czy mocami. Nie każda cewka nadaje się do zastosowania w systemach wysokiej mocy – elementy o takim zastosowaniu są specjalnie projektowane. W zaprezentowanym artykule przyjrzymy się elementom indukcyjnym wysokiej mocy i ich kluczowym parametrom.

Cewki indukcyjne stały się kluczowymi komponentami obwodów zasilania we współczesnych systemach elektronicznych, a mimo to są jednymi z najsłabiej rozumianych elementów energoelektronicznych. To dzięki nim i ich właściwościom działają przetwornice napięcia i inne obwody energoelektroniczne. Cewki indukcyjne są niezbędne w układach impulsowych do magazynowania energii. W czasie przepływu prądu cewka magazynuje energię w postaci pola magnetycznego. Gdy prąd zanika, cewka oddaje zgromadzoną energię do obwodu, wymuszając przepływ prądu. Przetwornice zawierają elementy kluczujące, a odpowiednie sterowanie czasem załączenia i wyłączenia umożliwia kontrolowanie przepływu energii. W zależności od topologii zasilacza napięcie wyjściowe może być niższe lub może przekraczać napięcie wejściowe.

Ze względu na to, że elementom indukcyjnym towarzyszy pole magnetyczne, wiele osób ma trudności z poprawnym zrozumieniem ich działania. W zaprezentowanym artykule wyjaśnimy, jak działają cewki, zwłaszcza te przeznaczone do układów wysokiej mocy, a także omówimy ich parametry i wskażemy, które są kluczowe w tego rodzaju aplikacjach.

Co to jest cewka indukcyjna

Cewka indukcyjna, technicznie rzecz biorąc, jest prawdopodobnie najprostszym ze wszystkich elementów elektronicznych. Jest to pasywny 2-wyprowadzeniowy element elektryczny, który przechowuje energię w polu magnetycznym, gdy przepływa przez niego prąd elektryczny. Zazwyczaj cewka indukcyjna składa się z izolowanego drutu nawiniętego na rdzeń z jakiegoś materiału, podobnie jak np. rezystor drutowy. Rdzeniem może też być powietrze – ten szczególny przykład cewki powietrznej nazywa się również solenoidem. Konstrukcja taka bazuje zarówno na wielu doświadczeniach i eksperymentach, jak i na precyzyjnych metodach obliczeniowych, takich jak krzywe Hanny czy iloczyny powierzchni przekroju rdzenia. Dla prądu stałego cewka jest obciążeniem czysto rezystancyjnym o oporze równym oporowi przewodnika, z którego wykonano cewkę. Jeśli przez przewodnik płynie prąd, wokół tego przewodnika wytwarza się pole magnetyczne – B, które jest proporcjonalne do natężenia płynącego prądu. Kiedy prąd płynący przez cewkę zmienia się, zmienne w czasie pole magnetyczne indukuje w przewodniku napięcie o biegunowości, która przeciwstawia się zmianie prądu, który go wytworzył. W związku z tym cewki indukcyjne przeciwdziałają wszelkim zmianom prądu, który przez nie przepływa.

Podstawowym parametrem, jakim opisuje się cewkę, jest indukcyjność – L. Definiuje ona stosunek strumienia magnetycznego Φ do płynącego prądu (**równanie 1**). Indukcyjność wyraża się w henrach.

eprasa.pl 9df22a5208

$$L \sim \frac{\Phi}{I} \quad (1)$$

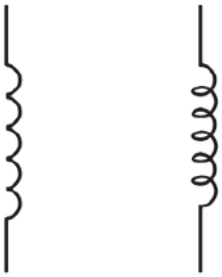
Rodzaje elementów

Istnieją dwie główne klasy elementów indukcyjnych, jakie są powszechnie stosowane w systemach elektronicznych wysokiej mocy – cewki, dławiki oraz transformatory. Jakkolwiek w dalszej części artykułu skupiamy się głównie na tych pierwszych, to szereg parametrów dla tych wszystkich klas elementów definiowany jest tak samo, dlatego w poniższych akapitach opisano również transformatory.

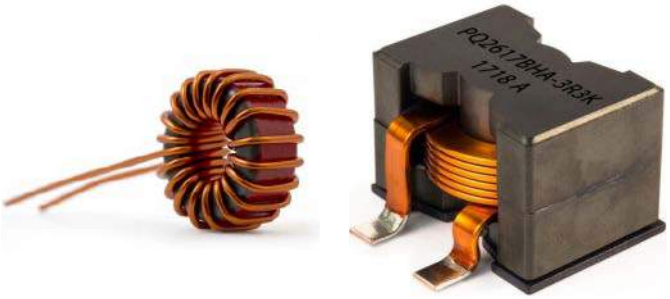
Fotografia 1. Konstrukcje przekładowych cewek

Cewki

Na **rysunku 1** pokazano symbol ideowy cewki, a **fotografia 1** pokazuje wygląd przykładowych cewek mocy. Działanie cewki w układzie skupia się typowo na magazynowaniu energii w układach impulsowych. Istnieje szeroka gama cewek, różniących się budową, jak i parametrami. W dalszej części artykułu przyjrzymy się temu, co najważniejsze – parametrom cewek, które pozwolą dobrać odpowiedni element do naszego projektu.



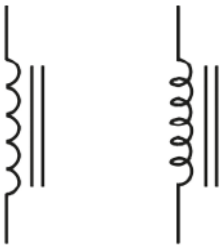
Rysunek 1. Symbol ideowy cewki



Fotografia 2. Wygląd dławików dużej mocy

Dławiki

Dławik to rodzaj cewki indukcyjnej, który jest przeznaczony do filtrowania napięcia. Na **rysunku 2** zamieszczono symbol ideowy dławika, a **fotografia 2** pokazuje wygląd przykładowych elementów tego rodzaju. Dławik jest typem cewki służącym do blokowania – dławienia prądu przemiennego w obwodzie poprzez ograniczenie szybkości zmian prądu w określonym zakresie częstotliwości, przy jednoczesnym umożliwieniu przejścia przez element prądu stałego (lub przemiennego o niższej częstotliwości). Dlatego stosuje się w nich solidne rdzenie pozwalające na gromadzenie większej energii oraz używa się drutu o znacznej średnicy, aby zapewnić jak najmniejszą rezystancję.



Rysunek 2. Symbol ideowy dławika wysokiej mocy

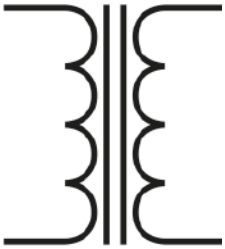
Dławiki są często stosowane w obwodach zasilających, w których linia prądu przemiennego jest filtrowana, aby blokować przejście przez nią składowych o wyższej częstotliwości. Ma to dwojakie znaczenie – uniemożliwia wnikanie zakłóceń wysokiej częstotliwości do układu, ale także ogranicza przewodzenie zakłóceń z układu (np. powstających na przetwornicach impulsowych) do sieci energetycznej.

Elementy te są także często stosowane w liniach prądu stałego, gdzie ich zadaniem jest filtrowanie napięcia i usuwanie składowej zmiennej, aby zapewnić stabilne wyjście prądu stałego poprzez redukcję tętnień. W tej aplikacji często stosowane są wspólnie z kondensatorami, z którymi formują filtry LC.

Fotografia 3. Różne wykonania transformatorów

Transformatory

Transformator to dwie (lub więcej) cewki sprzężone ze sobą magnetycznie. Transformatory wykonuje się zazwyczaj poprzez nawinięcie wielu uzwojeń na pojedynczym rdzeniu. Jedna cewka, tak zwane uzwojenie pierwotne, przez które płynie prąd zmienny, wzbudza zmienne pole magnetyczne w rdzeniu transformatora. To pole następnie indukuje prąd w pozostałych uzwojeniach na rdzeniu. Jeśli uzwojenia te są takie same, to prąd (w idealnym przypadku) na uzwojeniu wtórnym jest dokładnie taki sam, jak na uzwojeniu pierwotnym. Jeśli różnią się liczbą zwojów, to stosunek wartości prądu w uzwojeniu wtórnym i pierwotnym jest dokładnie taki sam, jak stosunek liczby zwojów w obu uzwojeniach.



Rysunek 3. Symbol ideowy transformatora

Na **rysunku 3** pokazano symbol ideowy transformatora, a **fotografia 3** pokazuje różne wykonanie elementów tego typu. Widać, że symbol tego elementu odpowiada jego konstrukcji – są to dwa symbole cewki indukcyjnej połączone wspólnym rdzeniem.

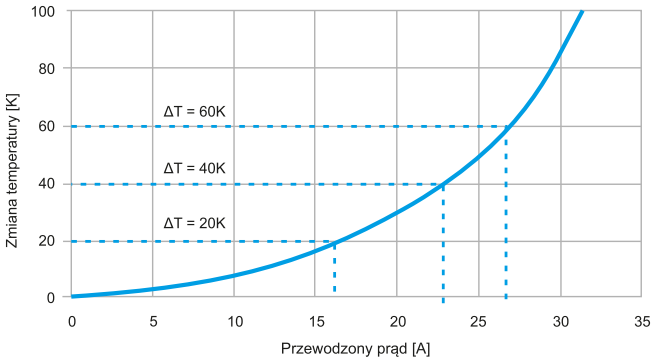
Transformatory stosuje się w szeregu aplikacji. Z uwagi na fakt, że uzwojenie pierwotne i wtóre są od siebie odseparowane galwanicznie, to element ten może być stosowany właśnie do zapewniania izolacji pomiędzy obwodami, czy to w celu odseparowania galwanicznego obwodów zasilania, czy też przenoszenia sygnału – z uwagi na swoją zasadę działania transformatory doskonale radzą sobie z przenoszeniem sygnałów analogowych.

Drugą z kluczowych aplikacji transformatorów jest zmiana napięcia w systemach prądu przemiennego. Stosując transformatory o odpowiednich przełożeniach (stosunku liczby uzwojeń), możliwe jest zmienianie napięcia pomiędzy poszczególnymi obwodami. Dzięki temu transformatory sieciowe są kluczowym elementem sieci przesyłowych energii elektrycznej, jak i urządzeń zasilanych z sieci energetycznej.

Kluczowe parametry

Indukcyjności, jako komercyjnie dostępne elementy elektroniczne, charakteryzują się szeroką gamą parametrów, które zawarte są w ich kartach katalogowych. Wiele z nich jest kluczowych przy doborze elementu do konkretnego obwodu. Przyjrzyjmy się części z tych parametrów, na które najczęściej trzeba zwrócić uwagę przy doborze elementu do układu. Parametry te są istotne niezależnie, czy dana indukcyjność pracuje jako dławik filtrujący napięcie, czy element przetwornicy impulsowej.

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 4. Przykładowa charakterystyka zmiany temperatury cewki indukcyjnej w funkcji płynącego prądu

Prąd

Mówiąc o prądzie cewki, możemy mieć na myśli szereg parametrów. Wszystkie one specyfikują jakiś prąd, płynący przez uzwojenie cewki, ale mający różne definicje. Przyjrzyjmy się dwóm kluczowym parametrom prądowym dotyczącym indukcyjności mocy.

Prąd uzwojenia

Prąd znamionowy odnosi się do prądu stałego wymaganego do zwiększenia temperatury cewki indukcyjnej o określoną wartość. Wzrost temperatury (ΔT) nie jest wartością standardową, chociaż zwykle wynosi od 20 K do 40 K i jest na ogół podawany w karcie katalogowej. Prąd znamionowy jest mierzony w standardowej temperaturze otoczenia. Ten prąd jest podany w arkuszu danych cewki indukcyjnej i jest wartością oczekiwaną dla ostatecznego zastosowania.

W przypadku aplikacji o wyższych temperaturach otoczenia projektanci powinni wybrać cewkę indukcyjną o wyższej temperaturze pracy. Na **rysunku 4** pokazano wzrost temperatury w funkcji prądu płynącego przez cewkę. Krzywa ta może być wykorzystana do określenia prądu maksymalnego dla danego założonego wzrostu temperatury elementu.

Temperatura robocza (TOP) w aplikacji jest określana przez temperaturę otoczenia (TAMB) i wartość samonagrzewania się induktora (ΔT). Wartość TOP można oszacować za pomocą równania:

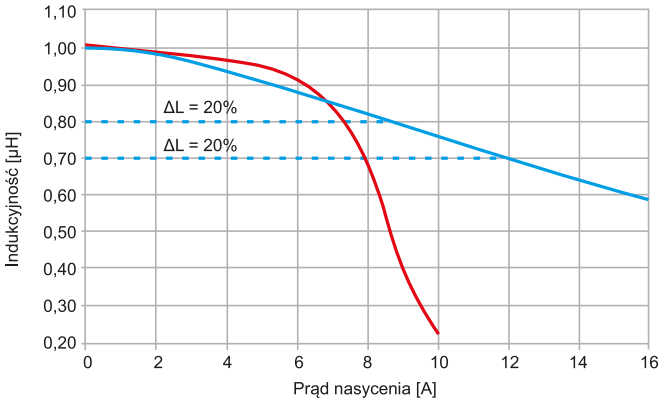
$$T_{OP} = T_{AMB} + \Delta T \quad (2)$$

Podany prąd znamionowy jest dobrym sposobem na oszacowanie wzrostu temperatury cewki indukcyjnej. Na wzrost temperatury tego elementu wpływa również projekt obwodu, układ elementów na PCB, bliskość innych komponentów oraz wymiary i grubość ścieżek. Dodatkowe ciepło może być również spowodowane nadmiernym spadkiem napięcia w przypadku przepuszczania prądu przemiennego przez uzwojenie. Jeśli temperatura pracy danej cewki jest zbyt wysoka, może ulec ona uszkodzeniu. Należy użyć np. większej cewki z większym rozmiarem obudowy, jeśli wymagane jest ograniczenie samonagrzewania.

Na samonagrzewanie się cewki ma też wpływ rezystancja uzwojenia. Dla prądu stałego cewka jest rezystancją, która wynika z oporu uzwojenia. W przypadku niektórych elementów wartość ta może być na tyle duża, że należy ją uwzględnić przy doborze elementu.

Prąd nasycenia

Innym sposobem określania wartości prądu znamionowego cewki jest określenie tzw. prądu nasycenia, który odnosi się do prądu stałego, przy którym cewka indukcyjna w pełni wykorzystuje swoje możliwości, zanim nominalna indukcyjność spadnie o określony procent. Wynika to z faktu, że rdzeń cewki może przyjąć na siebie pewien określony strumień magnetyczny – im jest on wyższy, tym trudniej jest go dalej zwiększać (porównaj równanie 1), co sprawia, że układ przestaje zachowywać się liniowo. Mówiąc w pewnym uproszczeniu, efektywna indukcyjność cewki spada wraz z rosnącym prądem.



Rysunek 5. Charakterystyka prądu nasycenia cewki indukcyjnej, niebieski wykres pokazuje przykład miękkiego nasycenia typowego dla kompozytowego rdzenia, czerwony wykres pokazuje przykład twardego nasycenia dla rdzenia z NiZn/MnZn

Procentowy spadek wartości indukcyjności w funkcji płynącego przez uzwojenie prądu stałego jest unikalny dla każdego elementu i zależy od konstrukcji i materiału rdzenia, jak i innych parametrów. Generalnie producenci ustalają wartość graniczną spadku indukcyjności na poziomie pomiędzy 20% a 35%, co może utrudnić bezpośrednie porównywanie cewek. W kartach katalogowych tych elementów można jednakże często znaleźć krzywą pokazującą, jak zmienia się indukcyjność w funkcji płynącego przez element prądu stałego. Krzywa ta może być wykorzystana do oceny całego zakresu indukcyjności i tego, jak dany element ma się do założonego prądu DC pracy.

Prąd nasycenia DC zależy również od temperatury nie tylko materiału magnetycznego induktora oraz struktury jego rdzenia. Różne struktury i rdzenie magnetyczne mogą wpływać na ISAT. Najczęściej spotykane są rdzenie ferrytowe, które charakteryzują się tzw. twardą krzywą nasycenia (czerwona krzywa na **rysunku 5**). Ważne jest, aby cewka nie pracowała poza punktem przegięcia krzywej, gdzie indukcyjność spada szybko.

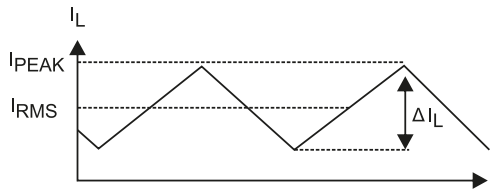
Cewki indukcyjne z kompozytowymi rdzeniami mają z kolei miękkie krzywe nasycenia (niebieska krzywa na rysunku 5). Taki charakter nasycenia zapewnia projektantom większą elastyczność i szersze zakresy pracy dzięki stopniowemu spadkowi indukcyjności. Na ogół mniejsza indukcyjność (lub większa obudowa, pozwalająca na zastosowanie większego rdzenia) pozwala cewkom indukcyjnym osiągać wyższe prądy nasycenia.

Prąd tętnień

Prąd tętnienia (ΔIL) to wielkość, o jaką zmienia się prąd podczas cyklu przełączania. Jest to wartość typowo rozważana w przypadku zastosowania cewki w przetwornicy impulsowej. Cewka indukcyjna może nie działać prawidłowo, gdy działa poza zakresem prądu szczytowego. Typowo należy dobierać elementy tak, aby tętnienia prądu cewki indukcyjnej mieściły się w zakresie od 30% do 40% IRMS. **Rysunek 6** pokazuje typowy, uproszczony przebieg prądu na cewce w przetwornicy impulsowej w czasie.

Częstotliwość rezonansowa

Częstotliwość rezonansu własnego (fR) cewki indukcyjnej to najniższa częstotliwość, przy której cewka wpada w rezonans z uwagi



Rysunek 6. Przebieg prądu cewki w przetwornicy impulsowej

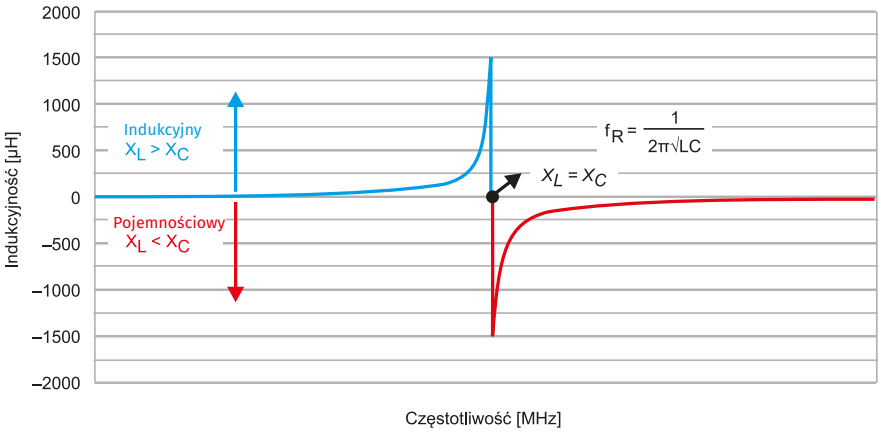
eprasa.pl 9df22a5208

na swoją pojemność własną. Przy częstotliwości rezonansowej impedancja cewki osiąga maksimum, a efektywna indukcyjność wynosi zero. **Rysunek 7** to model obwodu cewki indukcyjnej.

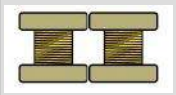
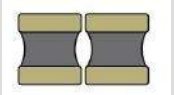
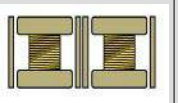
Cewka indukcyjna ma charakterystykę (pokazaną jako niebieska część krzywej na **rysunku 8**) aż do częstotliwości rezonansowej (fR), ponieważ rosnąca częstotliwość odpowiada wyższej impedancji. Przy częstotliwości rezonansowej ujemna reaktancja pojemnościowa (XC) jest równa dodatniej reaktancji indukcyjnej (XL), oszacowanej przez warunek w równaniu:

$$XL = XC \rightarrow j\omega L = \frac{1}{j\omega C} \quad (3)$$

Poza częstotliwością rezonansową (pokazaną, jako czerwona część krzywej na rysunku 8) cewka indukcyjna wykazuje charakterystykę pojemnościową, co odpowiada zmniejszającej się impedancji. Po takiej sytuacji cewka nie będzie działać w układzie zgodnie z oczekiwaniami. Wartość częstotliwości rezonansowej cewki (SRF) podawana jest w jej karcie katalogowej. Dobierając element do projektu, należy upewnić się, że jest ona wyższa niż najwyższe częstotliwości sygnałów na jej uzwojeniu.



Rysunek 8. Charakterystyka indukcyjności cewki w funkcji częstotliwości sygnału

Cewka indukcyjna/dławik	SDR0805 10 µH 8×8×5 mm	SRN8040 10 µH 8×8×4 mm	SRU8043 10 µH 8×8×4 mm	SRP6540 10 µH 7×7×4 mm
	Bez ekranowania (Non-shielded)	Częściowo ekranowana (Semi-shielded)	Ekranowana (Shielded)	Silnie ekranowana (High Current-shielded)
Konstrukcja				
Współczynnik sprzęgania - K	22,8%	16,6%	0,37%	0,27%

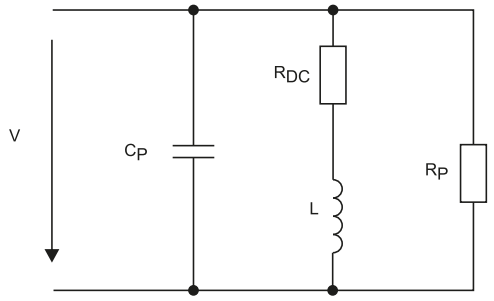
Rysunek 9. Nieekranowane, częściowo ekranowane i w pełni ekranowane cewki wraz z odpowiadającymi im współczynnikami sprzęgania K

Ekranowanie

W układzie elektronicznym zależy nam, aby ograniczyć pole magnetyczne cewki do wnętrza jej rdzenia. Jednakże, niezależnie od geometrii rdzenia, pole magnetyczne w pewnym stopniu znajduje się również poza rdzeniem. W takiej sytuacji może ono wpływać na otaczające element indukcyjny obwody czy inne cewki – nie bez powodu mówi się, żeby nie prowadzić ścieżek na płytce drukowanej pod cewkami, a w przypadku stosowania wielu cewek w obwodzie, odsuwać je od siebie.

Pewną metodą redukcji wpływu pola magnetycznego na elementy dookoła cewki jest jej ekranowanie. Redukuje to tzw. współczynnik sprzęgania K, który wyraża, jaki procent sygnału cewki przenika do drugiej, identycznej cewki ustawionej obok. Współczynnik K mierzy się typowo dla sygnału o częstotliwości 100 kHz.

W dzisiejszych czasach postępująca miniaturyzacja wymaga projektowania bardzo kompaktowych układów, gdzie położone blisko siebie elementy mogą ze sobą oddziaływać. Sprawia to, że problem sprzęgania się pola magnetycznego z otaczającymi elementami jest bardzo wyraźny. Na szczęście w handlu dostępne są cewki zintegrowane z ekranem magnetycznym. Na **rysunku 9** pokazano przykładowe cewki firmy Bourns wraz ze schematycznie narysowanym przekrojem. Na rysunku pokazano także współczynnik sprzęgania K – dla nieekranowanej cewki wynosi on niemalże 23%, a dla w pełni ekranowanej cewki poniżej pół procent.



Rysunek 7. Model obwodu dla rzeczywistej cewki indukcyjnej

Napięcie

Ostatnim z parametrów, który warto sprawdzić, wybierając cewkę, jest napięcie izolacji. Cewki typowo wykonane są z emaliowanego drutu. Cienka warstwa izolacji na uzwojeniach ma swoje ograniczenia i jeżeli nasz system pracuje z wyższym napięciem, to należy dobrać takie indukcyjności, które nie zostaną uszkodzone przez to napięcie.

Sprawa jest jeszcze istotniejsza, jeżeli mamy do czynienia z transformatorem. Elementy te są często stosowane do zapewnienia izolacji galwanicznej pomiędzy dwoma obwodami. Konieczne jest dobranie takiego transformatora, który zapewni odpowiednią izolację galwaniczną pomiędzy uzwojeniami. Tematyka izolacji galwanicznej wykracza poza ramy tego artykułu, więc jeśli chodzi o dobór indukcyjności, pamiętajmy po prostu o tej kwestii, jeśli jest ona istotna w naszym projekcie.

Podsumowanie

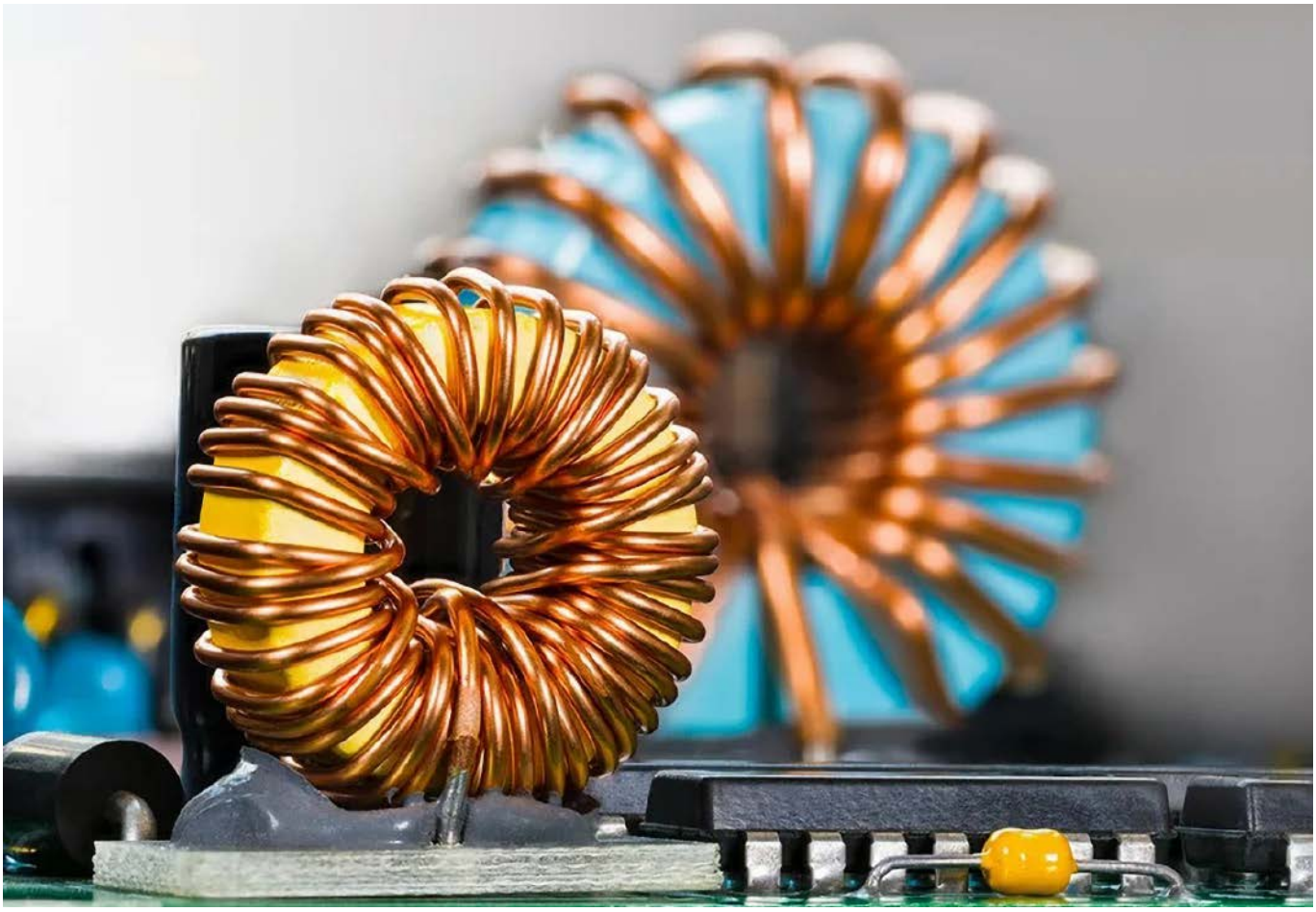
Elementy indukcyjne są kluczowym elementem współczesnych systemów zasilania. W przypadku projektowania systemów wysokiej mocy ważny jest ich prawidłowy dobór do konkretnej aplikacji. Aby proces ten przebiegał bezproblemowo, należy zwrócić uwagę na szereg parametrów. Zrozumienie ich definicji i związku z działaniem cewki pozwala na proste wybranie elementów o optymalnych parametrach, jak i przystępnej cenie.

Należy oczywiście pamiętać, że parametry elementów indukcyjnych wykraczają poza opisane powyżej kluczowe wartości.

Nikodem Czechowski, EP

Bibliografia:
- http://bit.ly/3glOPmq/
- http://bit.ly/3AwUYmE
- Bourns white paper 9/14, e/IC1452 „Selecting the Optimal Inductor for Power Converter Applications", BOURNS INC. 2014.

eprasa.pl 9df22a5208



Elementy indukcyjne w filtrach zasilania

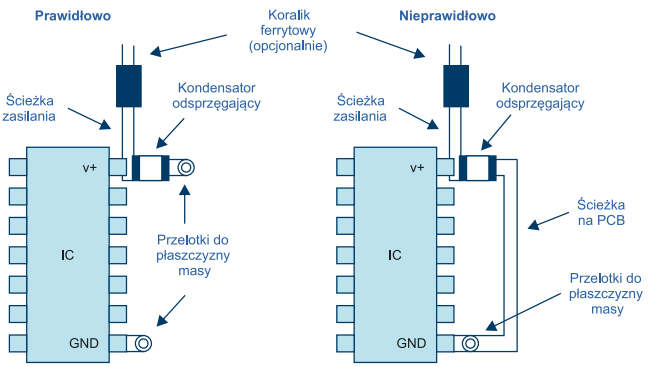
Istnieje wiele elementów elektronicznych, zwłaszcza analogowych lub analogowo-cyfrowych, takich jak czułe wzmacniacze we front-endach pomiarowych, których parametry i jakość działania silnie zależną od parametrów napięcia zasilającego. Doprowadzenie zasilania wysokiej jakości do poszczególnych elementów nie jest możliwe bez użycia elementów indukcyjnych w liniach zasilania. Jednak należy stosować je mądrze, gdyż niepoprawna aplikacja wcale nie polepszy parametrów układu, a będzie wysoce nieefektywna ekonomicznie.

Jest chyba zupełnie zrozumiałe, że każdy układ analogowy, który zasilany jest napięciem stałym, będzie działał inaczej, jeżeli na szynie zasilania pojawi się składowa zmienna. Ogromna większość układów analogowych – układy tranzystorowe, wzmacniacze operacyjne, komparatory oraz bardziej złożone struktury – zasilane są napięciem stałym i dla takiego napięcia podawane są parametry tych układów i specyfikowane jest ich zasilanie.

Niestety rzeczywistość, jak zwykle, jest bardziej skomplikowana niż symulacje i bardzo często w sygnale zasilania obecna jest składowa zmienna. Jej źródła mogą być bardzo różne – od systemów zasilania, które mogą niewystarczająco skutecznie blokować sygnały zmienne pochodzące z napięcia sieciowego (tętnienie o częstotliwości 100 Hz) lub z przetwornic impulsowych (o częstotliwości równej częstotliwości przełączania kluczy w układzie lub ich wyższych harmonicznych), aż po oznaki działania innych elementów w systemie, zwłaszcza elementów wysokiej mocy, które pobierając cyklicznie duże ilości prądu, mogą wywoływać silne zakłócenia w szynie zasilającej. Jest to szczególnie widoczne w przypadku systemów mieszanych, analogowo-cyfrowych, gdzie sekcja cyfrowa systemu pobiera duży prąd w takt zegara sterującego.

O tym, jak mocno wpływają zakłócenia w sieci zasilania na układy analogowe, mówi parametr PSRR, określany w ich kartach analogowych. Jest to *Power Supply Rejection Rate*, czyli współczynnik odrzucenia wpływu zasilania. Nie jest to zbyt wygodna do wymówienia nazwa, ale z pewnością dokładnie tłumaczy, czego dotyczy. Współczynnik PSRR jest miarą odrzucenia sygnału zmiennego zasilacza przez analizowany układ, wyrażoną, jako stosunek logarytmiczny szumu wyjściowego do szumu wejściowego zasilania. PSRR stanowi miarę tego, jak dobrze obwód tłumi tętnienia o różnych częstotliwościach wprowadzane na wejściu zasilającym. W przypadku elementów takich jak stabilizatory LDO, PSRR jest miarą tętnienia napięcia wyjściowego w porównaniu do tętnienia napięcia wejściowego. Na **równaniu 1** zaprezentowano wzór do jego wyznaczania. Parametr ten wyrażony jest w decybelach (dB) i na ogół podaje

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 1. Typowy układ filtrujący zasilanie układu

się go jako wartość dotyczącą szerokiego zakresu częstotliwości (typowo od 10 Hz do 1 MHz). PSRR jest bardzo krytycznym parametrem w wielu aplikacjach audio i RF.

$$PSRR = 20 \times log_{10}\frac{\Delta V_{zas}}{\Delta V_{wyj}} \quad (1)$$

gdzie:

ΔV – zmiana napięcia w czasie (amplituda), czyli składowa zmienna,

U_{ZAS} – napięcie zasilania,

U_{WY} – napięcie wyjściowe układu.

Widać zatem, jak ważne jest filtrowanie składowej zmiennej z linii zasilania. Jednym z sposobów na filtrowanie zasilania jest umieszczenie w sygnale indukcyjności. Element indukcyjny wykazuje opór tym wyższy, im wyższa jest częstotliwość sygnału, co oznacza, że tłumi sygnały zmienne. Jednocześnie przepuszcza sygnały zasilania – dla napięcia stałego w zasadzie nie ma rezystancji (jest ona pomijalnie mała).

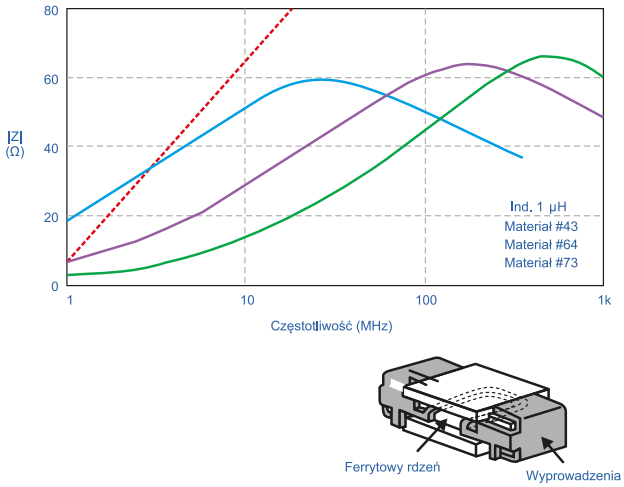
Tłumienie zakłóceń

Filtrowanie szumów o niskiej częstotliwości zwykle wymaga kondensatorów elektrolitycznych (zazwyczaj o pojemności w zakresie od 1 μF do 100 μF), które działają jako magazyn ładunku dla prądów przejściowych o niskiej częstotliwości. Szum zasilania o wysokiej częstotliwości jest najlepiej redukowany za pomocą kondensatorów ceramicznych o niskiej indukcyjności, montowanych powierzchniowo, podłączonych bezpośrednio do styków zasilania układu scalonego (zwykle od 10 nF do 100 nF). Wszystkie kondensatory filtrujące muszą być podłączone bezpośrednio do wylewki masy o niskiej impedancji, aby skutecznie działały. Do tego połączenia wymagane są krótkie ścieżki lub przelotki, aby zminimalizować dodatkową indukcyjność szeregową ścieżek. Przykład takiego układu ścieżek pokazano na **rysunku 1**. Można tam dostrzec jeszcze jeden element, który odpowiada za filtrowanie napięcia – koralik ferrytowy. Jest to prosty element indukcyjny, wykonany z fragmentu ferrytu (nieprzewodząca ceramika wytwarzana z tlenków niklu, cynku, manganu lub innych związków), który jest niesamowicie przydatny w filtrowaniu zasilania.

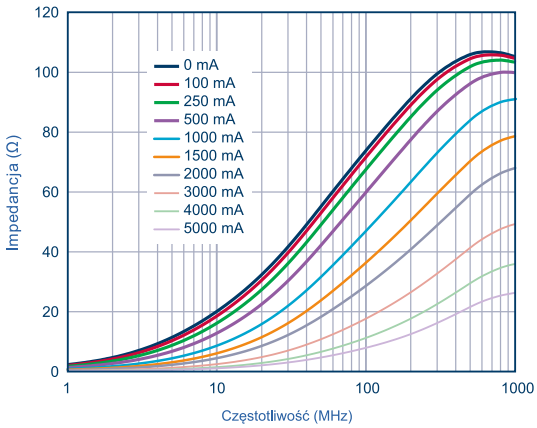
Koraliki ferrytowe

Przy niskich częstotliwościach (<100 kHz) ferryty mają charakter indukcyjny, dlatego są przydatne w dolnoprzepustowych filtrach filtrujących LC. Powyżej 100 kHz ferryty stają się głównie rezystancyjne (niskie Q). Impedancja ferrytu jest funkcją materiału, zakresu częstotliwości pracy, prądu polaryzacji stałoprądowej, liczby zwojów, rozmiaru, kształtu i temperatury. Przykładowy koralik ferrytowy SMD, wraz z przekrojem, pokazano na **rysunku 2**.

Koraliki ferrytowe nie zawsze są konieczne, ale zapewniają dodatkową izolację i filtrowanie zasilania od szumów o wysokiej częstotliwości, co jest często bardzo pożądane. Głównym problemem przy ich stosowaniu jest szansa ich nasycania, szczególnie w momencie, gdy zasilany układ pobiera spory prąd. Kiedy ferryt ulega nasyceniu, wtedy staje się nieliniowy i traci swoje właściwości filtrujące.



Rysunek 2. Zależność impedancji |Z| koralika ferrytowego od częstotliwości dla różnych materiałów rdzenia. Poniżej charakterystyki znajduje się przekrój koralika ferrytowego SMD wraz z oznaczonym rdzeniem



Rysunek 3. Wykres impedancji koralika ferrytowego w funkcji częstotliwości dla różnych poziomów prądu stałego, płynącego przez koralik

Na **rysunku 3** pokazano rodzinę krzywych – zależności impedancji od częstotliwości, dla tego samego elementu dla różnych prądów stałych, płynących przez element. Widać na nim, iż im wyższy prąd, tym impedancja jest niższa.

Indukcyjność a częstotliwość

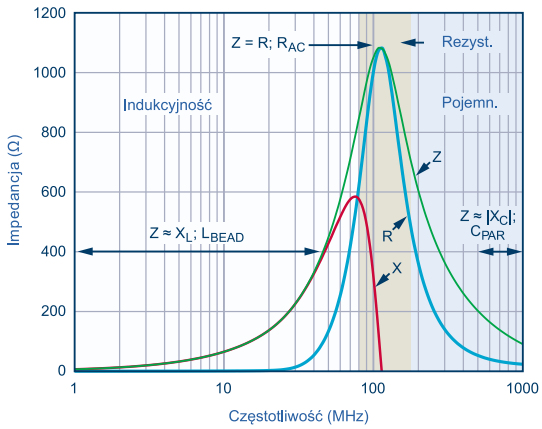
Niektóre ferryty, nawet zanim nastąpi pełne nasycenie, mogą zachowywać się nieliniowo. Dlatego też, jeśli wymagany jest stopień mocy przystosowany do pracy z niskim poziomem zniekształceń wyjściowych, należy koralik sprawdzić w prototypie, zwłaszcza to, jak działa w pobliżu obszaru nasycenia. Typowy przebieg impedancji koralików ferrytowych pokazano na rysunku 2. Kształt tej krzywej zależny jest od materiału rdzenia – ferrytu – jaki zastosowano do konstrukcji koralika. Linią przerywaną pokazano zależność impedancji dla idealnej indukcyjności 1 μH.

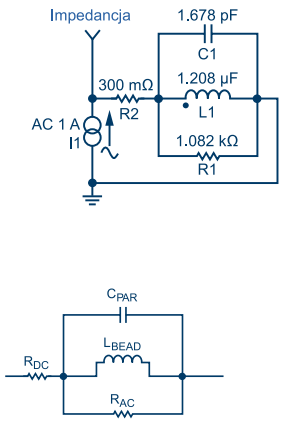
Uproszczony model i symulacja koralików ferrytowych

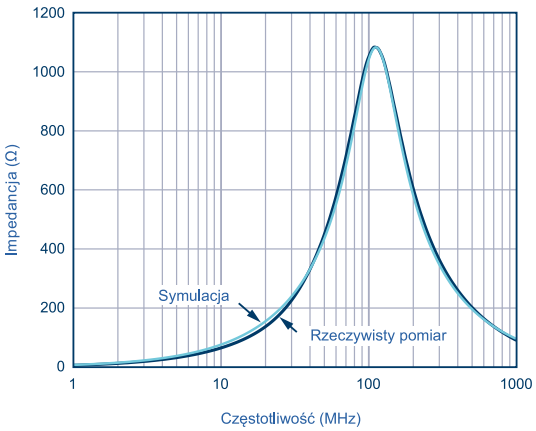
Koralik ferrytowy można modelować jako obwód składający się z rezystorów, cewki indukcyjnej i kondensatora, jak pokazano na schemacie z **rysunku 4**. Rezystancja R_{DC} odpowiada rezystancji stałoprądowej. C_{PAR}, L_{BEAD} i R_{AC} to, odpowiednio, pojemność pasożytnicza, indukcyjność koralika i rezystancja stałoprądowa – straty rdzenia w koraliku.

Charakterystyka koralika ferrytowego jest podzielona na trzy obszary odpowiedzi: indukcyjny, rezystancyjny i pojemnościowy. Regiony te można określić, patrząc na wykres Z, R i X (pokazane

eprasa.pl 9df22a5208







Rysunek 4. Uproszczony model obwodu i wykres składowych (Z, R oraz X) impedancji dla przykładowego koralika (Tyco Electronics BMB2A1000LN2)

Rysunek 5. Schemat modelu koralika ferrytowego z rysunku 4 oraz porównanie modelowanego zachowania z symulacji względem schematu zastępczego i zmierzonej zależności impedancji od częstotliwości dla przykładowego koralika ferrytowego

na rysunku 4), gdzie Z to impedancja, R to opór, a X to reaktancja koralika. Aby zredukować szum wysokiej częstości, koralik musi znajdować się w obszarze rezystancyjnym. Wtedy element ten działa jak rezystor, który tłumi szumy o wysokiej częstotliwości i rozprasza je w postaci ciepła. Obszar rezystancyjny występuje powyżej częstotliwości rozgraniczającej (gdzie X = R) i do momentu, w którym koralik przyjmuje charakter pojemnościowy. Ten punkt pojemnościowy występuje przy częstotliwości, w której bezwzględna wartość reaktancji (–X) jest równa rezystancji (–X = R).

W niektórych przypadkach uproszczony model obwodu można wykorzystać do przybliżenia charakterystyki impedancji koralików ferrytowych do zakresu poniżej GHz. Jako przykład użyto wielowarstwowego koralika ferrytowego Tyco Electronics BMB2A1000LN2. Rysunek 4 pokazuje zmierzoną odpowiedź tego elementu dla zerowego prądu polaryzacji przy użyciu analizatora impedancji. Dla obszaru na zmierzonym wykresie, gdzie koralik wydaje się najbardziej indukcyjny (Z ≈ XL; dla L = LBEAD), indukcyjność koralika jest obliczana z następującego równania:

$$L_{BEAD} = \frac{X_L}{2 \times \pi \times f} \quad (2)$$

gdzie:

f – częstotliwość w obszarze indukcyjnym – np. 30,7 MHz dla tego elementu,

X_L – reaktancja przy tej częstotliwości, która wynosi tutaj 233 Ω.

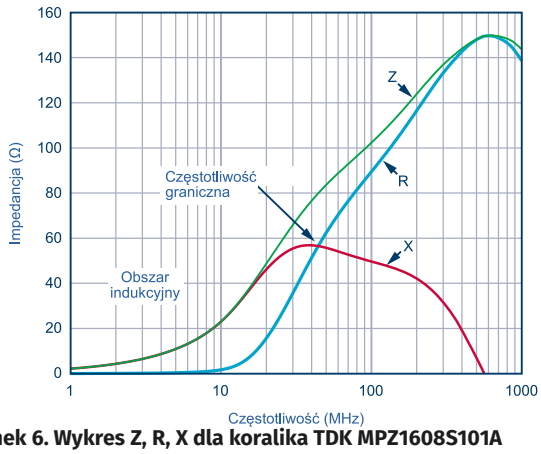
Z **równania 2** wynika, że dla tego elementu LBEAD = 1,208 µH. Z obszaru, gdzie koralik wydaje się mieć własności bardziej pojemnościowe (Z ≈ |XC|; dla C = CPAR), pojemność pasożytnicza wyznaczana jest za pomocą **równania 3**.

$$C_{PAR} = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times |X_C|} \quad (3)$$

gdzie f – częstotliwość w obszarze pojemnościowym, np. 803 MHz,

|XC| – reaktancja przy 803 MHz, która wynosi 118,1 Ω.

Równanie 2 daje wartość pojemności pasożytniczej CPAR = 1,678 pF. Rezystancję stałoprądową RDC, która wynosi 300 mΩ, można odczytać z karty katalogowej. Rezystancja dla prądu przemiennego RAC to szczytowa impedancja, przy której koralik wydaje się czysto rezystancyjny. Wartość RAC można obliczyć, odejmując RDC od zmierzonej wartości Z. Ponieważ RDC jest bardzo małe w porównaniu z impedancją szczytową, można ją pominąć. Dlatego w tym przypadku RAC wynosi 1,082 kΩ. Po uzyskaniu wszystkich wartości można podstawić je do modelu (**rysunek 5**), a następnie zasymulować je w dowolnym pakiecie. Wyniki takiej symulacji wykonane w ADIsimPE zaprezentowane są na charakterystyce z rysunku 5. Do wykresu dodano również przebieg zmierzonej krzywej, aby podkreślić wysoką zbieżność.

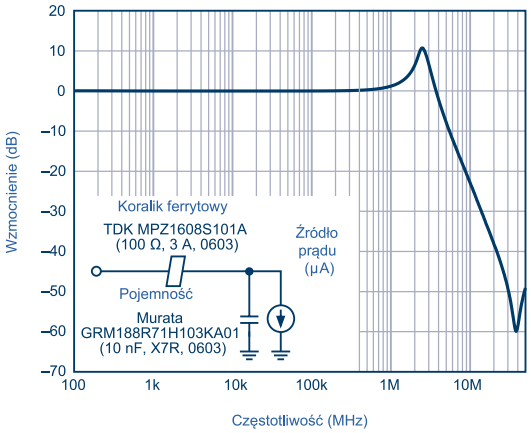


Rysunek 6. Wykres Z, R, X dla koralika TDK MPZ1608S101A

Efekt rezonansu LC

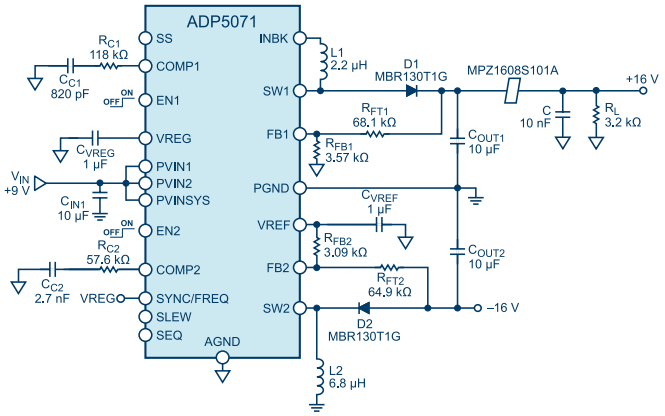
W przypadku zastosowania koralika ferrytowego wraz z kondensatorem filtrującym możliwe jest zaobserwowanie rezonansu w układzie LC. Ten często pomijany efekt może być szkodliwy, ponieważ może wzmacniać tętnienia i szumy w danym systemie, zamiast je tłumić. W wielu przypadkach szczyt ten występuje wokół popularnych częstotliwości przełączania przetwornic impulsowych w systemach zasilania.

Punkt szczytowy rezonansu występuje, gdy częstotliwość rezonansowa filtra dolnoprzepustowego, utworzonego przez indukcyjność koralika ferrytowego i pojemność kondensatora o wysokim współczynniku dobroci, jest niższa od częstotliwości granicznej tego koralika. Powstały filtr jest słabo tłumiony. **Rysunek 6** pokazuje wykres zmierzonej impedancji w funkcji częstotliwości dla koralika TDK

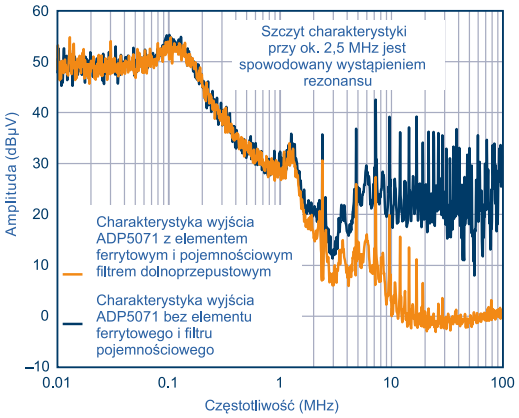


Rysunek 7. Odpowiedź filtra dolnoprzepustowego zestawionego z koralika i kondensatora

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 8. Aplikacja układu ADP5071 z filtrem dolnoprzepustowym z koralika i kondensatora na wyjściu dodatnim



Rysunek 9. Widmo sygnału z wyjścia układu ADP5071 przy obciążeniu 5 mA

MPZ1608S101A. Składnik rezystancyjny, od którego zależy rozproszenie niepożądanej energii, nie staje się istotny, aż do osiągnięcia zakresu od 20 MHz do 30 MHz. Poniżej tej częstotliwości koralik ferrytowy nadal ma bardzo wysokie Q i zachowuje się jak idealna cewka indukcyjna. Częstotliwości rezonansowe typowych filtrów LC tego typu mieszczą się na ogół w zakresie od 0,1 MHz do 10 MHz. W przypadku typowych częstotliwości tętnienia zasilania, będących w zakresie od 300 kHz do 5 MHz, wymagane jest dodatkowe tłumienie, aby zredukować dobroć Q filtra.

Jako przykład tego efektu **rysunek 7** prezentuje odpowiedź częstotliwościową filtra dolnoprzepustowego zbudowanego z koralika i kondensatora. Na wykresie widać efekt szpilki. Zastosowany koralik ferrytowy to TDK MPZ1608S101A (100 Ω, 3 A, SMD0603), a kondensator to Murata GRM188R71H103KA01 o niskim ESR (10 nF, X7R, SMD0603). Prąd obciążenia podczas pomiaru mieści się w zakresie mikroamperów.

Nietłumiony filtr z koralików ferrytowych może wykazywać wartości szczytowe od około 10 dB do 15 dB wyższe, w zależności od dobroci Q obwodu filtra. Na rysunku 6 szczyt występuje przy około 2,5 MHz przy wzmocnieniu aż 10 dB. Dodatkowo widać wzmocnienie sygnału w zakresie od 1 MHz do 3,5 MHz. Ten wzrost jest problematyczny, jeśli występuje w paśmie częstotliwości, w którym działa np. stabilizator impulsowy. Wzmacnia to niepożądane artefakty przełączania, które mogą zakłócać wrażliwe elementy układu, takie jak pętla synchronizacji fazowej (PLL), oscylatory sterowane napięciem (VCO) czy przetworniki analogowo-cyfrowe o wysokiej rozdzielczości (ADC). Wynik pokazany na rysunku 6 został uzyskany przy bardzo małym obciążeniu, ale jest to realistyczne zastosowanie w sekcjach obwodów, które potrzebują tylko do 1 mA prądu. Ten rezonans zwiększa zakłócenia w całym systemie.

Przykład

Na **rysunku 8** zaprezentowano aplikację układu ADP5071 z zaimplementowanym filtrem z koralikiem ferrytowym, a **rysunek 9** zawiera wykres widma sygnału na wyjściu dodatnim. Częstotliwość przełączania jest ustawiona na 2,4 MHz, napięcie wejściowe 9 V, napięcie wyjściowe 16 V, a prąd obciążenia równy jest 5 mA. Szpilka rezonansowa występuje przy około 2,5 MHz ze względu na indukcyjność koralika i pojemność kondensatora ceramicznego 10 nF. Zamiast tłumienia tętnień przy 2,4 MHz występuje ich wzmocnienie o 10 dB!

Metody tłumienia

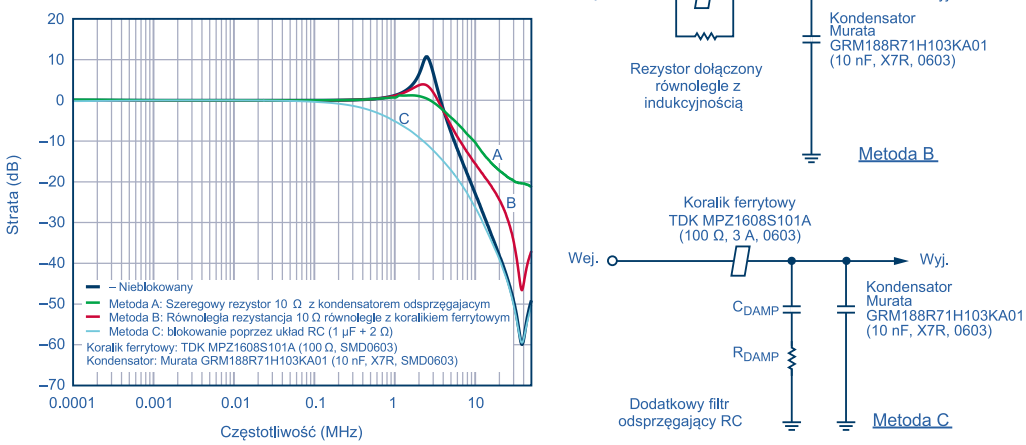
Poniżej opisano trzy metody tłumienia, które można zastosować w celu znacznego zmniejszenia poziomu wzmocnienia w zakresie rezonansu układu LC. Ich schematy oraz charakterystyki zostały pokazane na **rysunku 10**.

Metoda A

Pierwsza, najprostsza metoda polega na dodaniu rezystora szeregowego do kondensatora filtrującego, co tłumi rezonans systemu, ale równocześnie obniża skuteczność filtrowania sygnału, szczególnie przy wysokich częstotliwościach.

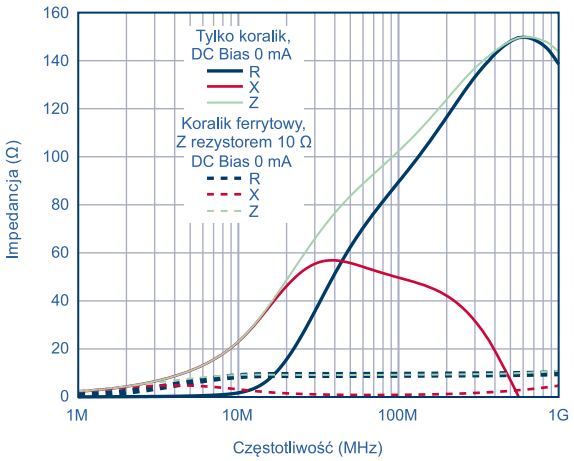
Metoda B

Druga metoda podobna jest do pierwszej i polega na dodaniu równoległego rezystora o niewielkim oporze do koralika ferrytowego, co również tłumi rezonans systemu. Jednak charakterystyka tłumienia takiego filtra jest również zmniejszona przy wysokich częstotliwościach. Na **rysunkach 11** i **12** jest pokazana krzywa impedancji w funkcji częstotliwości dla przykładowego koralika MPZ1608S101A i bez rezystora równoległego 10 Ω. Jasnozielona krzywa przerywana to całkowita impedancja koralika z równoległym rezystorem 10 Ω. Impedancja łączna koralika i rezystora jest znacznie zmniejszona i jest zdominowana przez rezystor 10 Ω. Jednak częstotliwość graniczna równa 3,8 MHz dla koralika z rezystorem równoległym

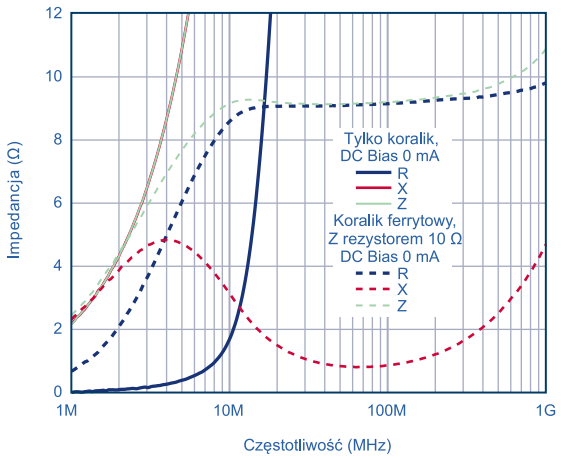


Rysunek 10. Schematy oraz charakterystyki trzech metod tłumienia, które można zastosować w celu znacznego zmniejszenia poziomu wzmocnienia w zakresie rezonansu układu LC

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 11. Wykresy Z, R, X dla koralika MPZ1608S101A



Rysunek 12. Wykresy Z, R, X w układzie z koralikiem MPZ1608S101A i rezystorem 10 Ω (powiększony fragment charakterystyki z rysunku 11)

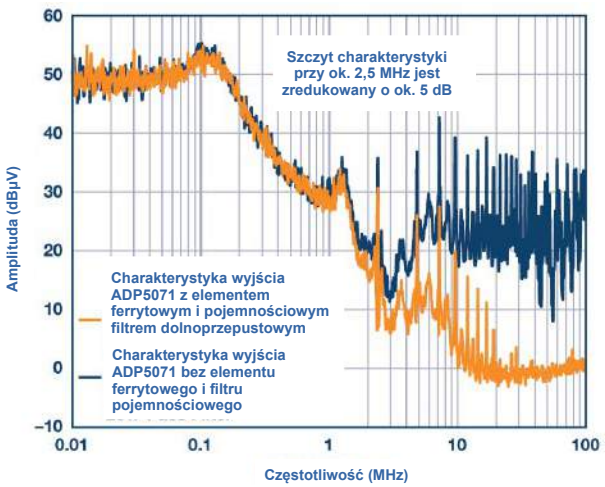
10 Ω jest znacznie niższa niż częstotliwość graniczna samego koralika – wypadająca przy 40,3 MHz. Koralik wydaje się rezystancyjny już w znacznie niższym zakresie częstotliwości, obniżając Q w celu poprawy tłumienia.

Metoda C

Ta metoda polega na dodaniu dużego kondensatora (C_{DAMP}) z szeregowym rezystorem tłumiącym (R_{DAMP}), co często jest optymalnym, ale niekoniecznie najprostszym rozwiązaniem. Dodanie tego kondensatora i rezystora tłumi rezonans systemu i nie obniża skuteczności filtrowania linii zasilania przy wysokich częstotliwościach. Zastosowanie tej metody pozwala uniknąć nadmiernego rozpraszania mocy na rezystorze z powodu dużego kondensatora filtrującego dla napięcia stałego. Kondensator musi być znacznie większy niż suma wszystkich kondensatorów filtrujących, co zmniejsza wymaganą wartość rezystora tłumiącego. Impedancja kondensatora musi być wystarczająco mniejsza niż rezystancja tłumienia przy częstotliwości rezonansowej, aby zredukować rezonans.

Rysunek 13 pokazuje wykres widmowy wyjścia dodatniego z ADP5071 z zaimplementowanym tłumieniem metodą C w obwodzie aplikacyjnym pokazanym na rysunku 8. Zastosowane C_{DAMP} i R_{DAMP} to odpowiednio kondensator ceramiczny 1 µF i rezystor 2 Ω SMD. Podstawowe tętnienie przy 2,4 MHz jest zmniejszone o 5 dB w przeciwieństwie do wzmocnienia 10 dB, pokazanego na rysunku 10.

Ogólnie rzecz biorąc, metoda C jest najbardziej efektywna i jest realizowana przez dodanie rezystora szeregowo z kondensatorem ceramicznym zamiast kupowania drogiego kondensatora tłumiącego. Charakteryzuje ją wysoki stosunek efektu do ceny, mimo najbardziej



Rysunek 13. Widmo wyjścia dodatniego z układu ADP5071 z filtrem dolnoprzepustowym z koralikami i kondensatorami z tłumieniem metodą C

skomplikowanego obwodu. Najbezpieczniejsze projekty zawsze zawierają rezystor, który można modyfikować podczas prototypowania i który można wyeliminować, jeśli nie jest on konieczny. Jedyne wady takiego rozwiązania to dodatkowy koszt komponentów i większa wymagana przestrzeń na PCB.

Podsumowanie

W artykule omówiono kluczowe kwestie, które należy wziąć pod uwagę podczas korzystania z koralików ferrytowych do filtrowania zasilania. Szczegółowo prezentuje on również prosty model obwodu reprezentowanego przez koralik ferrytowy – wyniki symulacji pokazują dobrą korelację z rzeczywistą zmierzoną impedancją w stosunku do odpowiedzi częstotliwościowej przy zerowym prądzie polaryzacji DC. Wpływ ten został opisany, jednak bez szczegółowej analizy zjawiska nasycenia magnetycznego rdzenia, ponieważ wymagałoby to rozbudowanego, oddzielnego artykułu. Pokazano jednak, że prąd polaryzacji DC, większy niż 20% prądu znamionowego, może spowodować istotny spadek indukcyjności. Taki prąd może również zmniejszyć efektywną impedancję koralika i obniżyć jego zdolność do filtrowania zakłóceń.

Używając koralików ferrytowych na liniach zasilających, należy dobrać je do planowanego poboru prądu w układzie, aby prąd nie powodował nasycenia rdzenia i pracy w zakresie nieliniowym. Ponieważ koralik ferrytowy jest indukcyjny, nie należy go używać z kondensatorami filtrującymi o wysokim współczynniku dobroci bez starannej uwagi. Może to wyrządzić więcej szkody niż pożytku, powodując niepożądany rezonans w obwodzie. Metody tłumienia tego rezonansu, zaproponowane w tym artykule, oferują łatwe rozwiązanie dzięki zastosowaniu dużego kondensatora tłumiącego połączonego szeregowo z rezystorem, co pozwala uniknąć niepożądanego rezonansu. Prawidłowe zastosowanie koralików ferrytowych może być skutecznym i niedrogim sposobem na zmniejszenie szumów o wysokiej częstotliwości i stanów przejściowych przełączania w liniach zasilania i nie tylko.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:

- Sanjay Pithadia, Scot Lester, Ankur Verma, „LDO PSRR Measurement Simplified", TI Application Report SLAA414A (2009, zaktualizowane 2017).
- Walt Kester, „Grounding and Decoupling: Learn Basics Now and Save Yourself Much Grief Later! Part 2: Decoupling", Analog Dialogue 51 (kwiecień 2017).
- Aldrick Limjoco, Jefferson Eco, „Ferrite Beads Demystified", Analog Dialogue 50 (luty 2016).

eprasa.pl 9df22a5208

Ulubiony Kiosk

Pobierz bezpłatnie multimedialne dodatki do tego wydania Elektroniki Praktycznej

Projekty, miniprojekty, materiały do artykułów i kursów oraz wiele innych!

* **Kupiłeś magazyn** w Ulubionym Kiosku lub masz prenumeratę? Multimedialne dodatki będą odblokowane automatycznie!

* **Zakupiłeś czasopismo** u zewnętrznego dystrybutora? Odblokuj bibliotekę multimediów samodzielnie.

Szczegóły na **UlubionyKiosk.pl/media**

eprasa.pl 9df22a5208

Choinka świąteczna obserwująca domowników

Sympatycznie jest siedzieć dookoła świątecznej choinki i obserwować ją z całą rodziną. Pamiętajcie jednak – im bardziej patrzycie na choinkę, tym bardziej ona patrzy też na Was. Pokazana w artykule konstrukcja wodzi wzrokiem za domownikami. Do realizacji tego celu zastosowano kompaktowy macierzowy sensor termiczny typu AMG 8833.

Choinka Follow Me podąża za przechodzącym człowiekiem (w promieniu do około 4 metrów od niej). Do wykrywania osób zastosowano kamerę termowizyjną zainstalowaną w module Adafruit oraz moduł Arduino Uno, natomiast poruszanie choinką zrealizowano za pomocą serwomechanizmu. Potrzebnych jest jeszcze kilka komponentów mechanicznych, większość z nich można wyprodukować na drukarce 3D.

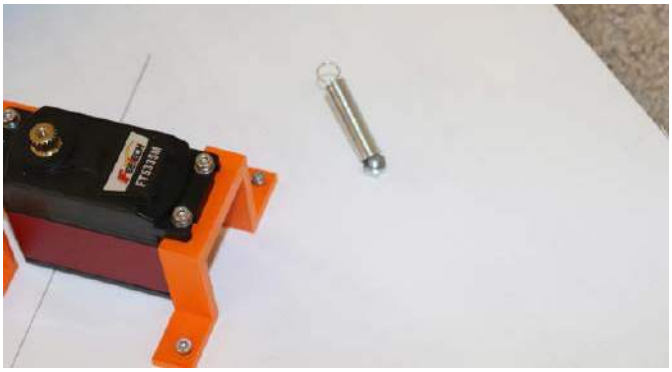
Ta ciekawa konstrukcja pozwala nie tylko na wykonanie nietypowej ozdoby bożonarodzeniowej (z pewnością ciekawszej niż kolejna mrugająca diodami bombka), ale także na zapoznanie się z ciekawym komponentem – matrycowym sensorem temperatury, który pozwala na proste obrazowanie termiczne.

Potrzebne elementy

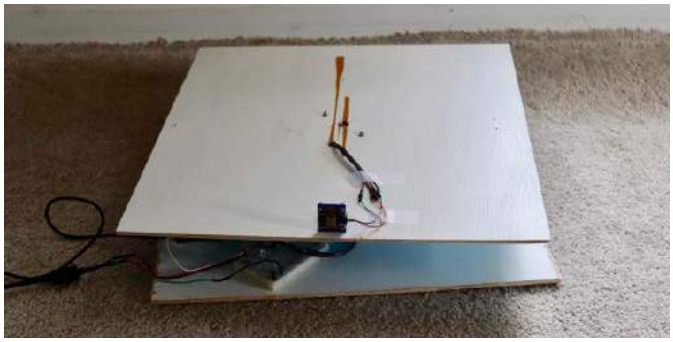
Do budowy tego urządzenia będą potrzebne:

- moduł Arduino Uno,
- moduł kamery termowizyjnej AMG 8833 8×8,

eprasa.pl 9df22a5208



Fotografia 1. Serwomechanizm zamontowany na dolnej sklejce



Fotografia 3. Sensor termowizyjny zainstalowany na górnej płytce mechanizmu

- serwomechanizm FT5335M (można użyć również innego mechanizmu i np. obracającej się na łożysku platformy),
- metalowy mimośród do serwa,
- zasilacz 6 V DC/3 A (do serwomotoru),
- zasilacz 9 V DC/200 mA (dla modułu Arduino),
- 3×dioda LED,
- 3×rezystor 220 Ω,
- arkusz sklejki o grubości 8 mm, o wymiarach około 60×120 cm,
- śruby M3,
- dwie sprężyny 8,7×46 mm,
- niewielka choinka (maksymalnie do 120 cm wysokości),
- elementy do ozdobienia choinki – istotne będą plastikowe poruszające się oczka i materiał, np. filc, do wycięcia elementów twarzy. Oprócz tego oczywiście choinkę ubieramy wedle własnych preferencji – w bombki, łańcuchy itd.
- taśma klejąca, przewody, cyna do lutowania itp.

Układ mechaniczny

Części drukowane w 3D obejmują mocowanie serwomechanizmu i mocowanie czujnika termowizyjnego (aby nie drukować tych części można zastąpić je odpowiednio długimi śrubami oraz małymi klockami drewna, do których zamontowane będą, odpowiednio, serwomechanizm oraz sensor termowizyjny. Jednak najwygodniej będzie skorzystać z drukarki 3D, jeśli mamy do niej dostęp).

Montaż zaczynamy od wycięcia dwóch kwadratów 40×40 cm ze sklejki. Zaznaczamy następnie ich środki i wiercimy w sklejce otwory do zamontowania mimośrodu serwomechanizmu. Do drugiej płyty ze sklejki montujemy serwo za pomocą wydrukowanego w 3D uchwytu lub po prostu kawałka drewna. Zamontowane serwo pokazano na **fotografii 1**. Następnie mocujemy serwomechanizm (z wałem pośrodku drugiego arkusza sklejki). Musimy też zamocować sprężyny (dwie szeregowo) do sklejki, jak pokazano na **fotografii 2**. Sprężyny są potrzebne do utrzymania napięcia obracającego się kawałka sklejki. Bez przyłożonej siły serwosilnik ma tendencję do przesterowania zadanej lokalizacji, którą następnie koryguje, wpadając w ten sposób w oscylacje.

Fotografia 2. Uchwyt na sprężynę napinającą serwo

Finalnie, na górnym fragmencie sklejki instalujemy płytkę z sensorem, korzystając z uchwytu z druku 3D. Układ instalowany jest na skraju jednej ze ścianek, jak pokazano na **fotografii 3**.

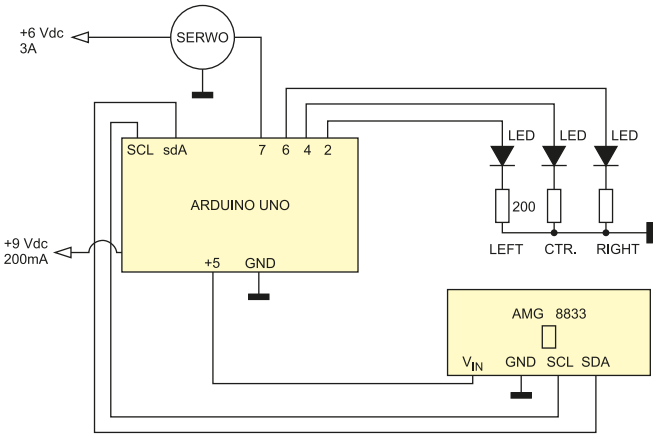
Układ elektroniczny

Na **rysunku 1** pokazany jest schemat układu. System jest bardzo prosty. Arduino Uno i serwomechanizm mają swoje osobne zasilacze. Do Arduino podłączony jest sensor termiczny przez odpowiednie wyprowadzenia interfejsu I²C oraz zasilanie. Dodatkowo dołączone są trzy diody LED. Nie są wymagane, ale będą przydatne do sprawdzenia, czy czujnik dokładnie wykrywa człowieka.

Sensor

Dzięki układowi AMG8833 można łatwo dodać prostą termowizję do swojego projektu. Ten sensor firmy Panasonic to matryca 8×8 czujników termicznych pracujących w podczerwieni. Po podłączeniu do mikrokontrolera układ zwraca macierz 64 indywidualnych odczytów temperatury. Układ ten nie różni się zasadą działania od typowych kamer termowizyjnych, ale jest wystarczająco kompaktowy i prosty, aby można go było łatwo i niedrogo zastosować w hobbystycznych projektach. Element ten mierzy temperatury w zakresie od 0°C do 80°C z dokładnością ±2,5°C. Może wykryć człowieka z odległości do 7 metrów. Dzięki maksymalnej częstotliwości odświeżania 10 Hz idealnie nadaje się do stworzenia własnego detektora ludzi czy minikamery termowizyjnej. W Internecie dostępnych jest również szereg projektów, zawierających ten sensor do mniej lub bardziej poważnych zastosowań.

Do obsługi tego układu stosuje się typowo Arduino – jak w tym projekcie – lub Raspberry Pi z Pythonem. To drugie środowisko, przy użyciu bardziej zaawansowanych narzędzi numerycznych, takich jak biblioteki SciPy czy OpenCV, może osiągać naprawdę dobre rezultaty, takie jak wygładzone obrazy termograficzne, jakie pokazano na **fotografii 4**. W zaprezentowanym systemie w zupełności wystarczyło Arduino.



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

eprasa.pl 9df22a5208

AMG8833 to nowa generacja czujników termicznych IR 8×8 firmy Panasonic, która oferuje wyższą wydajność niż poprzednik – AMG8831. Czujnik obsługuje tylko I²C, ale ma konfigurowalny pin przerwania, który może zadziałać, np. gdy dowolny piksel przekroczy lub spadnie poniżej ustawionego progu temperatury. Aby ułatwić korzystanie z tego sensora, dostępny jest u wielu dostawców w postaci gotowych do podłączenia modułów dla ekosystemu Arduino. Moduły te integrują w sobie stabilizatory napięcia 3,3 V, przesuwniki poziomu do 5 V itp. potrzebne elementy. Dodatkowo, jeśli chcemy uniknąć lutowania, moduły te często wyposażone są w złącza, goldpiny itd. Wybrany w tym projekcie moduł wyposażony jest w złącza Stemma QT (kompatybilne ze SparkFun Qwiic). Za pomocą tych poręcznych

Listing 1. Kod programu w Arduino IDE

```
#include <Servo.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_AMG88xx.h>

Adafruit_AMG88xx amg;  // Obiekt obsługujący sensor

float pixels[64];

float a=0;
float b=0;
float c=0;
float d=0;
float e=.2;   // Im wyższe, tym układ czulszy,

float aa=0;   // Maksimum
float bb=0;
float cc=0;

int aaa=0;    // Licznik do odczytu
int bbb=0;
int cccc=0;
int eee=0;

int z=90;   // Startowa pozycja serwomechanizmu
int y=0;    // Zmiana pozycji serwomechanizmu

Servo motor;  // Obiekt obsługujący serwomechanizm

void setup() {
  motor.attach(7);    // Serwo dołączone do pinu 7
    Serial.begin(9600);
    Serial.println(F("AMG88xx pixels"));
    bool status;
    status = amg.begin();
    Serial.println("-- Pixels Test --");
    Serial.println();
    delay(100);         // Oczekiwanie na uruchomienie sensora
    pinMode (7,OUTPUT);   // Wyjście serwomechanizmu
    pinMode (2,OUTPUT);   // LED obrotu w lewo
    pinMode (4,OUTPUT);   // LED pozycji środkowej
    pinMode (6,OUTPUT);   // LED obrotu w prawo
    digitalWrite(2,HIGH); // Zapalenie LED-ów
    digitalWrite(4,HIGH);
    digitalWrite(6,HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(2,LOW);
    digitalWrite(4,LOW);
    digitalWrite(6,LOW);
}

void loop() {
    // Odczyt całej macierzy z sensoru
    amg.readPixels(pixels);
    // Wyłączenie diod LED
    digitalWrite (2,LOW);
    digitalWrite (4,LOW);
    digitalWrite (6,LOW);
    delay(10);
    for (int i=0; i<=63; i=i+8) {
      d = (pixels[i]);
      a = (a + d);
      if (d > aa) {
        aa = d;
    }
      d = (pixels[(i+1)]);
      a = (a + d);
      if (d > aa) {
        aa = d;
    }
      d = (pixels[(i+2)]);
      a = (a + d);
      if (d > aa) {
        aa = d;
    }
      }
    for (int i=3; i<=63; i=i+8) {
      d = (pixels[i]);
      b = (b + d);
      if (d > bb) {
        bb = d;
    }
      d = (pixels[(i+1)]);
      b = (b + d);
      if (d > bb) {
        bb = d;
    }
      }
    for (int i=5; i<=63; i=i+8) {
      d = (pixels[i]);
      c = (c + d);
      if (d > cc) {
        cc = d;
    }
      d = (pixels[(i+1)]);
      c = (c + d);
      if (d > cc) {
        cc = d;
    }
      d = (pixels[(i+2)]);
      c = (c + d);
      if (d > cc) {
        cc = d;
    }
      }
      // Średnie wartości w grupach
      a=(a/24);
      b=(b/16);
      c=(c/24);

  if (aa > bb && aa > cc) {
    if (aa - a > .9) {
      aaa = aaa + 1;
      bbb = 0;
      cccc = 0;
      if (aaa == 2) {
        aaa = 0;
        // Zapalenie diody LED obrotu w lewo
        digitalWrite (2,HIGH);
        delay(100);
        // Rozpoczynamy obrót w lewo
        y = -4;
        z = (z + y);
        if (z < 20) {
          z = 20;
          }
        if (z > 160) {
          z = 160;
          }
        motor.write(z);
        }
      }
    }

  if (bb > aa && bb > cc) {
    if (bb - b>.4) {
      bbb = bbb + 1;
      aaa = 0;
      cccc = 0;
      if (bbb == 2) {
        bbb = 0;
        // Zapalenie diody pozycji środkowej
        digitalWrite (4,HIGH);
        delay(100);
        // Brak ruchu serwomechanizmu
        y = 0;
        z = (z + y);
        if (z < 20) {
          z = 20;
          }
        if (z > 160) {
          z = 160;
          }
        motor.write(z);
        }
      }
    }

  if ((cc > aa) && (cc > bb)) {
    if (cc - c > 1.2) {
      cccc = cccc + 1;
      aaa = 0;
      bbb = 0;
      if (cccc == 2) {
        cccc = 0;
        // Zapalenie diody LED obrotu w prawo
        digitalWrite (6,HIGH);
        delay(100);
        // Rozpoczynamy obrót w prawo
        y = 4;
        z = (z + y);
        if (z < 20) {
          z = 20;
          }
        if (z > 160) {
          z = 160;
          }
        motor.write(z);
        }
      }
    }
  // Konieczne są dwa odczyty pod rząd
  // aby ruszyć choinką
  eee = eee + 1;
  if (eee == 2) {
    eee = 0;
    aaa = 0;
    bbb = 0;
    cccc = 0;
    }
  a = 0;
  b = 0;
  c = 0;
  aa = 0;
  bb = 0;
  cc = 0;
}
```

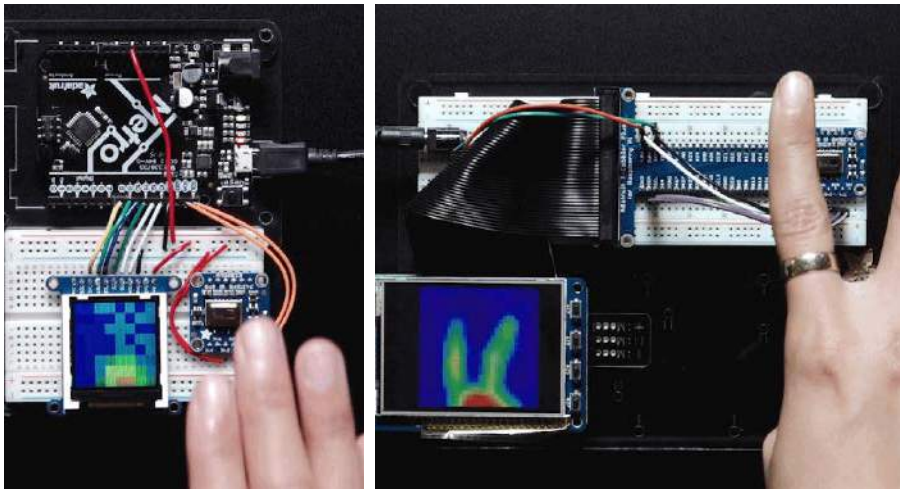

eprasa.pl 9df22a5208

złączy można po prostu podłączyć czujnik bez konieczności lutowania.

Firmware

W Internecie jest wiele przykładowych implementacji oprogramowania obsługującego ten moduł. Dostępna jest także biblioteka, która pozwala na prostą obsługę tego sensora termowizyjnego w zaledwie kilku wierszach kodu. Pierwszym krokiem jest zainstalowanie biblioteki *Adafruit_AMG88xx*, aby Arduino rozpoznało czujnik termiczny. Czujnik termiczny używa biblioteki I²C (*Wire.h*) do komunikacji z Arduino. Na **listingu 1** zaprezentowano kod aplikacji, jaką zastosowano w choince.

Algorytm zaszyty w firmware jest bardzo prosty. W pierwszej sekcji programu – *setup()* – konfigurowane są wszystkie podzespoły układu. Druga sekcja – *loop()*, jak sama nazwa wskazuje, działa w nieskończonej pętli. Algorytm detekcji obiektów zaszyty jest w tej drugiej sekcji. Oblicza on średnią wartość temperatury w trzech różnych strefach sensora. To, w którą stronę przemieści się choinka (o ile w ogóle), zależne jest od wartości temperatury w tych strefach. Aby detektor choinki był bardziej odporny na zakłócenia itp., konieczne są dwa odczyty z rzędu.



Fotografia 4. Surowy obraz zbierany z sensora przez Arduino (po lewej), wygładzony obraz, generowany przez Raspberry Pi z oprogramowaniem w Pythonie (po prawej)

Podsumowanie

Choinkę ubieramy wedle własnego uznania i preferencji. Montujemy ją do sklejkowej podstawy, autor zastosował w tym celu taśmę klejącą (którą możemy ukryć pod np. sztucznym śniegiem z waty), ale każda metoda trwałego montażu będzie dobra. Na koniec do już ubranej i umocowanej choinki montujemy elementy twarzy i oczy. Elementy te powinniśmy zamontować w takim samym kierunku, w jakim patrzy sensor termiczny, aby układ najmocniej sprawiał wrażenie, że oczka naklejone na choince patrzą tam, gdzie znajduje się źródło ciepła.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:
https://www.instructables.com/Follow-Me-Christmas-Tree/
https://bit.ly/3VDkOOF
https://bit.ly/3H269b9

REKLAMA

eprasa.pl 9df22a5208

Bezprzewodowy czujnik poziomu wody

Urządzenia Internetu Rzeczy to nie zawsze zaawansowane, sterowane głosem układy automatyki domowej. Elementem IoT jest też prosty czujnik poziomu wody w zbiorniku, dołączony do domowej sieci Wi-Fi. W artykule opisano właśnie takie urządzenie, które dodatkowo może sterować pompą elektryczną.

W artykule zaprezentujemy bezprzewodowy kontroler poziomu wody, bazujący na mikrokontrolerach ESP32 oraz ESP8266. Układ został wyposażony w zabezpieczenie napięciowe i prądowe, aby chronić silnik pompy i wyeliminować ryzyko awarii. Do przesyłu danych zastosowano protokół ESP-NOW. Kluczowe cechy systemu – założenia projektowe autora, to:

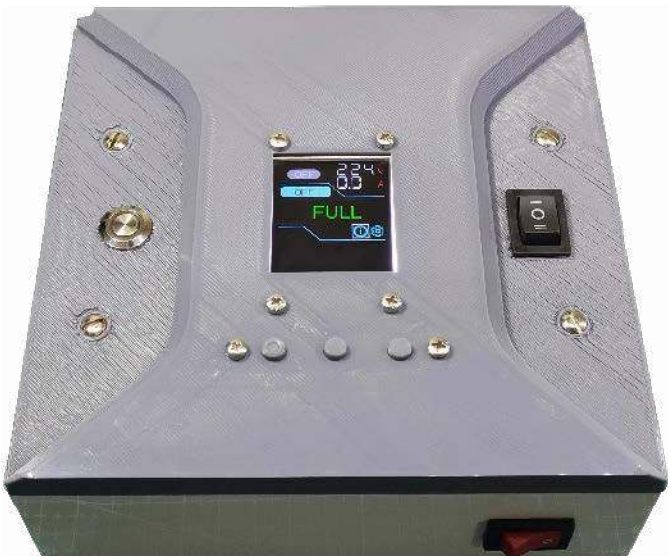
- komunikacja bezprzewodowa,
- ochrona przed przepięciami i zapadami napięcia,
- ochrona przed przeciążeniem i pracą pompy na sucho,
- wbudowane przyciski do konfiguracji systemu,
- możliwość zapisu ustawień w pamięci flash,
- wyświetlacz TFT o przekątnej 1,8 cala,
- pomiar i prezentacja danych takich jak napięcie, prąd, moc i współczynnik mocy silnika pompy,
- przełącznik wyboru trybu pracy,
- przycisk do dopełniania zbiornika.

Dlaczego regulator poziomu wody?

Dla autora głównym celem budowy tego sterownika jest sterowanie napełnianiem zbiornika wody, gdy jego stan spada do 50% pojemności. Prezentowane tutaj urządzenie jest drugą wersją kontrolera. Wcześniejszy system zawierał wodoodporny czujnik ultradźwiękowy do pomiaru poziomu wody. Kontroler używany był przez rok. Głównym problemem tamtego urządzenia było tworzenie się kropel wody na powierzchni przetwornika ultradźwiękowego, co powodowało fałszywe odczyty. Zwykle działo się tak w czasie deszczu. Jako że zbiornik na wodę stał w trudno dostępnym miejscu, wspinanie się i czyszczenie czujnika ultradźwiękowego w deszczową pogodę było naprawdę problematyczne. Potrzebne było niezawodne i trwałe rozwiązanie.

Autor rozważał początkowo jakiś inny, bardziej zaawansowany czujnik poziomu wody, np. sensor ciśnienia, jednak z uwagi na brak dostępności tego rodzaju sensorów w miejscu zamieszkania zdecydował się finalnie na klasyczny pływak, aktywujący się, gdy poziom wody osiągnie 50%. Kluczową zmianą, względem poprzedniej generacji urządzenia, było przejście na komunikację bezprzewodową. W poprzedniej wersji zastosowano kabel CAT 6 do podłączenia czujnika ultradźwiękowego do sterownika, ale przy długości 50 metrów podłączenie było dosyć trudne z uwagi na problemy elektryczne (duża długość przewodu) i praktyczne (doprowadzenie 50 metrów przewodu od sterownika do zbiornika wody nie jest trywialne).

W nowym kontrolerze autor zastosował protokół ESP-NOW do przesyłania danych. Używa on układu ESP32U w module odbiornika i ESP07S w module nadajnika. W teście uzyskano zasięg prawie 450 metrów (w linii wzroku), umieszczając nadajnik na szczycie budynku, co jest naprawdę dobrym osiągnięciem, biorąc pod uwagę fakt, że nie są używane żadne zewnętrzne moduły bezprzewodowe. Inną nową cechą sterownika jest ochrona przed wysokim i niskim napięciem,



przeciążeniem i suchobiegiem. Zabezpieczenie przed przeciążeniem i suchobiegiem działa poprzez pomiar poboru prądu silnika. Gdy silnik pracuje na sucho, pobór prądu znacznie się zmniejsza. Z użyciem biblioteki Emonlib do pomiaru napięcia i prądu monitorowana jest praca i status pompy.

Potrzebne elementy

Nadajnik

Do budowy nadajnika potrzebne będą następujące elementy:

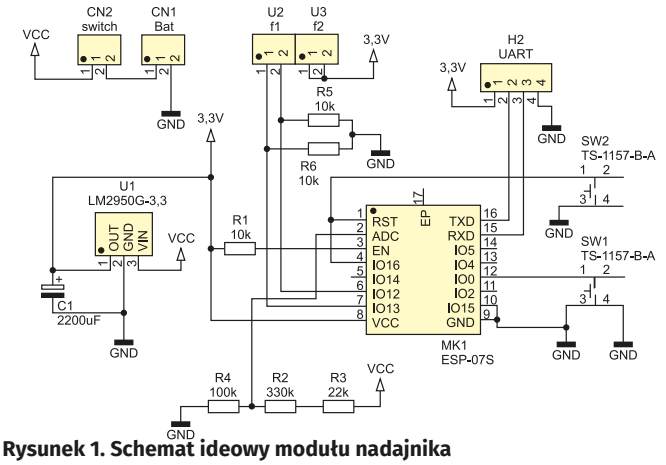
- moduł z mikrokontrolerem ESP 07S,
- antena dla modułu z ESP,
- stabilizator LDO LM2950G-3.3,
- przyciski (microswitche) SMD – 2 sztuki,
- kondensator elektrolityczny 2200 μF,
- oporniki 10 kΩ/SMD0805 (3 sztuki),
- opornik 100 kΩ/SMD0805,
- opornik 330 kΩ/SMD0805,
- opornik 22 kΩ/SMD0805,
- złącze śrubowe na PCB,
- złącze RMC,
- ogniwo 18650,
- moduł ładowarki TP4056,
- czujnik pływakowy,
- przełącznik pływakowy P43 (do funkcji dopełniania zbiornika),
- wodoodporna obudowa,
- ogniwo słoneczne 5 V,
- płytka drukowana.

Odbiornik

Do zestawienia odbiornika potrzebne nam będą:

- moduł z mikrokontrolerem ESP32U,
- antena dla modułu z ESP,
- stabilizator AMS1117-3.3,
- tranzystor MOSFET AO3400,
- przycisk (microswitch) SMD – 2 sztuki,
- wyświetlacz TFT o przekątnej 1,7 cala ze sterownikiem ST7735,

eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 1. Schemat ideowy modułu nadajnika

- trójpozycyjny przełącznik kołyskowy,
- dwupozycyjny przełącznik kołyskowy,
- przycisk dwupozycyjny z diodą LED,
- przekaźnik 5 V ze stykami do 40 A,
- sensor do pomiaru prądu (do 25 A),
- transformator pomiarowy ZMPT101B do pomiaru napięcia,
- złącza RMC,
- złącze śrubowe do PCB,
- dioda 1N4007,
- kondensator elektrolityczny 10 μF (3 sztuki),
- kondensator 100 nF w obudowie SMD0805,
- kondensator 4,7 μF w obudowie SMD1206 (2 sztuki),
- opornik 82 kΩ o mocy 1 W,
- rezystor 10 kΩ w obudowie SMD0805 (9 sztuk),
- rezystor 1 kΩ w obudowie SMD0805,
- rezystor 470 kΩ w obudowie SMD0805,
- rezystor 220 kΩ w obudowie SMD0805,
- wodoodporna obudowa,
- śruby M3,
- płytka drukowana.

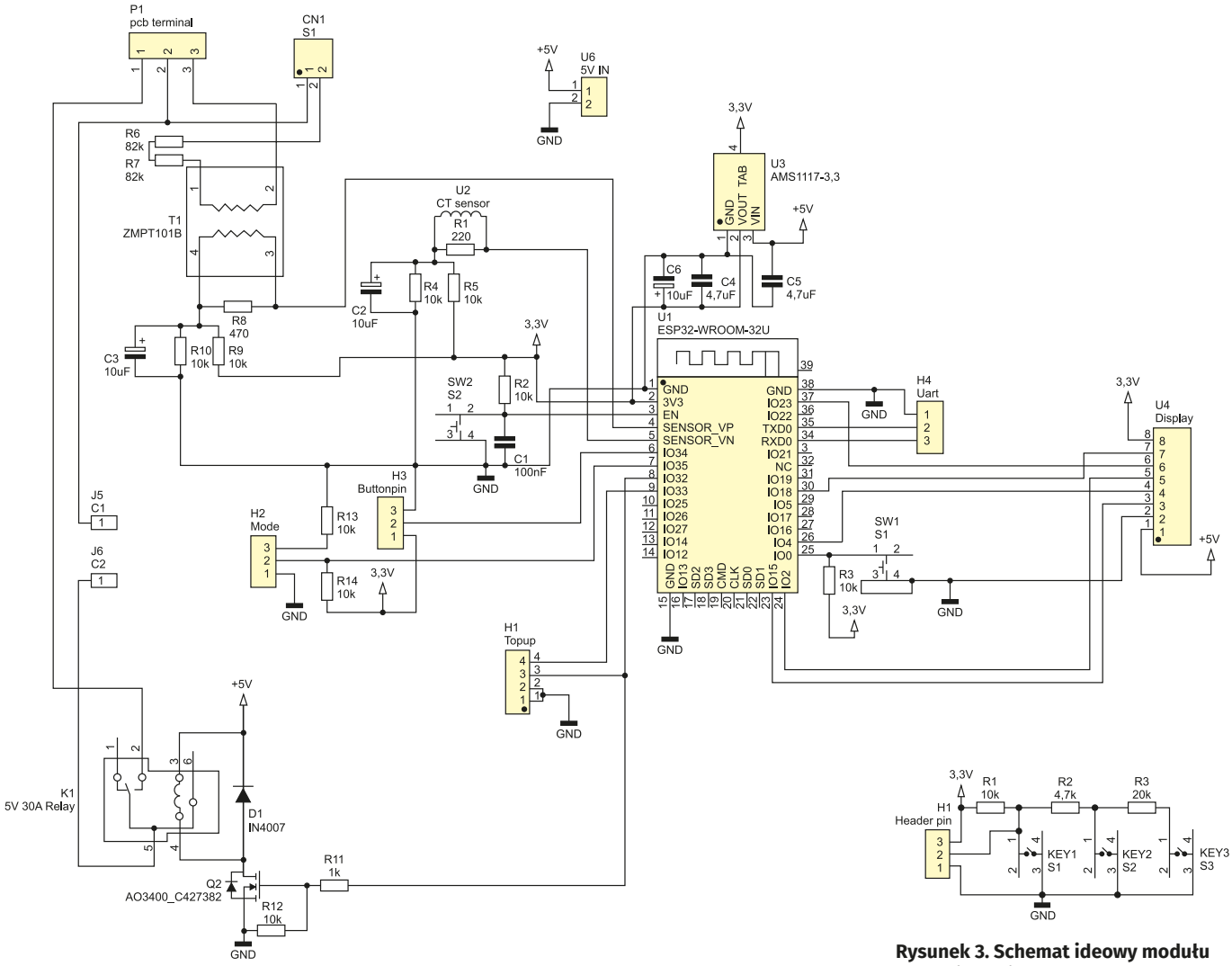
Natomiast do zestawienia dodatkowej płytki z przyciskami, którą podłącza się do sterownika, potrzebne są:

- przyciski (microswitche) SMD – 3 sztuki,
- rezystor 10 kΩ w obudowie SMD0805,
- rezystor 4,7 kΩ w obudowie SMD0805,
- rezystor 20 kΩ w obudowie SMD0805,
- płytka drukowana.

Budowa układu

Autor zaprojektował dla układu 3 płytki drukowane: nadajnik, odbiornik i płytka z przyciskami. Ich schematy pokazane są odpowiednio na **rysunku 1**, **rysunku 2** oraz **rysunku 3**. Płytki zostały wykonane w oprogramowaniu EasyEDA. Dostęp do tego pakietu (w chmurze) jest bezpłatny dla hobbystów, więc każdy może otworzyć i edytować te projekty. Jest to szczególnie istotne, jeśli chcemy zamawiać je w zakładzie produkcyjnym, gdyż pozwala to na zmodyfikowanie projektu pod kątem specyficznych wymagań danego, konkretnego zakładu.

Ponadto, z poziomu EasyEDA można wygenerować wszystkie niezbędne pliki produkcyjne – pliki Gerber, odwiert (pliki dla drukarki numerycznej), a także pliki dla frezarek, dokumentacja do produkcji



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu odbiornika

Rysunek 3. Schemat ideowy modułu z przyciskami

eprasa.pl 9df22a5208

Listing 1. Fragment oprogramowania układowego nadajnika

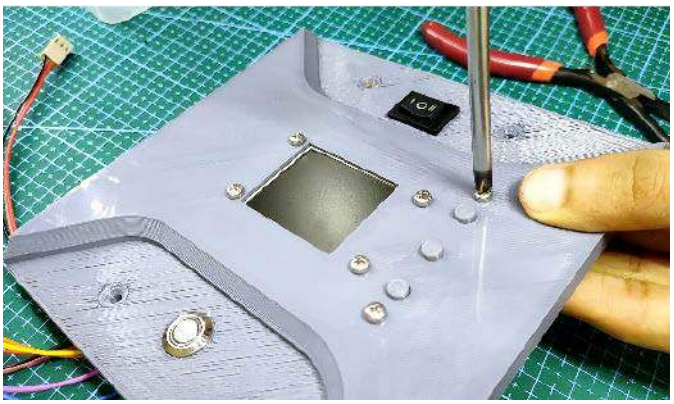
```
C#include <ESP8266WiFi.h>
#include <espnow.h>

#define NUM_SAMPLES 10

int float_switch1_pin = 13;
int float_switch2_pin = 12;
int float_switch1;
int float_switch2;

// Adres MAC odbiornika
uint8_t broadcastAddress[] = {0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF};
int sum = 0;
unsigned char sample_count = 0;

// Przykładowa struktura do przesyłu danych
typedef struct struct_message {
  int Float_switch1;
  int Float_switch2;
  int a;
  float BatV;
} struct_message;

// Wiadomość o zdefiniowanej strukturze
struct_message myData;

// Odwołanie po wysłaniu danych
void OnDataSent(uint8_t *mac_addr, uint8_t sendStatus) {
  Serial.print("Last Packet Send Status: ");
  if (sendStatus == 0) {
    Serial.println("Delivery success");
  } else {
    Serial.println("Delivery fail");
  }
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(float_switch1_pin, INPUT);
  pinMode(float_switch2_pin, INPUT);
  WiFi.mode(WIFI_STA);

  // Inicjalizacja ESP-NOW
  if (esp_now_init() != 0) {
    Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
    return;
  }
  // Definicja roli urządzenia
  esp_now_set_self_role(ESP_NOW_ROLE_CONTROLLER);
  // Rejestracja call-backu
  esp_now_register_send_cb(OnDataSent);
  // Rejestracja nadajnika w sieci ESP-NOW
  esp_now_add_peer(broadcastAddress, ESP_NOW_ROLE_SLAVE, 1, NULL,
0);
}

void loop() {
  // Odczyt stanu pływaków
  float_switch1 = digitalRead(float_switch1_pin);
  float_switch2 = digitalRead(float_switch2_pin);
  // Przesłanie stanu do struktury danych
  myData.Float_switch1 = float_switch1;
  myData.Float_switch2 = float_switch2;
  myData.a = 1;

  while (sample_count < NUM_SAMPLES) {
    // Odczyt napięcia baterii
    sum += analogRead(A0);
    sample_count++;
    delay(10);
  }
  // Średnie napięcie baterii
  myData.BatV = ((float)sum / (float)NUM_SAMPLES * 1) / 1024.0;
  sample_count = 0;
  sum = 0;

  // Wysłanie danych przez ESP-NOW
  esp_now_send(broadcastAddress, (uint8_t *) &myData,
sizeof(myData));

  ESP.deepSleep(20000000, WAKE_NO_RFCAL);
  delay(100);
}
```

Listing 2. Fragment oprogramowania układowego odbiornika

```
TFT_eSPI tft = TFT_eSPI();

Preferences preferences;

// Przykładowa struktura do przesyłu danych
typedef struct struct_message {
  int Float_switch1;
  int Float_switch2;
  int a;
  float BatV;
} struct_message;

 // Wiadomość o zdefiniowanej strukturze
struct_message myData;


// Odwołanie po odebraniu danych
void OnDataRecv(const uint8_t * mac,
                const uint8_t *incomingData,
                 int len) {
  memcpy(&myData, incomingData, sizeof(myData));
  Serial.print("Bytes received: ");
  Serial.println(len);
  Serial.print("Int: ");
  Serial.println(myData.a);
  Serial.print("Battery voltage: ");
  Serial.println(myData.BatV * Batv_Calib);
  Serial.print("float1: ");
  Serial.println(float_switch1);
  Serial.print("float2: ");
  Serial.println(float_switch2);
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.mode(WIFI_STA);

  // Konfiguracja ustawień
  preferences.begin("settings", false);
  Vmax      = preferences.getInt("value", 250);
  Vmin      = preferences.getInt("value1", 180);
  Imax      = preferences.getFloat("value2", 5.2);
  Imin      = preferences.getFloat("value3", 3.8);
  Delay     = preferences.getInt("value4", 5);
  V_Cutoff  = preferences.getInt("value5", 0);
  I_Cutoff  = preferences.getInt("value6", 0);
  RST_Delay = preferences.getInt("value7", 1);

  // Inicjalizacja ESP-NOW
  if (esp_now_init() != ESP_OK) {
    Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
    return;
  }

  // Rejestracja call-backu
  esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);
  // Inicjalizacja ekranu
  tft.init();
  tft.fillScreen(TFT_BLACK);
  pinMode(relaypin, OUTPUT);
  pinMode(topup_pin, INPUT_PULLUP);
  myData.Float_switch2 = 0;
  // Napięcie: kalibracja, przesunięcier fazowe
  emon1.voltage(voltagepin, 346, 1.7);
  // Prąd: kalibracja
  emon1.current(currentpin, 11.261);

}

void loop() {
  unsigned long currentTime = millis();

  float_switch1 = myData.Float_switch1;
  float_switch2 = myData.Float_switch2;
  modepinvalue = analogRead(modepin);
  topup_value  = digitalRead(topup_pin);
  readbutton();  // Odczyt przycisków
  options();   // Ustawianie opcji
  // Oblicza liczbę [przejść napięcia przez zero
  emon1.calcVI(20, 2000);
  voltage = emon1.Vrms;

  // (...) – pełna zaimplementowana automatyka ograniczeń,
  // uzalezniona od konkretnej instalacji
  // Przykładowy kod automatyki, z oryginalnego systemu,
  // dostępny jest na stronie z projektem

  pointer1 = constrain(pointer1, 20, 132);
  pointer2 = constrain(pointer2, 0, 0);
  Vmax        = constrain(Vmax, 0, 325);
  Vmin        = constrain(Vmin, 0, 325);
  Imax        = constrain(Imax, 0, 13);
  Imin        = constrain(Imin, 0, 13);
  Delay       = constrain(Delay, 0, 60);
  RST_Delay   = constrain(RST_Delay, 0, 60);

  // Wyświetlenie odpowiedniego ekranu
  switch (screen) {
    case 0:
      screen_0();
      break;
    case 1:
      screen_1();
      break;
    case 2:
      screen_2();
      break;
    case 3:
      screen_3();
      break;
  }

  // Zapis danych do pamięci
  preferences.putInt("value", Vmax);
  preferences.putInt("value1", Vmin);
  preferences.putFloat("value2", Imax);
  preferences.putFloat("value3", Imin);
  preferences.putInt("value4", Delay);
  preferences.putInt("value5", V_Cutoff);
  preferences.putInt("value6", I_Cutoff);
  preferences.putInt("value7", RST_Delay);
}
```


eprasa.pl 9df22a5208

```
Listing 3. Prosty program wyświetlający adres MAC modułu

#include <WiFi.h>

void setup(){
  Serial.begin(115200);
  Serial.println();
  Serial.print("ESP Board MAC Address:  ");
  Serial.println(WiFi.macAddress());
}
```



Fotografia 1. Panel przedni urządzenia, wykonany w technice druku 3D

masek do nakładania pasty lutowniczej itd. Można wygenerować też zestaw plików dla maszyn pick & place, aby możliwy był montaż automatyczny płytek. Linki do projektów płytek znajdują się w artykule źródłowym (patrz linki na końcu artykułu). Po wykonaniu płytek PCB należy przylutować w pierwszej kolejności wszystkie elementy SMD, a następnie elementy przewlekane.

Oprogramowanie

Oprogramowanie korzysta z protokołu ESP-NOW do transmisji danych pomiędzy sensorem a odbiornikiem. ESP-NOW to protokół opracowany przez firmę Espressif do komunikacji pomiędzy jej urządzeniami z wykorzystaniem sieci bezprzewodowej, ale bez konieczności instalacji routera w sieci Wi-Fi. Istotnie upraszcza to implementację systemu, a także samo oprogramowanie – wystarczy skorzystać z odpowiednich bibliotek.

Fragment kodu programu nadajnika pokazuje **listing 1**, a dla odbiornika **listing 2**. Pełne oprogramowanie dostępne jest na stronie z projektem. Zanim kod ten zostanie wprowadzony do Arduino IDE, skompilowany i wgrany do odpowiednich modułów, konieczne jest zainstalowanie wsparcia dla tych układów (ESP8266 oraz ESP32) i wymaganych bibliotek:

- TFT_eSPI: https://github.com/Bodmer/TFT_eSPI,
- Preferences: https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/preferences/,
- EmonLib-esp32: https://github.com/Savjee/EmonLib-esp32.

Następnie należy skonfigurować bibliotekę TFT_eSPI do współpracy z układem ESP32. W pliku User_Setup.h, będącym częścią biblioteki, należy zmienić wybrane sterowniki oraz zdefiniować piny, do których podłączony jest sterownik wyświetlacza TFT. W źródłowym artykule znajduje się link do tutoriala dokładnie objaśniający, jak należy korzystać z tej biblioteki. Przed przesłaniem kodu do ESP07S (nadajnika – listing 1) należy wprowadzić adres MAC odbiornika. Adres MAC odbiornika można poznać, wgrywając do modułu ekstremalnie prosty szkic, który zwróci przez port szeregowy adres MAC, pokazany na **listingu 3**.

Budowa

Autor do zamknięcia odbiornika wykorzystał komercyjną obudowę z PCV z pokrywką, wykonaną w technice druku 3D. W pokrywce umieszczony jest wyświetlacz i przyciski (**fotografia 1**). W obudowie umieszczono wszystkie komponenty wraz z zasilaczem 5 V,

Fotografia 2. Wnętrze odbiornika

Fotografia 3. Obudowa modułu sensora

podłączonym do sieci 230 V. Przewód fazowy i neutralny podłączone są do zacisku śrubowego płytki drukowanej, a jeden przewód silnika przechodzi do normalnie rozwartego styku przekaźnika, drugi jest natomiast podłączony do przewodu neutralnego (**fotografia 2**). Obudowa głównego modułu sensora pokazana jest na **fotografii 3**. W otworach przewodów nadajnika zastosowano silikon RTV, aby zapobiec przedostawaniu się wody do środka.

Działanie układu

W systemie zastosowano dwa wyłączniki pływakowe. Gdy pierwszy (czerwony) wyłącznik pływakowy jest w niskiej pozycji, silnik włącza się automatycznie, a gdy jest w wysokiej pozycji, silnik wyłącza się automatycznie. Więc po co drugi (biały) pływak? Służy do realizacji funkcji uzupełniania. Biały wyłącznik pływakowy znajduje się tuż pod rurą przelewową. Jeśli chcemy napełnić zbiornik, ale czerwony pływak jest nadal w pozycji wysokiej, można nacisnąć przycisk doładowania, a silnik wyłączy się automatycznie, gdy woda dotknie białego przełącznika pływakowego. Ten kontroler ma 3 tryby: AUTO, OFF, MANUAL. Tryb ręczny jest jak normalny przełącznik, który włącza silnik. W tym trybie silnik nie ma żadnych zabezpieczeń.

Do menu ustawień można wejść tylko po przełączeniu w tryb OFF. W ustawieniach można zdefiniować maksymalne bezpieczne poziomy napięcia i prądu silnika, a także zdefiniować opóźnienia w systemie, sterować stanem zabezpieczenia napięciowego i prądowego oraz opóźnieniem przy resecie systemu. Menu informacyjne pokazuje na wyświetlaczu układu aktualne napięcie, prąd, moc, współczynnik mocy i napięcie akumulatora nadajnika.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:
- http://bit.ly/3UhKqif
- https://oshwlab.com/electronics220903/wlc-v2
- https://oshwlab.com/electronics220903/wlc-transmitter
- https://oshwlab.com/electronics220903/button_breakout_board

eprasa.pl 9df22a5208

Stacja meteo, czyli czyszczenie szuflad (1)

Jednym z wymogów stawianych konstruktorom urządzeń elektronicznych jest jak najkrótszy czas powstawania prototypu, a potem urządzenia końcowego. Wynika to ze sporego kosztu pracy konstruktów i programistów, ale też z dużej konkurencji i szybkiego starzenia się układów bazujących na mikrokontrolerach. Jednym z etapów pracy nad projektem jest wybór i testowanie elementów składowych tak, aby spełniały założenia konstrukcyjne. Raz użyte moduły najczęściej lądują w szufladach czy na regałach i po pewnym czasie może się uzbierać sporo dobrego sprzętu, z którym najczęściej nie wiadomo, co zrobić.

Korzystanie z gotowych modułów mikrokontrolerów z wbudowanymi programatorami/debuggerami, modułów czujników, zegarów czy innych niezbędnych peryferii pozwala skrócić czas testowania wstępnego. Łączy się je na próbę i jeżeli układ spełnia założenia, to projektuje się prototyp na płytce PCB. Komponenty zalegające w szufladzie przy odrobinie chęci można zastosować w przydatnych urządzeniach. Opisywana stacja meteo jest przykładem budowy urządzenia według założenia, że użyte są tylko części z moich zasobów nagromadzonych w szufladach.

Stacja meteo, założenia projektowe

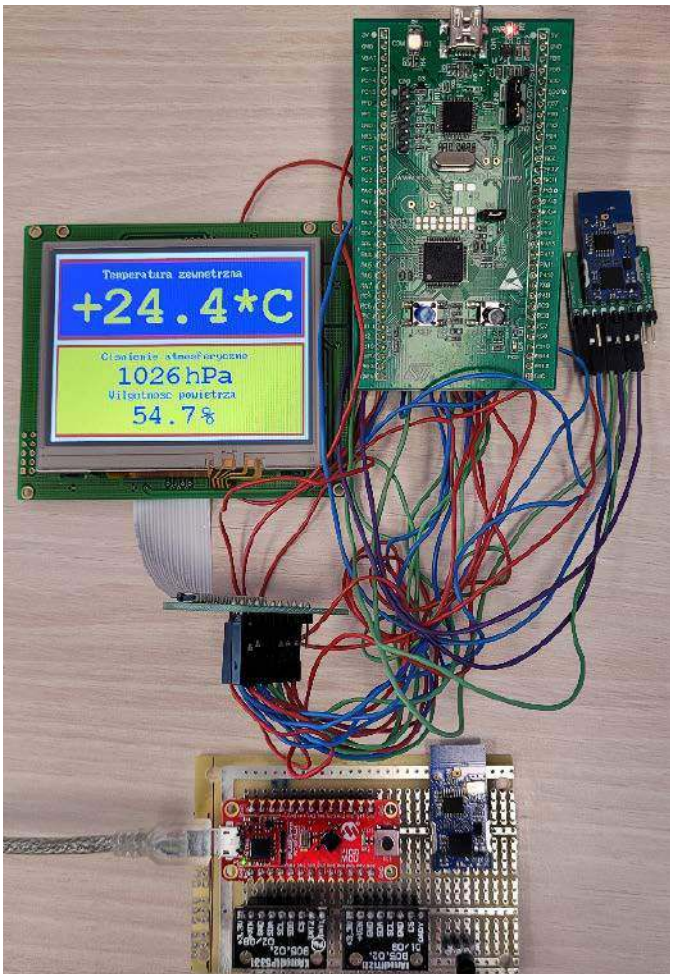
Urządzenie będzie zbudowane z dwu podstawowych elementów: układu wyświetlającego mierzone wielkości pogodowe i układu czujników zewnętrznych, zamontowanego na zewnątrz. Oba układy będą połączone dwukierunkowym łączem radiowym (half duplex) pracującym w paśmie ISM. Łącze umożliwia wysyłanie komend wyzwalających wykonywanie pomiarów i przesłanie informacji zwrotnej z wykonanymi pomiarami. W pierwszym etapie będą wykonywane pomiary zewnętrzne: ciśnienia atmosferycznego, wilgotności powietrza i temperatury zewnętrznej. Planowane jest następnie dołączenie czujnika zanieczyszczenia powietrza (smogu). Układ z wyświetlaczem ma za zadanie wyświetlać przesłane pomiary na kolorowym wyświetlaczu TFT oraz mierzyć temperaturę wewnętrzną i w dalszej kolejności czas za pomocą zewnętrznego modułu RTC z podtrzymaniem bateryjnym.

Część pierwsza – układ czujników zewnętrznych

Opisywanie stacji meteo zaczniemy trochę nietypowo, bo od układu czujników zewnętrznych. Zastosowane czujniki to dwa moduły produkowane przez firmę Kamami:

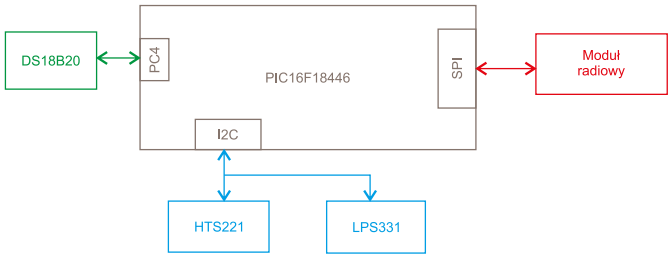
- KAmodLPS331 z wbudowanym czujnikiem ciśnienia LPS331 produkcji STM,
- KAmodHTS221 z wbudowanym czujnikiem wilgotności HTS221 produkcji STM.

W obu modułach wybrano do komunikacji z mikrokontrolerem magistralę I²C. Jest też możliwość komunikacji przez magistralę SPI. Pomimo że oba te czujniki mierzą temperaturę otoczenia, do pomiaru temperatury zewnętrznej wybrałem niezależny czujnik DS18B20 z magistralą 1-wire. Komplikuje to oprogramowanie, ale daje możliwość łatwego zainstalowania czujnika poza obudową i przez to dużo bardziej wiarygodny pomiar temperatury.



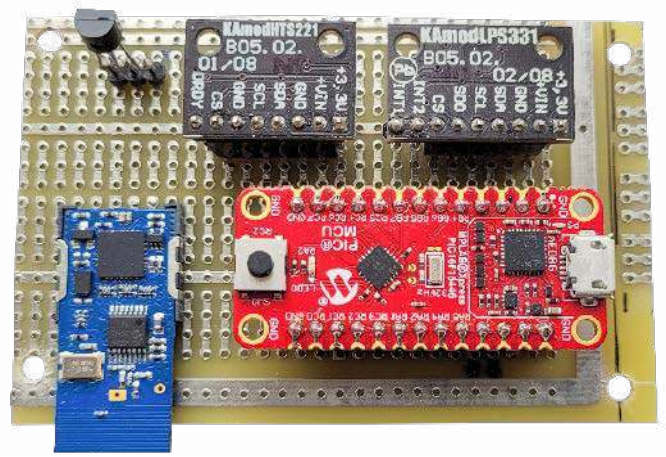
Za komunikację ze wszystkimi czujnikami oraz modułem łącza radiowego odpowiada moduł ewaluacyjny MPLAB Xpress Evaluation Board z mikrokontrolerem PIC16F18446. Łącze radiowe to dwa moduły TR52D czeskiego systemu łączności IQRF. Nie są już produkowane i nie są polecane do nowych zastosowań, ale są dalej wspierane przez producenta i można je z powodzeniem stosować. TR52D komunikuje się z mikrokontrolerem przez magistralę SPI.

Schemat blokowy połączenia wszystkich modułów został pokazany na **rysunku 1**. Testowy układ został zmontowany na kawału płytki uniwersalnej (**fotografia 1**). Wszystkie połączenia wykonano drutem w izolacji (kynar). Całość jest zasilana napięciem +5 V przez złącze USB

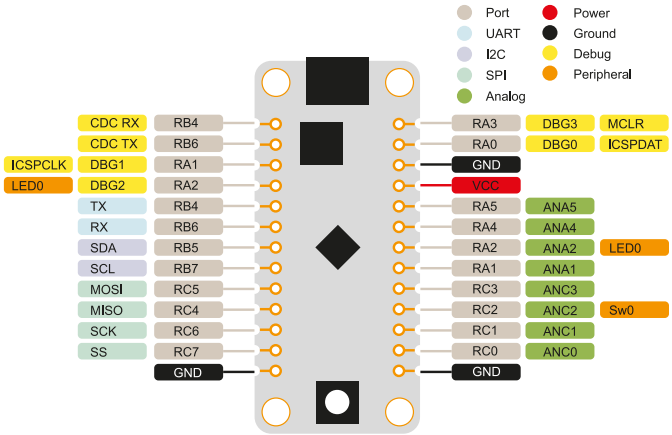


Rysunek 1. Schemat blokowy modułu czujników zewnętrznych

eprasa.pl 9df22a5208



Fotografia 1. Prototypowy moduł z czujnikami zewnętrznymi stacji pogodowej

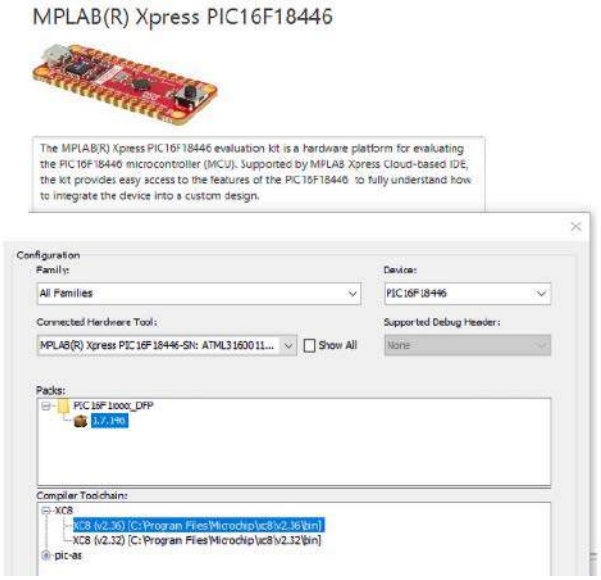


Rysunek 2. Wyprowadzenia modułu MPLAB Xpress PIC16F18446 Evaluation Board

modułu mikrokontrolera, a wewnętrzny stabilizator modułu dostarcza napięcia +3,3 V zasilającego wszystkie układy czujnika zewnętrznego. Czujnik DS18B20 jest przylutowany na czas testów bezpośrednio do wyprowadzeń na płytce. Docelowo będzie podłączony kablem o długości ok. 1 m i umieszczony na zewnątrz obudowy.

Moduł mikrokontrolera, środowisko projektowe

Moduł mikrokontrolera to jak już wspomniałem MPLAB Xpress PIC16F18446 Evaluation Board. Jest to mała płytka o wymiarach 20×45 mm z wyprowadzeniami umieszczonymi na brzegu dłuższych krawędzi – **rysunek 2**. Pola lutownicze wyprowadzeń są rozmieszczone co 2,54 mm i możliwe jest wlutowanie standardowych goldpinów o takim rastrze. Ja wlutowałem goldpiny z cienkimi kołkami o przekroju kołowym. Wtedy moduł można połączyć z płytką poprzez podstawkę precyzyjną DIP40.



Rysunek 4. Moduł MPLAB Xpress PIC16F18446 Evaluation Board wykryty i gotowy do pracy w projekcie MPLAB X

Na płytce oprócz mikrokontrolera jest umieszczony programator/debugger nDEBUG z interfejsem USB. Co ciekawe, nDEBUG jest zbudowany na bazie 32-bitowego mikrokontrolera ATSAMD21 z 32-bitowym rdzeniem ARM Cortex M0+. Na płytce umieszczono również stabilizator napięcia +3,3 V zasilany napięciem +5 V ze złącza USB. Napięcie +3,3 V zasila mikrokontroler, ale również układy sensorów ciśnienia wilgotności i temperatury.

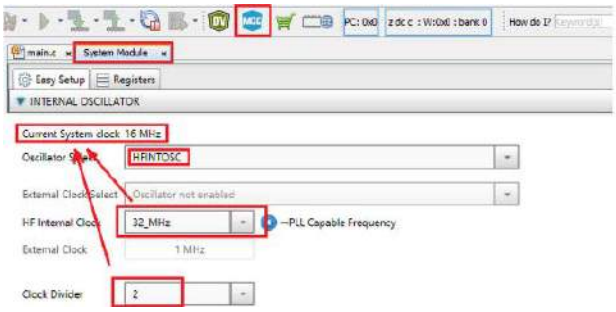
Mikrokontroler PIC16F18446 zgodnie z tym, co powiedziałem na początku, nie był specjalnie dobierany do wymagań projektu. Został zastosowany, bo był dostępny, ale również dlatego, że jego zasoby pozwalały na realizację stawianych mu zadań. A te zasoby jak na 8-bitowy mikrokontroler z prostym rdzeniem są dość spore. Rdzeń może być taktowany z częstotliwością do 32 MHz, pamięć programu FLASH ma wielkość 28 kB (16 ksłów), pamięć użytkowania RAM ma rozmiar 1 kB i dodatkowo nieulotna pamięć danych EEPROM mieści 256 bajtów. Z bogatego zestawu układów peryferyjnych, cyfrowych i analogowych (**rysunek 3**), wykorzystamy tylko dwa moduły komunikacyjne MSSP i jeden timer. Jeden z modułów MSSP zostanie zaprogramowany do pracy jako interfejs I²C, a drugi jako interfejs SPI. Moduł MPLAB Xpress PIC16F18446 Evaluation Board jest wypierany przez środowisko projektowe MPLAB X IDE. W momencie pisania programu pracowałem na wersji v5.50. Po podłączeniu przez USB MPLAB X IDE wykrywa moduł i umieszcza na liście dostępnych narzędzi (**rysunek 4**). Można go używać jako programator lub debugger co znacznie ułatwia uruchamianie programu w układzie z dołączonymi płytkami sensorów.

Kolejną zaletą wybranego mikrokontrolera jest to, że jest stosunkowo nowy i ma wsparcie konfiguratora MCC (MPLAB Code Configurator).

Device	Program Flash Memory (KW)	Program Flash Memory (Kbytes)	EEPROM (B)	RAM (B)	I/O's(1)	12-bit ADC² (ch)	5-bit DAC	Comparators	CWG	Clock Ref	Timers (8/16-bit)	CCP	PWM	NCO	EUSART	MSSP (I²C/SPI)	CLC	DSM	PPS	XLP	PMD	WWDT	MAP	DIA	ICD(2)
PIC16(L)F18446	16	28	256	2048	18	17	1	2	2	1	4/4	4	2	1	1	2	4	1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	I

Rysunek 3. Zasoby mikrokontrolera PIC16F18446

eprasa.pl 9df22a5208

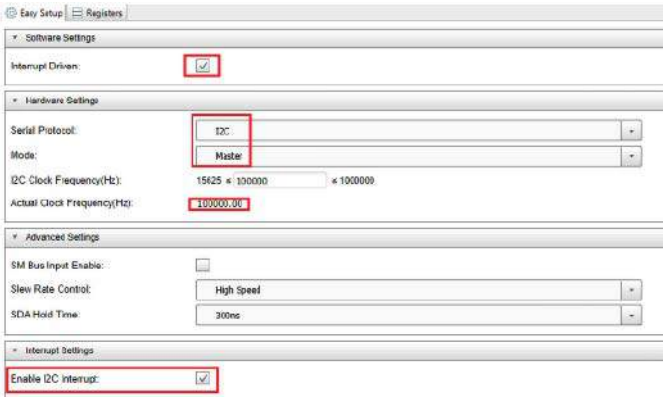


Rysunek 5. Konfiguracja częstotliwości taktowania układu PIC16F18446

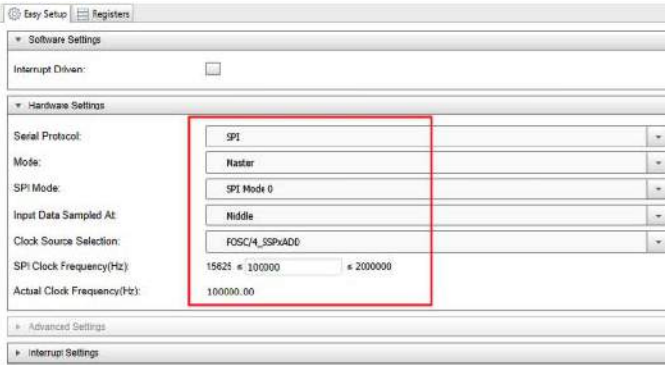
Piszę o tym, bo nie jest to takie oczywiste. Microchip usuwa wsparcie dla starszych mikrokontrolerów i modułów ewaluacyjnych w kolejnych wydaniach MPALB X IDE i wtyczki MCC. O ile MCC można jakoś przeboleć, bo przecież obsługę układów peryferyjnych można sobie napisać samemu, to brak obsługi driverów USB dla modułów ewaluacyjnych jest problemem. Przekonałem się o tym przy okazji próby użycia w tym projekcie modułu PIC32 USB Starter kit II. Tu jednak na razie mamy pełne wsparcie i możemy korzystać i z modułu, i z generatora kodu dla układów peryferyjnych MCC.

Kod obsługi sensorów będzie analizowany przy okazji opisu modułów sensorów. Tutaj pokażę, jak skonfigurować bity konfiguracyjne, taktowanie mikrokontrolera i układy komunikacyjne MSSP1 i MSSP2 w konfiguratorze MCC. Na **rysunku 5** pokazano konfigurację częstotliwości taktowania wykonywaną w zakładce System module wtyczki MCC. Źródłem zegara taktującego jest wewnętrzny oscylator RC o częstotliwości 32 MHz. Ta częstotliwość jest dzielona przez 2 i rdzeń oraz układy peryferyjne są taktowane częstotliwością 16 MHz. Bity konfiguracyjne można zapisywać w zakładce Configuration Bits (**rysunek 6**).

W kolejnym kroku skonfigurujemy sprzętowy interfejs I²C Master przeznaczony do komunikacji z modułami KAmodHTS221 i KAmodLPS331. Do tego celu użyjemy uniwersalnego modułu komunikacyjnego MSSP1. Moduły MSSP mogą pracować jako interfejsy I²C, lub SPI. Moduł MSSP1 został skonfigurowany jako interfejs I²C (**rysunek 7**). W oknie Serial Protocol wybieramy I²C, tryb Master i częstotliwość zegara 100 kHz. Istotnym wyborem jest zaznaczenia opcji Interrupt Driven. Kod obsługi interfejsu I²C może bazować na przerwaniach od tego interfejsu. Cała obsługa pracuje wtedy w tle. Jest to dość skomplikowana część kodu wykorzystująca najprawdopodobniej coś w rodzaju maszyny stanów. Najprawdopodobniej, bo kod wygenerowany przez MCC nie zawiera żadnych komentarzy. Nie są komentowane procedury obsługi przerwania, co jakoś można przeboleć, ale nie istnieje żaden komentarz opisujący, jak używać procedur komunikacji z urządzeniami slave. Nie wspomnę, że nie ma jakiejkolwiek instrukcji do generowanych bibliotek. Microchip dostarcza kod, co ważne działający, ale zdaje się mówić: bierz, używaj i nie zawracaj głowy. Kiedy szukałem w Internecie informacji na temat generowanego kodu, to takich szukających było wielu. Równie wielu było zdziwionych taką sytuacją, bo kiedyś tak nie było. Ktoś wysnuł teorię, że kod jest samokomentujący, bo jest tak prosty, że nie ma konieczności go komentować. Trudno się z tym zgodzić. Ostatecznie jakoś się udało i co ważne, wygenerowane procedury działają bez problemu.



Rysunek 7. Konfiguracja interfejsu I²C (MSSP1)

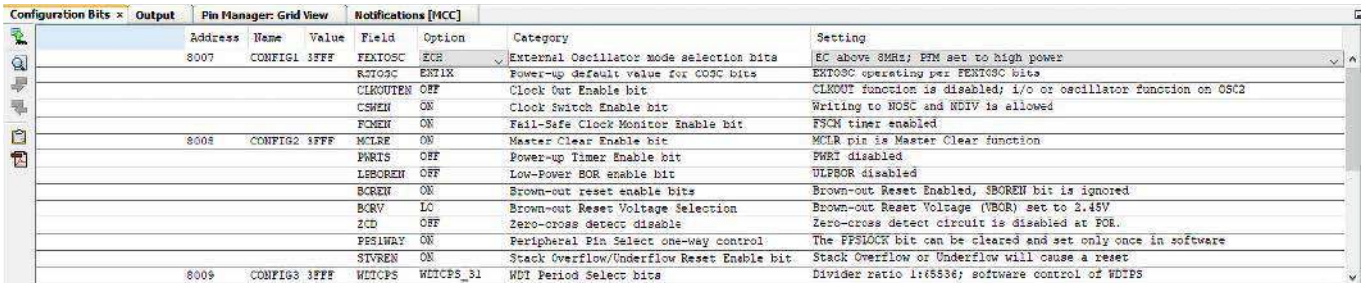


Rysunek 8. Konfiguracja interfejsu SPI (MSSP2)

Moduł MSSP2 został skonfigurowany jako interfejs SPI Master i będzie przeznaczony do komunikacji z modułem radiowym (**rysunek 8**). Drivery interfejsu SPI pracującego w trybie Master nie przewidują pracy w tle z wykorzystaniem przerwań. Dlatego nie może być zaznaczona opcja Interrupt Driven. SPI może pracować w różnych trybach. Microchip je opisuje jako MODE0…MODE 3. Wybieramy SPI Mode 0, próbkowanie danych odbieranych w środku czasu trwania aktywnego poziomu sygnału zegarowego. Ostatnim ustawieniem jest częstotliwość zegara określająca prędkość transmisji danych. SPI jest szybkim interfejsem, ale wymagania TR-52 ograniczają maksymalną prędkość transmisji do 250 kb/s. Podobnie jak w przypadku I²C generowany kod praktycznie nie jest komentowany i nie ma do niego żadnej dokumentacji.

Do kompilowania kodu użyjemy bezpłatnej wersji kompilatora MPLAB XC8. Jest w pełni funkcjonalna i nie ma ograniczeń licencji do wykorzystania komercyjnego. Ograniczeniem jest istotne okrojenie możliwości optymalizacji kodu, zarówno jeżeli chodzi o jego rozmiar, jak i szybkość wykonywania. W naszym przypadku nie ma to żadnego znaczenia.

W kolejnej części artykułu omówię sprzętowe i programowe zagadnienia dotyczące działania i komunikacji z zastosowanymi modułami. Jak opisałem na wstępie – stacja meteo jest przykładem budowy urządzenia z części nagromadzonych w szufladach. Dokładne wyjaśnienie działania pozwoli na samodzielną adaptację innych komponentów, które znajdują się w innych szufladach.



Configuration Bits × | Output | Pin Manager: Grid View | Notifications [MCC]

Address	Name	Value	Field	Option	Category	Setting
8007	CONFIG1	3FFF	FEXTOSC	ECH	External Oscillator mode selection bits	EC above 8MHz; PFM set to high power
			RSTOSC	EXT1X	Power-up default value for COSC bits	EXTOSC operating per FEXTOSC bits
			CLKOUTEN	OFF	Clock Out Enable bit	CLKOUT function is disabled; i/o or oscillator function on OSC2
			CSWEN	ON	Clock Switch Enable bit	Writing to NOSC and NDIV is allowed
			FCMEN	ON	Fail-Safe Clock Monitor Enable bit	FSCM timer enabled
8008	CONFIG2	3FFF	MCLRE	ON	Master Clear Enable bit	MCLR pin is Master Clear function
			PWRTS	OFF	Power-up Timer Enable bit	PWRT disabled
			LPBOREN	OFF	Low-Power BOR enable bit	ULPBOR disabled
			BOREN	ON	Brown-out reset enable bits	Brown-out Reset Enabled, SBOREN bit is ignored
			BORV	LO	Brown-out Reset Voltage Selection	Brown-out Reset Voltage (VBOR) set to 2.45V
			ZCD	OFF	Zero-cross detect disable	Zero-cross detect circuit is disabled at POR.
			PPS1WAY	ON	Peripheral Pin Select one-way control	The PPSLOCK bit can be cleared and set only once in software
			STVREN	ON	Stack Overflow/Underflow Reset Enable bit	Stack Overflow or Underflow will cause a reset
8009	CONFIG3	3FFF	WDTCPS	WDTCPS_31	WDT Period Select bits	Divider ratio 1:65536; software control of WDTPS

Rysunek 6. Zakładka z możliwością zamiany bitów konfiguracyjnych

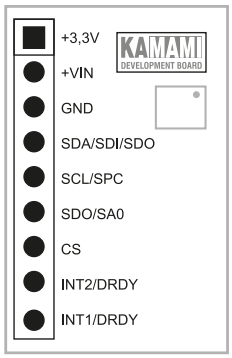
eprasa.pl 9df22a5208

Czujnik ciśnienia KAmodLPS331

Płytka czujnika ciśnienia została pokazana na **rysunku 9**. Ma wymiary 14×15×3 mm, a na dłuższej krawędzi umieszczono punkty lutownicze z wyprowadzeniami w rastrze 2,54 mm. Podstawowym elementem modułu jest czujnik ciśnienia LPS331AP firmy STMicroelectronics, mierzący bezwzględne ciśnienie powietrza w zakresie od 260 do 1260 hPa (mbar). Rozdzielczość pomiaru ustalono na poziomie 0,02 hPa.

Fizycznym czujnikiem ciśnienia jest miniaturowa membrana wykonana w technologii MEMS z użyciem oryginalnego procesu VENSENS opracowanego w firmie STMicroelectronics. Ugięcie membrany powoduje niezrównoważenie rezystancyjnego mostka Wheatstone'a. Napięcie z wyjścia mostka jest wzmacniane przez niskoszumowy wzmacniacz, potem konwertowane przez przetwornik analogowo-cyfrowy o rozdzielczości 24 bitów. Na wyjściu przetwornika zastosowano dolnoprzepustowy filtr antyaliasingowy. Ostatnim stopniem w torze obróbki sygnału jest blok DSP wykonujący kompensację temperaturową mierzonego ciśnienia (**rysunek 10**).

Do kompensowania ciśnienia układ ma wbudowany sensor temperatury. Komunikacja mikrokontrolera z barometrem może być realizowana przez interfejs I²C lub SPI. W naszym przypadku użyjemy interfejsu I²C, który jest włączany przez wymuszenie stanu wysokiego na linii CS. Oprócz linii SDA i SCL układ ma dwa w pełni programowane linie źródeł przerwania INT1 i INT2. Każda z linii może sygnalizować ciśnienie wyższe od progu górnego, ciśnienie niższe od progu dolnego, ciśnienie poza ustawionymi progami (wyższe od progu górnego lub niższe od progu dolnego) oraz gotowość danych do odczytu. Moduł ma możliwość zasilania napięciem z zakresu 2,5…5,5 V. Dwukierunkowe linie danych i zegar wyposażono w układ konwersji poziomów napięć.



Złącze	Funkcja		
JP1	I²C	SPI 3-wire	SPI 4-wire
+3,3V	Zasilanie modułu		
+VIN			
GND			
SDA/SDI/SDO	SDA	SDI/SDO	SDI
SCL/SPC	SCL	SPC	SPC
SDO/SA0	SA0	–	SDO
CS	CS	CS	CS
INT2/DRDY	Wyjście przerwania 2/gotowości danych		
INT1/DRDY	Wyjście przerwania 1/gotowości danych		

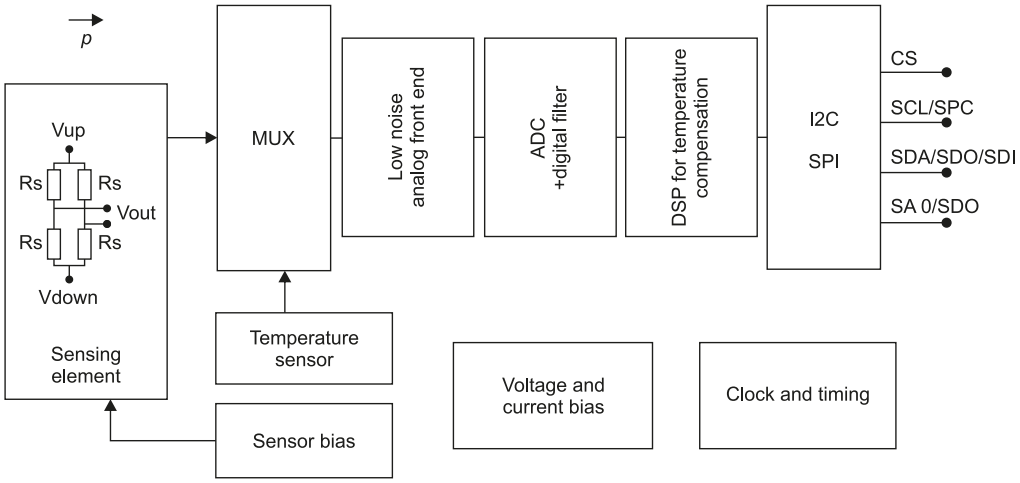
Rysunek 9. Opis wyprowadzeń modułu KAmodLPS331

Interfejs I²C

Układ LPS331 jest na magistrali I²C układem Slave z możliwością ustawienia 2 adresów zależnie od stanu logicznego na wejściu SA0. Dla SA0 = 0 adres jest równy 0xB8 do zapisywania danych i 0xB9 do odczytywania, a dla SA0 = 1 adres jest równy 0xBA do zapisywania danych i 0xBB do odczytywania. W naszym układzie SA0 jest dołączone do źródła zasilania +3,3 V i adresy są równe odpowiednio 0xBA i 0xBB. Układ jest konfigurowany przez zapisywanie zestawu rejestrów. Odczytywane dane: ciśnienie, temperatura, rejestr statusu, są również umieszczone w wewnętrznych rejestrach układu. Żeby zapewnić sobie dostęp do rejestrów, napiszemy dwie funkcje: zapisania rejestru o określonym adresie i odczytania rejestru o określonym adresie. LPS331 ma wbudowany mechanizm autoinkrementacji adresu po odczytaniu rejestru. Aby go uaktywnić, trzeba do najstarszego bitu adresu rejestru wpisać jedynkę. W zaprezentowanych procedurach obsługi barometru, ze względu na czytelność przykładów, autoinkrementacja nie jest używana i każdy rejestr jest adresowany przed odczytaniem.

Sekwencja zapisu danej do rejestru rozpoczyna się od wysłania sekwencji START. Po niej jest wysyłany adres Slave z bitem R/W=0 (0xBA). Po potwierdzeniu adresu przez LPS331 można wysyłać bajt adresu rejestru (subadres) i bajt z zawartością zapisywanego rejestru (**rysunek 11**).

W tym momencie wróćmy na chwilę do procedur generowanych przez MCC. Należy mieć na uwadze, że procedury obsługi interfejsu I²C używają adresu 7-bitowego zgodnie ze specyfikacją standardu I²C. 7-bitowy adres naszego modułu to 0x5D. MCC oprócz pliku i2c1_master.c zawierającego procedury obsługi interfejsu generuje katalog examples z plikiem i2c1_master_example.c. W tym pliku znajdziemy procedurę I²C1_WriteRegister używaną w funkcji zapisywania rejestru LPS331 (**listing 1**).



Rysunek 10. Schemat blokowy układu LPS331

Master	START	Adres Slave		Adres rejestru		Zapisywane dane		STOP
Slave			ACK		ACK		ACK	

Rysunek 11. Sekwencja zapisu rejestru

Master	START	Adres Slave R/W=0		Adres rejestru		Zapisywane dane		START	Adres Slave R/W=1			NACK	STOP
Slave			ACK		ACK		ACK			ACK	Odczytane dane		

Rysunek 12. Sekwencja odczytywania rejestru

eprasa.pl 9df22a5208

Z godną podziwu konsekwencją nie umieszczono tutaj również żadnego opisu funkcjonalnego, a komentarze mówią niewiele, jeżeli cokolwiek. Jedyne, co można stwierdzić na pewno, to że jest to funkcja blokująca i jeżeli coś pójdzie nie tak, to jest blokowany cały program. Z nazwy funkcji można się domyślić, że jest tu wykonywany przez układ Master (mikrokontroler) standardowy transfer po magistrali I²C, pokazany na rysunku 11. Szczęśliwie tak to działa i wystarczy podać w argumentach adres slave, adres rejestru urządzenia slave i 8-bitową wartość przeznaczoną do zapisania w tym rejestrze (**listing 2**).

Listing 1. Procedura zapisania rejestru układu LPS331

```
void LPS331WriteReg(uint8_t addr, uint8_t data){
    I²C1_Write1ByteRegister(LPS_ADD, addr, data);
}
```

Listing 2. Kod procedury zapisania rejestru

```
void I²C1_Write1ByteRegister(i2c1_address_t address, uint8_t reg, uint8_t data){
    while(!I²C1_Open(address)); // sit here until we get the bus..
    I²C1_SetDataCompleteCallback(wr1RegCompleteHandler,&data);
    I²C1_SetBuffer(&reg,1);
    I²C1_SetAddressNackCallback(NULL,NULL); //NACK polling?
    I²C1_MasterWrite();
    while(I²C1_BUSY == I²C1_Close()); // sit here until finished.
}
```

Odczytywanie zawartości rejestru przebiega w dwu etapach. Najpierw master wysyła sekwencję START, adres slave z bitem R/W=0 (0xBA) i bajt adresu rejestru. W drugim etapie jest wysyłana powtórnie sekwencja START, adres slave z bitem R/W=1 (0xBB) i odczytywany jest jeden bajt zawartości zaadresowanego rejestru. Po odczytaniu danych master nie wysyła potwierdzenia i wysyła sekwencję STOP kończącą transfer (**rysunek 12**). Funkcja odczytania zawartości rejestru została pokazana na **listingu 3**, natomiast kod wygenerowany przez MCC został pokazany na **listingu 4**.

Listing 3. Procedura odczytania rejestru układu LPS331

```
char LPS331ReadReg(char addr){
    uint8_t LPS331ReadReg(uint8_t addr){
        uint8_t data;
        data =  I²C1_Read1ByteRegister(LPS_ADD, addr);
        return(data);
    }
}
```

Listing 4. Kod procedury odczytania bajtu z rejestru

```
uint8_t I²C1_Read1ByteRegister(i2c1_address_t address, uint8_t reg){
    uint8_t returnValue = 0x00;

    while(!I²C1_Open(address)); // sit here until we get the bus..
    I²C1_SetDataCompleteCallback(rd1RegCompleteHandler,&returnValue);
    I²C1_SetBuffer(&reg,1);
    I²C1_SetAddressNackCallback(NULL,NULL); //NACK polling?
    I²C1_MasterWrite();
    while(I²C1_BUSY == I²C1_Close()); // sit here until finished.

    return returnValue;
}
```

Rejestry barometru można podzielić na 2 grupy: rejestry konfiguracyjne i rejestry z mierzonymi wartościami ciśnienia i temperatury. Zestawienie wszystkich rejestrów zostało pokazane w **tabeli 1**. Przed wykonywaniem pomiarów barometr powinien być zainicjowany. W pierwszym kroku tej inicjalizacji możemy zmienić domyślne ustawienia precyzji pomiarów. Do tego celu jest przeznaczony rejestr RES_CONF o adresie 0x10 – **tabela 2**. Precyzja pomiaru jest tym wyższa, im większa jest wartość Tavg dla pomiaru temperatury i Pavg dla pomiaru ciśnienia. Ostatnia wartość Pavg = 512 (RES_CONF – 0x7A) nie może być użyta w trybie ciągłego odczytu z częstotliwością 25 Hz (25 odczytów na sekundę – bity ODR2:ODR0 rejestru CTRL_REG1). Wtedy maksymalna wartość RES_CONF jest równa 0x79.

Listing 5. Wyzwalanie pojedynczego pomiaru ciśnienia

```
void LPS331OneShot(void){
    LPS331WriteReg(0x21,1); //One Shot start
    //czekaj na zakończenie pomiaru
    while (LPS331ReadReg (0x21)!= 0);
}
```

Pomiar ciśnienia i temperatury może być wykonywany na żądanie (One Shot) lub w sposób ciągły. Wyboru dokonuje się przez zapisanie rejestru CTRL_REG1 o adresie 0x20 – **tabela 3**. Dla nas istotne są bity: PD, ODR2... ODR0 i BDU. Bit PD jest przeznaczony do wprowadzania układu w stan obniżonego poboru mocy i powrotu do stanu aktywnego. W trybie obniżonego poboru mocy powinien być modyfikowany rejestr RES_CONF.

W czasie testów sprawdzałem działanie trybów pojedynczego wyzwalania pomiarów i ciągłego wyzwalania pomiarów. Tryb pojedynczego wyzwalania ustawia się, wpisując do ODR2:ODR0 wartość zero. Wyzwolenie pomiaru następuje po zapisaniu do rejestru CTRL_REG2 o adresie 0x21 wartości 0x01. Po wykonaniu pomiaru i zapisaniu wyniku do rejestrów ciśnienia i temperatury CTRL_REG2 jest automatycznie zerowany. Procedura wyzwalania pomiaru została pokazana na **listingu 5**. Żeby ten tryb wprowadzić, trzeba wywołać procedurę inicjującą – **listing 6**. Ciągłe odczytywanie pomiarów wymaga zmiany wartości bitów ODR2:ODR0 według zasady podanej w tabeli 3. Na **listingu 7** została pokazana procedura inicjująca ciągły tryb pracy z częstotliwością odświeżania pomiarów równą 1 Hz (1 pomiar na sekundę). Przy ustawieniu bitu BDU mamy pewność, że przy ciągłym odczycie ciśnienia i temperatury wszystkie bajty wyniku pomiaru zarówno ciśnienia, jak i temperatury zawierają wartości z ostatniego pomiaru. Gotowość

Tabela 1. Zestawienie rejestrów układu LPS331

Rejestr	ADRES hex	POR	Funkcja
REF_P_XL	08	0	Najmłodsza część rejestru ciśnienia referencyjnego
REF_P_L	09	0	Środkowa część rejestru ciśnienia referencyjnego
REF_P_XL	0A	0	Najstarsza część rejestru ciśnienia referencyjnego
WHO_AM_I	0F	0xBB	ID układu
RES_CONF	10	0x7A	Rejestr konfiguracji rozdzielczości
CTRL_REG1	20	0	Rejestr kontrolny 1
CTRL_REG2	21	0	Rejestr kontrolny 2
CTRL_REG3	22	0	Rejestr kontrolny 3
INT_CFG_REG	23	0	Rejestr konfiguracyjny układu przerwań
INT_SOURCE_REG	24	0	Rejestr konfiguracji źródła przerwań
THIS_P_LOW_REG	25	0	Młodsza część rejestru progu wyzwalania
THIS_P_HIGH_REG	26	0	Starsza część rejestru progu wyzwalania
STATUS_REG	27	0	Rejestr statusu
PRESS_POUT_P_XL	28	0	Najmłodsza część rejestru mierzonego ciśnienia
PRESS_OUT_L	29	0	Środkowa część rejestru mierzonego ciśnienia
PRESS_OUT_H	2A	0	Najstarsza część rejestru mierzonego ciśnienia
TEMP_OUT_L	2B	0	Najmłodsza część rejestru mierzonej temperatury
PRESS_OUT_H	2C	0	Starsza część rejestru mierzonej temperatury

eprasa.pl 9df22a5208

danych do odczytu można testować, odczytując rejestr statusowy STATUS_REG o adresie 0x27. Ustawienie bitu b0 (T_DA) oznacza dostępność ostatniego pomiaru temperatury, a ustawienie bitu b1 (P_DA) oznacza dostępność ostatniego pomiaru ciśnienia. Odczytywanie statusu wykonuje procedura LPS331CheckStatus() – **listing 8**.

Na **listingu 9** jest pokazana procedura odczytująca wartość ciśnienia atmosferycznego. Jej argumentem jest wskaźnik na tablicę znakową, do której zapisywany jest tekst ASCII z wykonanym pomiarem. Czujnik mierzy ciśnienie bezwzględne, ale do zmierzonej wartości dodawane jest 26 hPa odpowiadające mniej więcej korekcie ciśnienia względem poziomu morza na wysokości 220 m n.p.m. Ponieważ do konwersji napięcia proporcjonalnego do ciśnienia zastosowano 24-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy, rejestr wyniku ma długość 24 bitów i jest zapisany w trzech 8-bitowych rejestrach: PRESS_POUT_P_XL – najmłodszy bajt pomiaru, PRESS_OUT_L – środkowy bajt pomiaru i PRESS_OUT_H – najstarszy bajt pomiaru. Po odczytaniu tych trzech rejestrów trzeba z nich złożyć liczbę 24-bitową zapisaną w 32-bitowym rejestrze typu int. Żeby otrzymać wynik w milibarach (hektopaskalach), musimy tę 24-bitową wartość podzielić przez 4096. Funkcja LPS331PressRead wykorzystuje do formatowania danych wyjściowych funkcję sprintf. To wygodne i niezawodne rozwiązanie, ale wymagające sporo pamięci. Na szczęście zasoby pamięci mikrokontrolera na to pozwalają.

Podobnie wygląda odczytanie temperatury. Dwa bajty wyniku należy złożyć w jedną liczbę 16-bitową ze znakiem. Ważna jest długość zmiennej – nie można użyć tu 32-bitowej zmiennej typu integer (int), bo w obliczeniach będzie zawsze interpretowana jako liczba dodatnia, a wynik odczytany z barometru jest liczbą ze znakiem i ma to znaczenie. Dlatego musi to być zadeklarowana 16-bitowa zmienna typu short (int16_t).

Na **listingu 10** pokazano procedurę odczytywania wartości temperatury zamierzonej przez czujnik. Po złożeniu 16-bitowej zmiennej musimy ją przekształcić na zmienną zmiennoprzecinkową, bo będziemy wykonywać obliczenia zmiennoprzecinkowe w celu

Tabela 2. Struktura rejestru RES_CONF, a poniżej dostępne wartości i przyporządkowane im wielkości parametrów

RES_CONF							
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
RFU	AVGT2	AVGT1	AVGT0	AVGP3	AVGP2	AVGP1	AVGP0

Wartość bitów rejestru RES_CONF	Odpowiadająca wartości wielkość parametru	Wartość bitów rejestru RES_CONF	Odpowiadająca wartości wielkość parametru
AVGT2:AVGT0	Tavg	AVGP3:AVGP0	Pavg
0	1	0	1
1	2	1	2
2	4	2	4
3	8	3	8
4	16	4	16
5	32	5	32
6	64	6	64
7	128	7	128
		8	256
		9	384
		A	512

Listing 6. Inicjalizacja trybu pojedynczego wyzwalania

```
void LPS331OneShotInit(void){
    //CTRL_REG1 Power Down
    LPS331WriteReg(0x20,0 );
    //RES_CONF 512 próbek do średniej ciśnienia
    //i 128 próbek do średniej temperatury
    LPS331WriteReg(0x10, 0x7a);
    //CTRL_REG1 Active mode, One Shot mode,
    //Update after read
    LPS331WriteReg(0x20, 0x84);
}
```

Listing 7. Odczyt ciągły z częstotliwością 1 pomiar na sekundę

```
void LPS331ContInit(void){
    //CTRL_REG1 Power Down
    LPS331WriteReg(0x20,0 );
    //RES_CONF 512 próbek do średniej ciśnienia i 128 próbek do średniej temperatury
    LPS331WriteReg(0x10, 0x7a);
    //CTRL_REG1 Active mode, Cont mode, Update after read
    LPS331WriteReg(0x20, 0x94);
}
```

Tabela 3. Struktura rejestru RES_CONF, a poniżej dostępne wartości i przyporządkowane im wielkości parametrów

CTRL_REG1							
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
PD	ODR2	ODR1	ODR0	DIFFEN	BDU	DELTA_EN	SIM

PD – uruchamianie trybu obniżonego poboru mocy Power Down, PD = 0 układ uśpiony, PD = 1 układ aktywny
ODR1:ODR1 – częstotliwość odczytywania danych wyjściowych
DIFF_EN – odblokowanie układu przerwań, DIFF_EN = 0 nieaktywny, DIFF_EN = 1 aktywny
BDU – odświeżanie rejestru wyjściowego, BDU = 0 dane odświeżane ciągle, BDU = 1 dane odświeżane po odczycie rejestrów ciśnienia i temperatury
DELTA_EN – odblokowanie rejestru delta pressure
SIM – konfiguracja interfejsu SPI (dla I²C bez znaczenia)

ODR2	ODR1	ODR0	Odświeżanie danych wyjściowych dotyczących ciśnienia	Odświeżanie danych wyjściowych dotyczących temperatury
0	0	0	Pomiar pojedynczy (One shot)	Pomiar pojedynczy (One shot)
0	0	1	1 Hz	1 Hz
0	1	0	7 Hz	1 Hz
0	1	1	12,5 Hz	1 Hz
1	0	0	25 Hz	1 Hz
1	0	1	7 Hz	7 Hz
1	1	0	12,5 Hz	12,5 Hz
1	1	1	25 Hz	25 Hz

eprasa.pl 9df22a5208

przekonwertowania wyniku na stopnie Celsjusza. Konwersja polega na podzieleniu odczytanej wartości przez 480 i dodaniu do wyniku wartości 42,5. Do przekształcenia wyniku z postaci zmiennoprzecinkowej jest zastosowana również standardowa funkcja sprintf formatowanego wyprowadzania znaków do bufora w pamięci RAM.

Trzeba pamiętać, że odczytane z barometru ciśnienie jest ciśnieniem rzeczywistym, to znaczy takim, jakie panuje w miejscu pomiaru. To ciśnienie będzie się różniło bardziej lub mniej od ciśnienia atmosferycznego podawanego w serwisach pogodowych. Ciśnienie rzeczywiste zależy od wysokości miejsca pomiaru liczonego od poziomu morza. Im wyżej mieszkamy, tym rzeczywiste mierzone ciśnienie będzie niższe. Jest to logiczne następstwo mniejszego słupa powietrza wywierającego nacisk na membranę barometru przy zwiększaniu wysokości pomiaru. Żeby uniezależnić wartość ciśnienia od wysokości, wprowadzono pojęcie ciśnienia względnego – inaczej mówiąc, zredukowanego do poziomu morza. Jest to taka wyliczona wartość ciśnienia, jak gdyby pomiar był wykonywany w miejscu pomiaru, ale na poziomie morza. Żeby wyliczyć ciśnienie względne, trzeba znać wysokość nad poziomem morza i temperaturę powietrza. Między innymi do tego celu w barometr wbudowano pomiar temperatury. W zasobach Internetu można znaleźć uproszczone wzory obliczania ciśnienia względnego i można się pokusić o jego wyliczanie na podstawie wysokości (można ją odczytać z odbiornika GPS).

Dla przetestowania poprawności odczytywania ciśnienia posłużyłem się kalkulatorem ciśnienia ze strony: stacjepogody.waw.pl/kalkulator_cisnien.php. W moim przypadku dla temperatury powietrza ok. 0°C i wysokości pomiaru 228 m n.p.m. różnica pomiędzy zmierzonym ciśnieniem rzeczywistym a ciśnieniem względnym wynosiła ok. 26 hPa, czyli dość sporo. Jednak okazało się, że po przeliczeniu ciśnienie odpowiadało temu podawanemu przez serwisy pogodowe dla miejsca pomiaru.

Kolejną część artykułu rozpocznę od omówienia sprzętowych i programowych zagadnień dotyczących działania i komunikacji z czujnikiem wilgotności HTS221. Jak opisałem na wstępie – stacja meteo jest przykładem budowy urządzenia z części nagromadzonych w szufladach. Dokładne wyjaśnienie działania pozwoli na samodzielną adaptację innych komponentów, które znajdują się w innych szufladach.

Tomasz Jabłoński, EP

Listing 8. Procedura odczytywania rejestru statusowego

```
uint8_t LPS331CheckStatus(void){
    return(LPS331ReadReg (0x27));
}
```

Listing 9. Odczytanie, korekta i konwersja na tekst ascii wartości ciśnienia

```
void LPS331PressRead(char *str){
    uint32_t  temp=0;
    uint8_t status;
    char data_press[3];//bufor danych ciśnienia
    LPS331OneShot();//wyzwolenie pomiaru
    //rejestr PRESS_POUT_P_XL
    data_press[0]=LPS331ReadReg(0x28);
    //rejestr PRESS_OUT_L
    data_press[1]=LPS331ReadReg(0x29);
    //rejestr PRESS_OUT_H
    data_press[2]=LPS331ReadReg(0x2a);

    //sk?adanie liczby 24 bitowej
    temp= temp+data_press[2];
    temp=temp<<8;
    temp=temp+data_press[1];
    temp=temp<<8;
    temp=temp+data_press[0];
    //konwersja  wynik w mbar
    temp = temp/4096;
    temp = temp + 26; //korekta dla 230m npm
    //konwersja na postać znaków ASCII
    sprintf(str,"%4u hPa",temp);
}
```

Listing 10. Odczytanie temperatury i konwersja na tekst ascii

```
void LPS331TempRead(char *str){
    //16 bitowa zmienna wyniku
    int16_t  temp = 0 ;
    double temp1 = 0;
    uint8_t data_temp[3]

    //odczytanie rejestrów wyniku
    data_temp[0]=LPS331ReadReg(0x2b);
    data_temp[1]=LPS331ReadReg(0x2c);
    //składanie wyniku
    temp = data_temp[1];
    temp =  temp << 8;
    temp = temp + data_temp[0];
    //konwersja do zmiennej float
    temp1 = (double)temp;
    //konwersja odczytanej temperatury
    temp1 =42.5 + (temp1 / 480);
    //zamiana na znaki ASCII
    sprintf(str + 9 ,"% 4.1f *C",temp1);
}
```

REKLAMA

eprasa.pl 9df22a5208

Gra PONG na bazie Arduino i wyświetlacza LED

Pong nie jest może pierwszą grą elektroniczną, jaka ukazała się na świecie, jednak jest z pewnością pierwszą, która osiągnęła gigantyczny sukces komercyjny i uzyskała ogromną rozpoznawalność. Niech świadczy o tym fakt, że pojawiła się na automatach pół wieku temu, a właśnie czytacie artykuł o jej implementacji na nowoczesnym mikrokontrolerze…

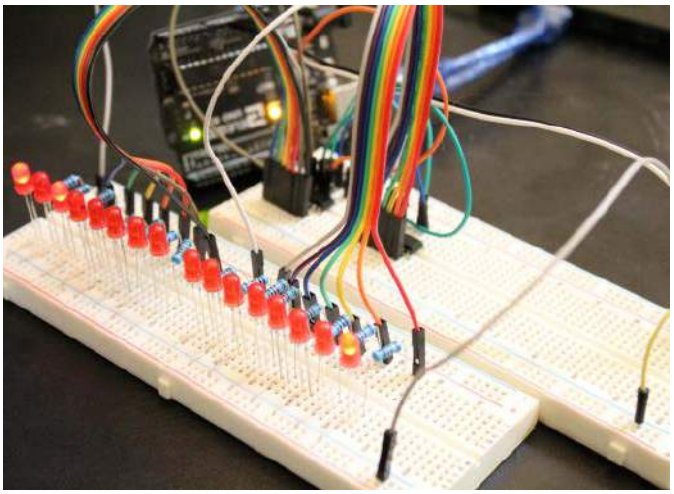
Pong był stanowczo początkiem pewnego trendu. Chociaż nie była to pierwsza gra wideo, jaką kiedykolwiek wymyślono, z pewnością jest to ta, której przypisuje się początek szaleństwa gier wideo. Po raz pierwszy pojawił się na poziomie konsumenckim wraz z wydaniem Magnavox Odyssey w 1972 roku. Odyssey to konsola, która oferowała 12 różnych gier, ale tenis stołowy (czyli właśnie pong) był zdecydowanie najpopularniejszą z nich. Później koncepcja wideotenisa stołowego została dopracowana przez Atari do wersji, którą wszyscy znamy obecnie i wtedy też pojawiła się nazwa Pong.

Jak pisze autor, od kilku lat ma lekką obsesję na punkcie tej gry. W związku z czym wpadł na pomysł odtworzenia jej za pomocą prostej matrycy diod LED. Projekt ten miał oddawać w jakiś sposób hołd oryginalnej grze, jednocześnie nadając jej oryginalny styl.

Potrzebne elementy

Do budowy urządzenia potrzebne będą następujące elementy:

- rezystor 10 kΩ (16 sztuk),
- diody LED 5 mm (128 sztuk),
- dwa enkodery obrotowe,
- trzy rejestry przesuwne SN74HC595,
- moduł Arduino Nano,
- zasilacz 5 V,
- żeńskie gniazdo zasilania,
- taśma wieloprzewodowa (można odzyskać ją ze starych komputerów),
- cienki drut – autor wykorzystuje przewody z kabli sieciowych,
- 26 goldpinów w listwie,
- płytka uniwersalna,



Fotografia 1. System w czasie pierwszych testów

- śruby – autor użył calowych śrub 4-40×1”, najbliższym metrycznym zamiennikiem będą M3×25 mm (4 sztuki),
- śruby 4-40×5/8” lub M3×15 mm (2 sztuki),
- nakrętki 4/40 lub M3 (10 sztuk),
- wkręty do drewna 6×1/4" lub 3,5×6 mm lub zbliżone (2 sztuki).

Ponadto potrzebna będzie drukarka 3D z filamentem – autor używa czarnego PLA, oraz podstawowe narzędzia, takie jak lutownica czy zestaw wkrętaków.

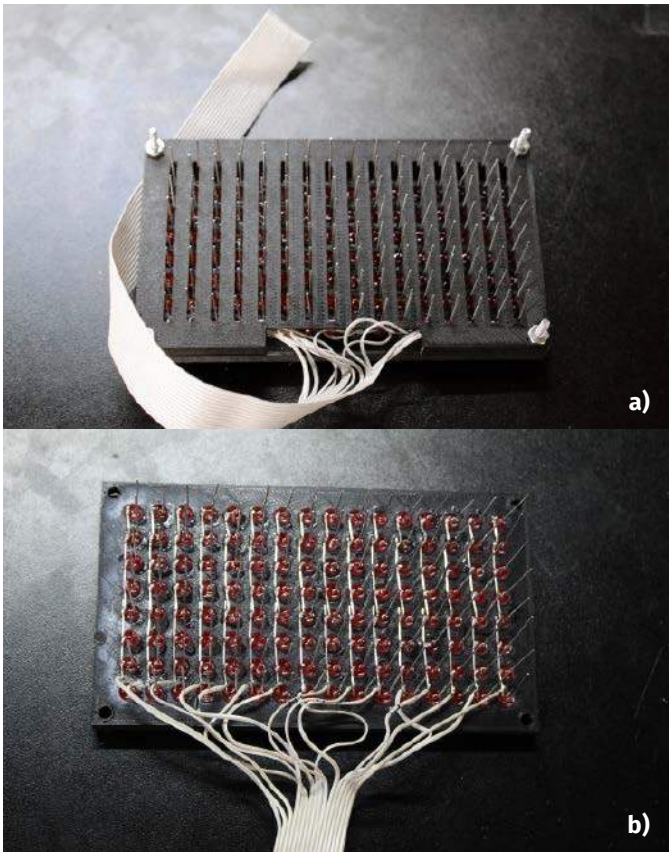
Pierwsze testy

Z uwagi na poziom skomplikowania takiej konstrukcji autor rozpoczął od prostych testów uproszczonego układu. Ten uproszczony układ to rząd 16 czerwonych diod LED, które sterowane były przez dwa rejestry przesuwne, połączone łańcuchowo i podłączone do Arduino Uno. Celem było po prostu zapalanie pojedynczej diody od lewej do prawej, po kolei. Na **fotografii 1** pokazano testowy system z pojedynczym rzędem diod świecących.

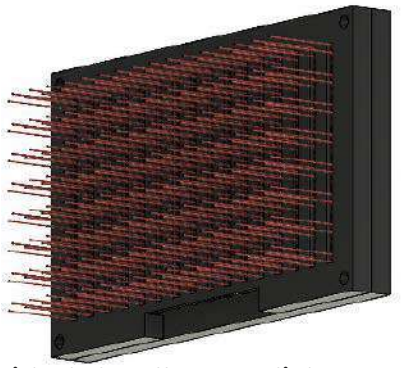
Za pomocą płytki stykowej do rejestrów podłączono linie zatrzaskiwania, zegara i danych z Arduino do pierwszego rejestru przesuwnego. Następnie tylko zatrzask i zegar z Arduino podłączono do drugiego rejestru. Dane są wysyłane do drugiego rejestru przesuwnego przez pin 9 pierwszego rejestru przesuwnego do pinu 14 drugiego. Oznacza to właśnie, że połączone są one ze sobą szeregowo. Dane są przesyłane do rejestrów przesuwnych w postaci bitów. Tak więc wysłanie 1 lub (00000001) do niego spowoduje, że pin 15 rejestru będzie w stanie wysokim, podczas gdy piny 1...7 pozostaną w stanie niskim. Wysłanie 2 lub 00000010 powoduje, że pin 1 przyjmie stan wysoki; cała reszta będzie natomiast w stanie niskim. Jeśli wyślemy (szeregowo) liczbę 128 (czyli 10000000), pin 7 przyjmie stan wysoki; wszystkie inne niskie. Wysyłanie 13 lub (00001101) sprawi, że piny 15, 2, 3 będą miały stan wysoki, a wszystkie pozostałe niski.

Do testów użyto 2 rejestrów przesuwnych połączonych szeregowo razem. Oznacza to, że aby przesłać dane do drugiego rejestru, trzeba

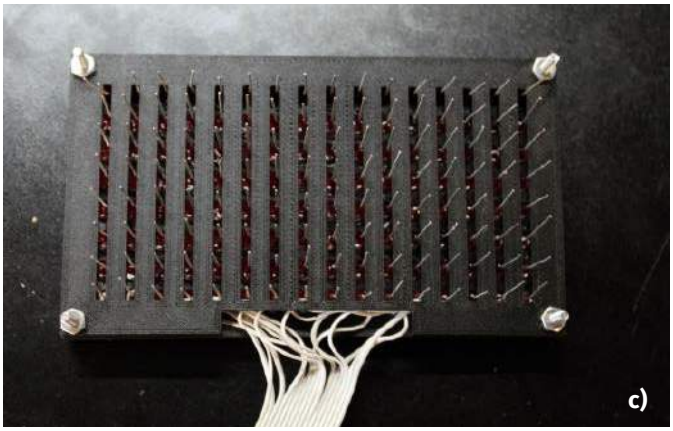
eprasa.pl 9df22a5208



Fotografia 2. Matryca diod LED w obudowie z druku 3D



Rysunek 2. Projekt obudowy dla matrycy diod LED



wysłać po kolei dwie liczby 8-bitowe. Pierwsza wysłana liczba trafia do pierwszego rejestru; następnie kolejne polecenie wysłane do połączonych rejestrów przesuwa pierwsze słowo do drugiego rejestru. Aby zobrazować działanie rejestrów przesuwnych, autor podłączył do wyjść rejestrów 16 diod LED. Pozwoliło to zobrazować działanie rejestru i potwierdzić poprawność założeń konstrukcji.

Wyświetlacz macierzowy LED

Zazwyczaj obudowa jest ostatnim elementem, jaki wykonuje się w projekcie urządzenia elektronicznego, gdy cały obwód już działa. Jest to podyktowane faktem, że dopóki cała elektronika nie zadziała poprawnie, nie można mieć pewności, że zmiany w projekcie elektroniki nie pociągną za sobą zmian mechanicznych. A nikt, jak zauważa autor konstrukcji, nie chce przeprojektowywać obudowy dla dopiero co powstającego układu, bo trzeba było coś zmienić w elektronice… Jednak w przypadku tej konstrukcji znacznie łatwiej będzie zbudować matrycę 128 diod LED z obudową, niż podpinać diody do płytki stykowej w celu przetestowania. Obudowa wyświetlacza LED to 2 kawałki plastiku wydrukowane w 3D. Obudowę i projekt modułu pokazano na, odpowiednio, **fotografii 2** i **rysunku 2**.

Pierwszy element ma 128 otworów o rozmiarze pasującym do diod LED. Każda dioda LED jest umieszczana w otworze pojedynczo, a następnie umocowana w miejscu kroplą kleju, aby upewnić się, że się nie poruszą. Następnie każde dodatnie wyprowadzenie każdej diody LED jest przylutowane do dodatniego wyprowadzenia diody LED znajdującej się tuż pod nią. W ten sposób otrzymujemy 16 kolumn po 8 diod LED z anodami zlutowanymi razem. Następnie za pomocą kabla taśmowego do każdej kolumny dołączony jest jeden z 16 przewodów (**fotografia 2b**).

Następnie druga plastikowa płytka z wydruku 3D jest przymocowana z tyłu. Ta płytka ma w sobie 8 pionowych szczelin. Każda katoda diody LED przechodzi przez tę szczelinę. Taśma przylutowana do anod przeciągnięta jest pod spodem zamontowanego drugiego elementu obudowy. Na zakończenie należy połączyć dwie plastikowe części za pomocą śrub i nakrętek (**fotografia 2c**). Następnie zlutowano każde z ujemnych wyprowadzeń diod razem – poziomo. Na końcu każdego z 8 rzędów po 16 diod LED zlutowanych razem można zainstalować taśmę, co kończy montaż matrycowego wyświetlacza LED.

Wszystkie 24 przewody z matrycy zostały przylutowane do płytki uniwersalnej. Następnie podłączono do niej rezystory (do 16 dodatnich pinów z diod LED matrycy), a do rezystorów dołączono dwa, połączone szeregowo, rejestry przesuwne. Na koniec trzeci rejestr przesuwny został podłączony do 8 linii wspólnych katod.

Oprogramowanie

Po wykonaniu matrycy potrzebny jest kod dla mikrokontrolera, który pozwoli nam zagrać w Ponga. W tym celu trzeba oprogramować trzy rejestry przesuwne, które kontrolują diody LED. Dwa z nich połączone są szeregowo i obsługują 16 kolumn wyświetlacza. Działanie tego układu omówione zostało już powyżej – wpisujemy do niego szeregowo 16-bitową liczbę, co powoduje zapalenie się odpowiednich diod (odpowiadających jedynkom w dwójkowym zapisie tej liczby). Trzeci rejestr przesuwny w systemie, który kontroluje wiersze, działa w odwrotny sposób. Jako że jego wyjścia podłączone są do anod diod, potrzebny jest stan niski, aby dioda się zapaliła – gdyby do rejestru wysłać 255 (0b11111111), żadna dioda by się nie zapaliła, a gdyby 0 (0b00000000), to zapaliłyby się wszystkie

W kodzie programu macierz diod LED zapisana jest jako dwuwymiarowa tablica binarna. Domyślnie inicjalizowana jest tak, jak pokazano na **listingu 1**. Zero oznacza, że dana dioda jest wyłączona, a jedynka oznacza, że dioda jest zaświecona. Gra w Ponga ma

Listing 1. Macierz diod LED zapisana jest, jako dwuwymiarowa tablica binarna, zainicjowana w następujący sposób

```
int leds[8][16]={{1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0},
        {1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0},
        {1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0},
        {0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1},
        {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1},
        {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1},
        {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0},
        {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0}};
```


eprasa.pl 9df22a5208

3 różne elementy, które się poruszają, gracz pierwszy, gracz drugi i piłka. Za każdym razem, gdy jeden z nich się porusza, tablica jest aktualizowana, aby pokazać bieżącą lokalizację – widać je nawet w takiej postaci, jak na listingu bez wyświetlania na macierzy diod. Dane z tablicy są przesyłane do rejestru przesuwnego po jednym wierszu na raz. Do pierwszych trzech wysyłamy 1 lub (0b000000001), ponieważ jedynka jest tylko na pozycji pierwszej diody LED. Na **listingu 2** umieszczono kluczowe fragmenty kodu urządzenia.

Ruch

W grze w Ponga jest dwóch graczy, więc urządzenie musi umożliwić im obu kontrolowanie ruchu swoich paletek. W tym celu zastosowano dwa enkodery obrotowe – po jednym dla każdego gracza. Gracz jest reprezentowany przez 3 diody LED z każdej strony ekranu. Obracanie enkodera obrotowego zgodnie z ruchem wskazówek zegara przesuwa te 3 diody LED w dół, a obracanie enkodera przeciwnie do ruchu wskazówek zegara przesuwa diody LED w górę.

Piłka aktualizuje swoją lokalizację co czterdziestą pętlę; jak wskazuje autor, wartość ta dobrana została eksperymentalnie i wydaje się dobra do zapewnienia średniego poziomu trudności gry. Jeśli chcemy podnieść poziom trudności, można aktualizować jej pozycję częściej – przyspieszy to ruch piłki. Kiedy piłka uderza gracza, zmienia kierunek w zależności od tego, w którą część diod gracza uderza piłka. Kiedy piłka uderzy w dolną diodę LED gracza, piłka będzie odbijać się w górę, jeśli uderzy w środkową diodę LED, nie ma żadnej zmiany ruchu pionowego, a jeśli uderzy w górę, piłka będzie kierować się w dół.

Montaż elektroniki

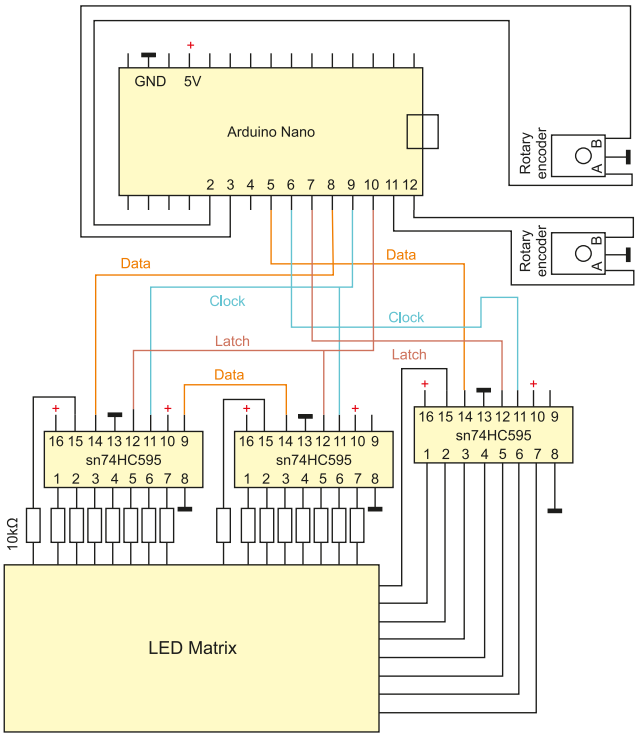
Do testowania oprogramowania zastosowano moduł Arduino Uno, ponieważ jest łatwy w użyciu w prototypach. Ma wyprowadzone piny, więc dodanie do niego nowego komponentu jest bardzo łatwe. Po fazie testów autor przeszedł jednak na Arduino Nano. Ta płytka ma taki sam rozkład wyprowadzeń jak Uno, więc nawet nie wymaga zmian oprogramowania.

Na **rysunku 3** pokazano schemat układu. Lutowanie należy zacząć od modułu Arduino i rejestrów przesuwnych. Autor zastosował płytkę uniwersalną, więc połączenia pomiędzy poszczególnymi elementami realizowane są za pomocą przewodów. Następnie do płytki

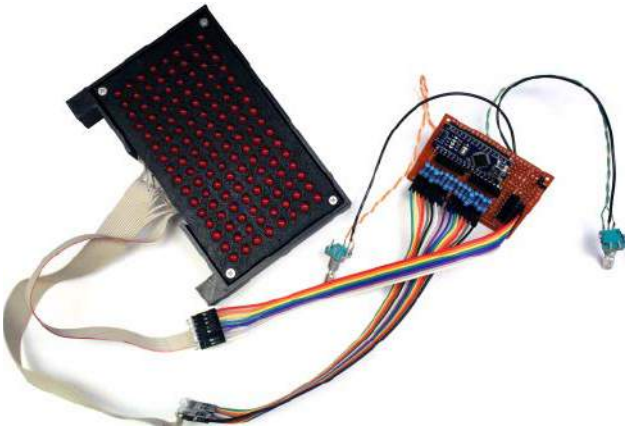
Listing 2. Kluczowe fragmenty kodu urządzenia

```
void loop() {
  // Rysowanie gracza 1
  leds[player1][0]=1;
  leds[player1+1][0]=1;
  leds[player1+2][0]=1;
  // Rysowanie gracza 2
  leds[player2][15]=1;
  leds[player2+1][15]=1;
  leds[player2+2][15]=1;

  if(row>7){
    row=0;    // Resetowanie wyświetlania (powrót do 0 rzędu)
    loops++;  // Po narysowaniu ekranu jest zliczana jedna pętla
  }

  while (row < 8){
    //used to remove ghosting is the next columns
    //or else it will light up a second led in a column
    digitalWrite(LatchPin, LOW);//low to write data
    shiftOut(DataPin,ClockPin,MSBFIRST,0);//last shift register
    shiftOut(DataPin,ClockPin,MSBFIRST,0);//first shift register
    digitalWrite(LatchPin, HIGH);//sending written the data
    digitalWrite(C_LatchPin, LOW);//low to write data
    //every row is high except for the one curently being drawin
    // that one is set to low
    shiftOut(C_DataPin,C_ClockPin,MSBFIRST,rowbase - mult[row]);
    digitalWrite(C_LatchPin, HIGH);//sending written the data
    //getting the number value to send to the shift reginters
    for(int i = 0; i<8; i++){
      first_shift_val += leds[row][i]*mult[7-i];
      second_shift_val += leds[row][15-i]*mult[i];
    }
    digitalWrite(LatchPin, LOW);//low to write data
    //last shift register
    shiftOut(DataPin,ClockPin,MSBFIRST,second_shift_val);
    //first shift register
    shiftOut(DataPin,ClockPin,MSBFIRST,first_shift_val);
    digitalWrite(LatchPin, HIGH);//sending written the data
    first_shift_val=0;
    second_shift_val=0;
    row++;
  }

  //******************Kontrola gracza 1*****************
  if (gameover != true) {
    p1eAnow = digitalRead(p1eA); // Odczytuje stan pinu A
    if((p1eAlast==HIGH)&&(p1eAnow==LOW)){
    if(digitalRead(p1eB) == LOW){
      if(player1>0){
      player1--; // Paletka gracza 1 przesuwa się w dół
      Serial.println("down down down");
      }
    }
    else{
      if(player1<5){
      player1++; // Paletka gracza 1 przesuwa się w górę
      Serial.println("up up up");
      }
     }
     player1change= true; // Flaga zmiany pozycji

     Serial.println(p1eAnow);
    }
    p1eAlast=p1eAnow;
    if(player1change==true){
    leds[0][0]=0;
    leds[1][0]=0;
    leds[2][0]=0;
    leds[3][0]=0;
    leds[4][0]=0;
    leds[5][0]=0;
    leds[6][0]=0;
    leds[7][0]=0;
    player1change=false;
    }
  }

  //******************Kontrola gracza 2*******************
  //**************Analogicznie, jak dla gracza 1*************

  //*********************Ruch piłeczki**********************
  if (gameover != true){
    if(loops % ball_update == 0){
    // W pierwszej pętli rysujemy piłeczkę w domyślnym miejscu
    if(loops == 0) leds[ball_location[0]][ball_location[1]] = 1;
    else{
      // Kasujemy starą pozycję piłeczki
      leds[ball_location[0]][ball_location[1]] = 0;
      // Detekcja uderzenia w ścianę
      if(ball_location[0]+ball_Vdir==8
        || ball_location[0]+ball_Vdir==-1)
        ball_Vdir *=-1;
      // Zderzenie z graczem 1
      if(ball_location[1] == 1){
      if(ball_location[0] == player1){
        ball_Hdir *= -1;
        ball_Vdir = 1;
        ball_location[1] = 1;
      }
      else if(ball_location[0] == (player1+1)){
        ball_Hdir *=-1;
        ball_Vdir=0;
      }
      else if(ball_location[0] == (player1+2)){
        ball_Hdir *=-1;
        ball_Vdir=-1;
      }
      else{ gameover = true;
      }
      }
      // Zderzenie z graczem 2
      if(ball_location[1] == 14){
      if(ball_location[0] == player2){
        ball_Hdir *= -1;
        ball_Vdir = 1;
      }
      else if(ball_location[0] == (player2+1)){
        ball_Hdir *=-1;
        ball_Vdir = 0;
      }
      else if(ball_location[0] == (player2+2)){
        ball_Hdir *= -1;
        ball_Vdir = -1;
      }
      else{
        gameover = true;
        ball_location[1] = 15;
      }
      }
      ball_location[0] += ball_Vdir;
      ball_location[1] += ball_Hdir;
      // Wstaw nową lokalizację piłeczki
      leds[ball_location[0]][ball_location[1]] = 1;
    }
    }
  }
  if (gameover == true){
    if (gameover_start_timer == 0 ){
      gameover_start_timer = loops;
      gameover_end_timer = loops + 1000;
    }
    else if(loops >=  gameover_end_timer){
      gameover = false;
      gameover_start_timer = 0;

    }
  }
}
```


eprasa.pl 9df22a5208



Rysunek 3. Schemat ideowy układu

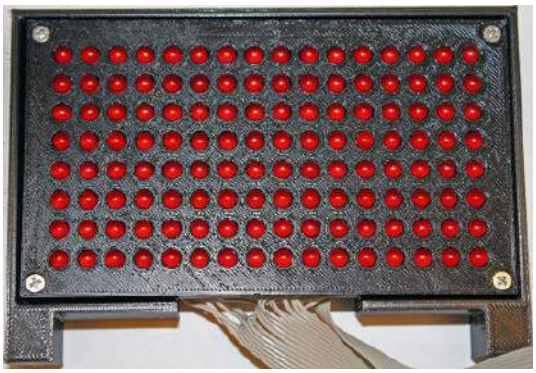


Fotografia 3. Zmontowany prototyp urządzenia

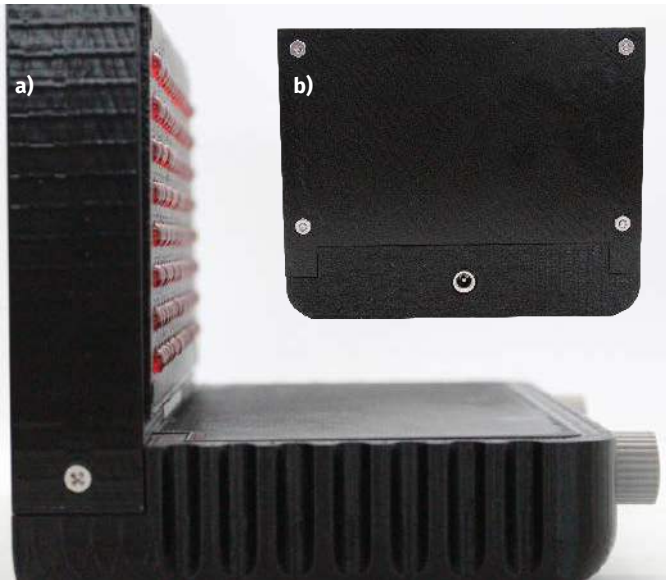
dolutowano dwa enkodery obrotowe. Gdy wszystko zostało połączone, system można zasilić i przetestować. Gotowe urządzenie pokazano na **fotografii 3**.

Obudowa

Gdy już cała elektronika działa poprawnie, można urządzenie umieścić w docelowej obudowie. Autor zaprojektował prostą obudowę w Fusion 360. Jest ona przystosowana do zamykania na wcisk, dzięki czemu nie trzeba jej skręcać – upraszcza to montaż całości.



Fotografia 4. Matryca LED w uchwycie



Fotografia 5. Zmontowana konsola: a) widok od boku; b) widok od tyłu

Ponieważ wcześniej powstała już obudowa matrycy LED, pierwszą rzeczą, nad którą pracował autor, jest sposób przymocowania jej do głównego korpusu. Wszystko, co było potrzebne, to dodanie kolejnego wspornika, który wychodzi za matrycę. Służy on również do zakrycia przewodów i wyprowadzeń z diod LED. Matryca w obudowie montowana jest za pomocą śrub, wkręcających się w nakrętki umieszczone w elemencie plastikowym. Wkręconą w uchwyt matrycę pokazano na **fotografii 4**.

Następną plastikową częścią jest korpus główny. Zawiera on płytkę drukowaną, gniazdo zasilania i 2 enkodery obrotowe. Ma również miejsce na nakrętki, pozwalające na umocowanie matrycy w obudowie, jak pokazano na **fotografii 5a**. Na tylnej ścianie obudowy znajduje się jedyne gniazdo, które służy do zasilania konsoli (**fotografia 5b**).

Kolejne elementy z druku 3D to pokrętła dla enkoderów obrotowych, które kontrolują ruch paletek. Zostały one wydrukowane z kontrastującego, szarego filamentu. Pokrętła są dopasowane do enkoderów i przeznaczone do montażu na wcisk, ale autor sugeruje użycie kleju do ich lepszego umocowania na osi enkodera. Ostatni wydrukowany i zamontowany element to wieczko, które zakrywa główny korpus. To prosta osłona dla elektroniki. Do tego elementu nie używa się śrub ani kleju – jest wpasowany na wcisk. Element ten może wymagać dopasowania papierem ściernym, gdyż nie każda drukarka 3D zapewni odpowiednie tolerancje.

Podsumowanie

Ostatnie, co pozostaje, to już tylko podłączyć grę do prądu i zacząć grać. Jak wygląda rozgrywka? Autor uważa, że świetnie. Każdy z graczy kontroluje jeden z enkoderów, przesuwając paletkę w górę i w dół. Urządzenie działa szybko, każda paletka jest łatwa do kontrolowania, piłka odbija się dokładnie tak, jak zamierzono, a enkodery obrotowe świetnie sprawiły się w roli kontrolerów. Jedynym problemem jest to, że gra jest zdecydowanie zbyt prosta. Matryca ma tylko 8 diod LED, co oznacza, że aby zdobyć punkt, piłka musi trafić w miejsce, którego nie zajmuje inny gracz, ale że paletka ma szerokość równą trzem diodom LED, to niewiele wolnej przestrzeni pozostaje – w dowolnym momencie każdy gracz przykrywa prawie 40% swojej strony pola gry. Tak więc bardzo trudno jest nie trafić w piłkę.

Nikodem Czechowski, EP

Bibliografia:
- https://pl.wikipedia.org/wiki/Pong
- https://www.instructables.com/LED-Pong-1/

eprasa.pl 9df22a5208

Kurs FPGA Lattice (2)

Pierwszy projekt

Poprzedni odcinek znajduje się pod adresem:
https://ulubionykiosk.pl/media

W tym odcinku kursu utworzymy bardzo prosty projekt, aby zaprezentować cały proces tworzenia aplikacji na FPGA – od otwarcia programu Lattice Diamod do wgrania gotowego bitstreamu do pamięci FPGA.

Utworzenie projektu

Zacznijmy od uruchomienia Lattice Diamond i utworzenia nowego, pustego projektu. Po otwarciu programu Diamond pokazuje nam się strona startowa *Start Page*, gdzie umieszczone są linki do różnych instrukcji. Na środku ekranu widoczne są przyciski *Open*, *New* i lista ostatnio otwieranych projektów. Klikamy przycisk *New*. Uruchamia się kreator tworzenia nowego projektu. Klikamy *Next*. Następnie musimy podać nazwę projektu oraz wskazać folder na dysku, w którym będzie on umieszczony. Proponuję projekt nazwać *HelloWorld* i umieścić go w katalogu o takiej samej nazwie.

Następnie musimy podać nazwę implementacji. Implementacje to wersje projektu, różniące się na przykład kodem źródłowym, ustawieniami syntezy, optymalizacji i innymi parametrami. Różne implementacje mogą wykorzystywać te same pliki lub każda implementacja może mieć swoje własne pliki źródłowe. Do tego tematu wrócimy za jakiś czas, a na potrzeby naszego pierwszego projektu zostawmy domyślną nazwę *impl1*. Klikamy *Next*.

W kolejnym kroku mamy możliwość dodania do projektu istniejących już plików. Możemy w tym momencie dodać utworzone wcześniej moduły. W zależności, od tego czy zaznaczona jest opcja *Copy source to implementation directory*, możemy te pliki źródłowe używać globalnie i dzielić je pomiędzy różnymi projektami lub możemy utworzyć ich kopie i zapisać w katalogu projektu. Nie dodajemy żadnych plików i klikamy *Next*.

Kreator pyta nas, jaki układ FPGA chcemy zastosować. W moim przykładzie będę pracował z układem LCMXO2-1200HC-4TG100C. Czytelnik może wybrać inny układ, w zależności od używanej płytki deweloperskiej. Po prawej stronie okna wyświetla nam się skrócona specyfikacja wybranego układu oraz informacje o peryferiach, jakimi on dysponuje. W dolnej części możemy dodać układ ASC – jest to programowalny manager zasilania. Umożliwia sterowanie źródłami napięć zasilających, monitorowanie prądów, temperatury, itp. W naszym projekcie nie będziemy stosować tych układów, więc w polu *External ASC Number* wpisujemy liczbę 0. Klikamy *Next*.

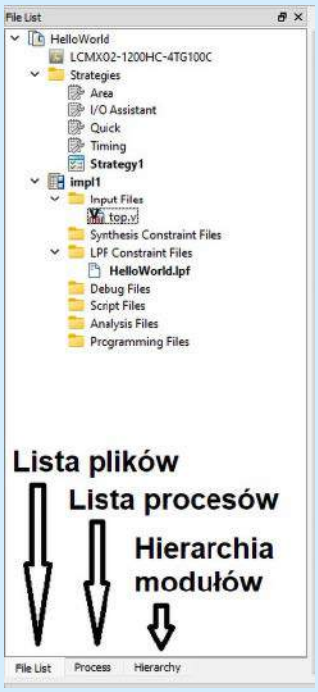
Kolejnym krokiem jest wybór syntezatora. W podstawowej wersji Lattice Diamond umożliwia zastosowanie dwóch:

- **Lattice LSE** – syntezator opracowany przez firmę Lattice. Działa szybko i jest dobrze zintegrowany ze środowiskiem Diamond. Jego wadą jest brak obsługi języka SystemVerilog.
- **Synplify Pro** – czas syntezy nawet prostego projektu jest wielokrotnie dłuższy niż w przypadku Lattice LSE, jednak umożliwia uzyskanie bitstreamu zajmującego mniej zasobów logicznych. Obsługuje SystemVerilog. Wadą jest generowanie większej liczby ostrzeżeń dotyczących braku zdefiniowania wielu różnych parametrów, co dla początkujących może być irytujące.

Wybieramy *Lattice LSE* i klikamy *Next*. Pojawia się podsumowanie wszystkich wybranych opcji. Klikamy *Finish*.

Pliki źródłowe

W lewym panelu widoczna jest struktura projektu w postaci drzewka, które pokazano na **rysunku 1**. Pierwsza pozycja to układ scalony LCMXO2-1200HC-4TG100C. Jeżeli zajdzie potrzeba zmiany układu, wystarczy kliknąć tę pozycję prawym przyciskiem myszy i wybrać *Edit*.



Rysunek 1. Widok lewego panelu

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 9df22a5208

Poniżej mamy strategie. Strategia to zestaw ustawień wykorzystywanych przez toolchain. Dostępnych jest kilka domyślnych strategii, kładących nacisk na różne aspekty optymalizacji, takie jak liczba zajętych zasobów logicznych, szybkość pracy, itp. Aby zmienić wybraną strategię, klikamy ją prawym przyciskiem myszy i następnie klimaty *Set as Active Strategy*. Możemy także utworzyć kopię domyślnych strategii, wybierając *Clone strategy*, by ją później edytować po wybraniu opcji *Edit*. Możemy pozostawić aktywną domyślną strategię – *Strategy1*.

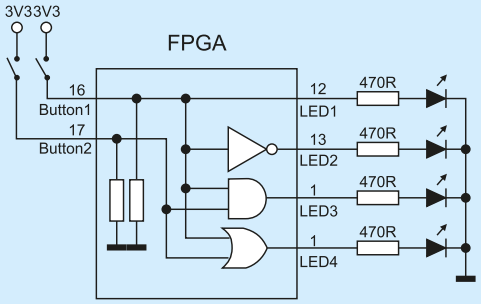
Następna pozycja to nasza implementacja *impl1*. Każda implementacja zawiera foldery z różnymi plikami. Są to:

- **Input files** – pliki z kodem źródłowym w języku Verilog, SystemVerilog lub VHDL;
- **Synthesis constraint files** – to pliki z dodatkowymi informacjami dla syntezatora, jakich nie uwzględnia się w plikach z kodem źródłowym. Na przykład są to informacje o częstotliwości sygnałów zegarowych czy maksymalny czas propagacji sygnału pomiędzy wejściem i wyjściem;
- **LPF Constraint Files** – zwykle jest tu tylko jeden plik, w którym zapisane są informacje pozwalające połączyć abstrakcyjny opis w języku Verilog z rzeczywistymi peryferiami układu FPGA. W szczególności są to powiązania sygnałów wejściowych i wyjściowych z numerami pinów układu. Dodatkowo mogą się pojawić informacje, czy wybrane przez nas piny wejściowe mają mieć włączone rezystory pull-up, pull-down, z jakim napięciem mają pracować, czy mają mieć włączoną histerezę i cały szereg innych sprzętowych ustawień;
- **Debug files** – są to pliki analizatora logicznego Reveal Analyzer. Ta funkcjonalność polega na umieszczeniu w układzie FPGA dodatkowego modułu, który obserwuje wybrane przez nas sygnały i przekazuje o nich informacje do komputera poprzez interfejs programujący JTAG. Analizatorowi Reveal poświęcimy osobny odcinek kursu;
- **Script files** – to skrypty automatyzujące różne zadania, wykorzystywane m.in. przez symulator ModelSIM.
- **Analysis files** – w tym miejscu będą zapisane pliki analiz wykonanych po przeprowadzeniu syntezy. Znajdziemy tu pliki Power Calculatora, który wyliczy, ile energii będzie zużywał układ FPGA oraz do jakiej temperatury się nagrzeje;
- **Programming files** – tutaj są skrypty używane przez programator. Istnieje dużo sposobów programowania układów FPGA. W przypadku MachXO2 bitstream możemy wgrać do pamięci flash, do pamięci RAM lub do zewnętrznego układu pamięci. Programator JTAG oferuje możliwość zaprogramowania wielu różnych układów połączonych w łańcuch i wykorzystujących to samo złącze programujące. Dobrze jest sobie zrobić dwa skrypty programatora. Jeden do programowania pamięci flash i drugi do programowania pamięci RAM, ponieważ to oszczędza czas podczas testowania wielu różnych modyfikacji.

Kod w języku Verilog

W naszym pierwszym projekcie zrobimy prostą demonstrację bramek logicznych. Sygnały wejściowe będziemy dostarczać dwoma przyciskami, a działanie układu będą sygnalizować diody LED, tak jak na schemacie pokazanym na **rysunku 2**. Dodajmy pierwszy plik z kodem źródłowym. Klikamy prawym przyciskiem myszy na *Input files* i wybieramy *Add New File*. Z listy wszystkich dostępnych rodzajów plików wybieramy *Verilog File*, po czym wpisujemy nazwę pliku *top*. Przyjęło się, że pierwszy i najważniejszy plik projektu nazywa się *top*.

Automatycznie otworzy się edytor pliku *top.v*. Kod naszego pierwszego projektu pokazano na **listingu 1**. Język Verilog jest językiem opisu sprzętu. Kodu w Verilogu nie należy rozumieć tak, jakby to był język programowania. W wielu sytuacjach kolejność linii kodu nie ma



Rysunek 2. Schemat ilustrujący działanie pierwszego projektu

znaczenia, ponieważ prowadzą one do wygenerowania układów logicznych, które zostaną fizycznie umieszczone w FPGA i które będą działać jednocześnie.

Kod w języku Verilog podzielony jest na moduły. Każdy moduł ma wejścia, wyjścia oraz opis, w jaki sposób wejścia są powiązane z wyjściami. Słowo klucz `module` informuje syntezator, że rozpoczynamy opis nowego modułu. Następnie podajemy nazwę modułu i w nawiasach okrągłych definiujemy wszystkie porty wejścia i wyjścia.

- `input` – wejście logiczne,
- `output` – wyjście logiczne,
- `inout` – linia dwukierunkowa.

W tym miejscu musimy zwrócić uwagę na to, że język Verilog ewoluował i na przestrzeni lat zmieniał się sposób definiowania portów modułu. Sposób pokazany na listingu 1 jest właściwy dla Veriloga w standardzie 2001 i późniejszych. W Verilogu 95 i wcześniejszych należałoby najpierw podać nazwy wszystkich portów, a dopiero później zdefiniować, który port jest wejściem, a który wyjściem. Ten sposób widać na **listingu 2**. W kursie będziemy używać tylko nowego sposobu, a stary podajemy tylko dla informacji, ponieważ w Internecie wciąż można znaleźć dużo kodów zapisanych starym sposobem.

Instrukcja `assign` powoduje przypisanie sygnału do innego sygnału lub większej liczby sygnałów połączonych różnymi operatorami logicznymi. Sygnał `LED1` przypisaliśmy bezpośrednio do przycisku, więc dioda LED1 będzie świecić się, kiedy przycisk jest wciśnięty. Sygnał `LED2` przypisany jest do tego samego przycisku, jednak zastosowaliśmy operator negacji, więc ta dioda będzie świecić się wtedy, kiedy przycisk będzie puszczony.

Listing 1. Plik *top.v* zgodny ze standardem Verilog 2001

```
module top(
    input Button1,                      // Wejścia z pull-down
    input Button2,
    output LED1,                        // Diody LED
    output LED2,
    output LED3,
    output LED4
);

    // Przypisania ciągłe
    assign LED1 = Button1;
    assign LED2 = ~Button1;             // Not
    assign LED3 = Button1 & Button2;    // And
    assign LED4 = Button1 | Button2;    // Or

endmodule
```

Listing 2. Plik *top.v* zgodny ze standardem Verilog 95

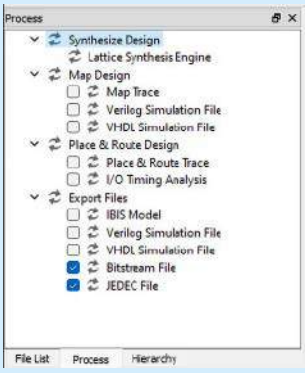
```
module top(Button1, Button2, LED1, LED2, LED3, LED4);
    input Button1;                      // Wejścia z pull-down
    input Button2;
    output LED1;                        // Diody LED
    output LED2;
    output LED3;
    output LED4;

    // Przypisania ciągłe
    assign LED1 = Button1;
    assign LED2 = ~Button1;             // Not
    assign LED3 = Button1 & Button2;    // And
    assign LED4 = Button1 | Button2;    // Or

endmodule
```

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 9df22a5208

Synteza i implementacja

W okienku pokazanym na rysunku 1 klikamy etykietę *Process*, znajdującą się na dole okna. Powinna pokazać się lista procesów, tak jak na **rysunku 3**. Zaznaczamy opcję *Bitstream file* oraz *JEDEC file*, a resztę opcji wyłączamy. Nie będą teraz potrzebne.



Rysunek 3. Lista procesów

Proces przetwarzania kodu Veriloga na plik gotowy do wgrania do pamięci FPGA podzielony jest na cztery etapy:

1. **Synteza** – polega na wygenerowaniu abstrakcyjnej sieci różnych bramek i przerzutników oraz listy połączeń między nimi;
2. **Mapowanie** – powiązanie abstrakcyjnych bramek otrzymanych w poprzednim etapie z rzeczywistymi peryferiami wybranego przez nas układu FPGA;
3. **Place and route** – wybór odpowiednich bramek, przerzutników i innych peryferiów na strukturze FPGA oraz wygenerowanie sieci połączeń pomiędzy nimi. Rozmieszczenie oraz połączenia generowane są zgodnie ze zdefiniowanymi wcześniej wymogami co do czasu propagacji sygnałów, zadanych częstotliwości, itp.;
4. **Eksportowanie** – generowanie finalnego pliku, który wgrywa się do pamięci FPGA. Będziemy korzystać głównie z dwóch typów. *Bitstream file* to plik, który wgrywa się do pamięci RAM. Wgrywa się go błyskawicznie, jednak po wyłączeniu zasilania trzeba wgrać go na nowo. *JEDEC file* to plik dla pamięci flash. Wgrywa się go trochę dłużej, ale zostaje do czasu, aż skasujemy pamięć i zastąpimy go innym plikiem.

Mając gotowy kod w języku Verilog, możemy uruchomić syntezę. Kliknamy dwukrotnie na *Synthesize Design*. Po chwili przy tej pozycji powinien pokazać się zielony ptaszek. Jeżeli pojawi się czerwony krzyżyk – przeglądamy logi w konsoli i szukamy błędu.

Zanim przejdziemy do kolejnych kroków, musimy zdefiniować, z jakimi pinami mają być połączone abstrakcyjne sygnały `Button1`, `Button2`, `LED1`, `LED2`, `LED3`, `LED4`. W tym celu klikamy *Tools* i następnie *Spreadsheet View*, jak widać na **rysunku 4**. Otworzył się edytor sygnałów wejściowych i wyjściowych. W kolumnie *Pin* wpisujemy numery pinów, do których chcemy połączyć sygnały z kolumny *Name*. Zamiast numerów pinów można wpisać ich nazwy, jak np. PT9A, PR2A, jednak wpisywanie numerów jest wygodniejsze i szybsze. Czytelnik powinien wpisać tu numery pinów zgodnie ze schematem używanej płytki deweloperskiej.

Następnie musimy określić typ elektryczny pinu. Do wyboru są standardowe wyjścia push-pull o różnych poziomach napięć, wyjścia różnicowe LVDS i parę innych możliwości. Lewym przyciskiem myszy klikamy pierwszą komórkę w kolumnie *IO_TYPE* i przeciągamy na dół, zaznaczając wszystkie komórki. Klikamy prawym przyciskiem myszy i wybieramy *LVCMOS33*.

W kolejnej kolumnie ustawiamy rezystory pull-up oraz pull-down. Przyciski przedstawione na rysunku 2 zwierają wejścia FPGA z zasilaniem, więc musimy włączyć rezystory pull-down. Zaznaczamy je podobnie jak w poprzednim akapicie i wybieramy *DOWN*. Diody LED nie potrzebują żadnych rezystorów podciągających, więc dla nich wybieramy *NONE*. Zapisujemy ustawienie, klikając ikonę dyskietki.

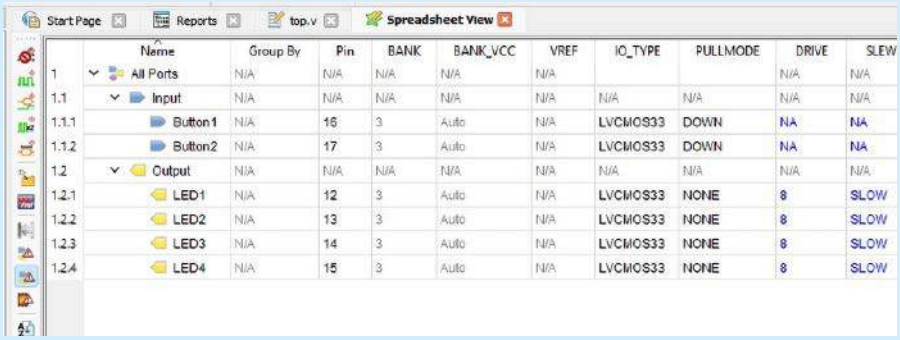
Wracamy do drzewka plików projektu. W katalogu *LPF Constraint Files* pojawił się plik *HelloWorld.lpf*. Jeżeli otworzysz ten plik, zobaczysz dokładnie te same ustawienia, jakie podałeś w Spreadsheet View, ale w formie tekstowej. Może je także edytować w edytorze tekstu, podobnie jak kod programu. Czasami edycja tekstowa jest szybsza niż wyklikiwanie wszystkich ustawień w Spreadsheet. W Spreadsheet View istnieje możliwość skonfigurowania bardzo wielu rzeczy, takich jak sygnały zegarowe, czas propagacji sygnałów, itp.

Wgrywanie bitstreamu

Klikamy dwukrotnie *Bitstream file* na liście procesów. Po chwili pojawi się zielony ptaszek. Klikamy *Tools* i *Programmer*. Zostaniemy poproszeni o wybór programatora. Zakładając, że do komputera podłączony jest jeden programator, możemy śmiało kliknąć OK. Pokazuje się okno programatora, widoczne na **rysunku 5**. Programator powinien automatycznie rozpoznać układ i wyświetlić jego nazwę. **W niektórych przypadkach rozpoznanie może być błędne, ponieważ istnieją podobne układy FPGA, które mają ten sam identyfikator, ale nie są identyczne!** W takiej sytuacji nazwa układu zostanie podświetlona na żółto – trzeba ją kliknąć i ręcznie podać właściwą nazwę.

W kolumnie *Operation* domyślnie ustawiona jest akcja *FLASH Erase, Program, Verify*. Wygenerowaliśmy bitstream dla pamięci RAM, więc musimy zmienić to ustawienie. Klikamy dwukrotnie to pole, a następnie w pozycji *Access mode* wybieramy *Static RAM Cell Mode*, a w pozycji *Operation* wybieramy *SRAM Fast Program*. Trochę niżej należy podać adres do pliku z bitsreamem. Powinien być automatycznie podany adres do pliku **.bit*. Wisienką na torcie jest kliknięcie przycisku zielonej strzałki w dół (rysunek 5). Bitstream zostanie przesłany do FPGA i nasz układ wreszcie ożyje!

Możemy zapisać ustawienia programatora, klikając przycisk dyskietki. W ramach ćwiczeń utworzymy drugi projekt programatora, przystosowany do wgrywania pamięci flash. W tym celu klikamy prawym przyciskiem myszy na *Programming files*, następnie wybieramy *Add* i *New File*. W kreatorze dodawania pliku klikamy *Other files*



	Name	Group By	Pin	BANK	BANK_VCC	VREF	IO_TYPE	PULLMODE	DRIVE	SLEW
1	All Ports	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			N/A	N/A
1.1	Input	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.1.1	Button1	N/A	16	3	Auto	N/A	LVCMOS33	DOWN	NA	NA
1.1.2	Button2	N/A	17	3	Auto	N/A	LVCMOS33	DOWN	NA	NA
1.2	Output	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1.2.1	LED1	N/A	12	3	Auto	N/A	LVCMOS33	NONE	8	SLOW
1.2.2	LED2	N/A	13	3	Auto	N/A	LVCMOS33	NONE	8	SLOW
1.2.3	LED3	N/A	14	3	Auto	N/A	LVCMOS33	NONE	8	SLOW
1.2.4	LED4	N/A	15	3	Auto	N/A	LVCMOS33	NONE	8	SLOW

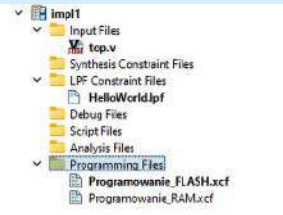
Rysunek 4. Wygląd okna Spreadsheet View

Rysunek 5. Wygląd okna programatora

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 9df22a5208

i *Programmer Project File*. Nazywamy plik wedle własnego uznania i podobnie jak w poprzednich akapitach modyfikujemy akcje programatora. Wybieramy *Flash Programming Mode* i *FLASH Erase, Program, Verify*. Pamiętaj, że właściwym plikiem dla pamięci flash jest plik z rozszerzeniem **.jed*!



Rysunek 6. Dwie konfiguracje programatora

Proponuję utworzyć dwa projekty programatora i zapisać je tak, jak pokazano na **rysunku 6** – dzięki temu można szybko zaprogramować wybraną pamięć bez potrzeby wyklikiwania wszystkich ustawień od początku.

Netlist analyzer

Ostatnią rzeczą, jaką poznamy w tym odcinku kursu, jest Netlist Analyzer. Jest to narzędzie, które pozwala przedstawić kod w postaci schematu, dzięki czemu łatwiej jest zrozumieć strukturę projektu i można szybciej znaleźć interesujący nas fragment kodu. *Klikamy Tools* i *Netlist Analyzer*. Powinniśmy zobaczyć schemat taki, jak na **rysunku 7**. Domyślnie otwiera się schemat RTL (*Register Transfer Level*), który jest ilustracją kodu z bramek, przerzutników i innych abstrakcyjnych elementów logiki cyfrowej. Kliknij dowolną bramkę prawym przyciskiem myszy, a następnie wybierz *Jump to HDL file*. Zostaniemy przeniesieni do edytora kodu, w którym będzie podświetlony fragment odpowiadający kliknięte bramce.

Klikamy przycisk *Technology View* w pionowym pasku narzędzi po lewej stronie. Zostanie wyświetlony ten sam schemat, ale z użyciem zasobów układu FPGA. Widok pokazano na **rysunku 8**. W tym widoku bramki logiczne zostały pokazane jako elementy *look up table* (LUT), które w układach FPGA służą do wygenerowania dowolnych logicznych układów kombinacyjnych (LUT jest de facto multiplekserem, który ma 16 wejść połączonych z pojedynczymi bajtami pamięci RAM, 4 wejścia wybierające oraz jedno wyjście).

Pojawiło się kilka peryferiów, które mogą być ręcznie dodane do kodu Veriloga, ale jeśli ich nie zdefiniowano, to zostaną dodane automatycznie. Są to:

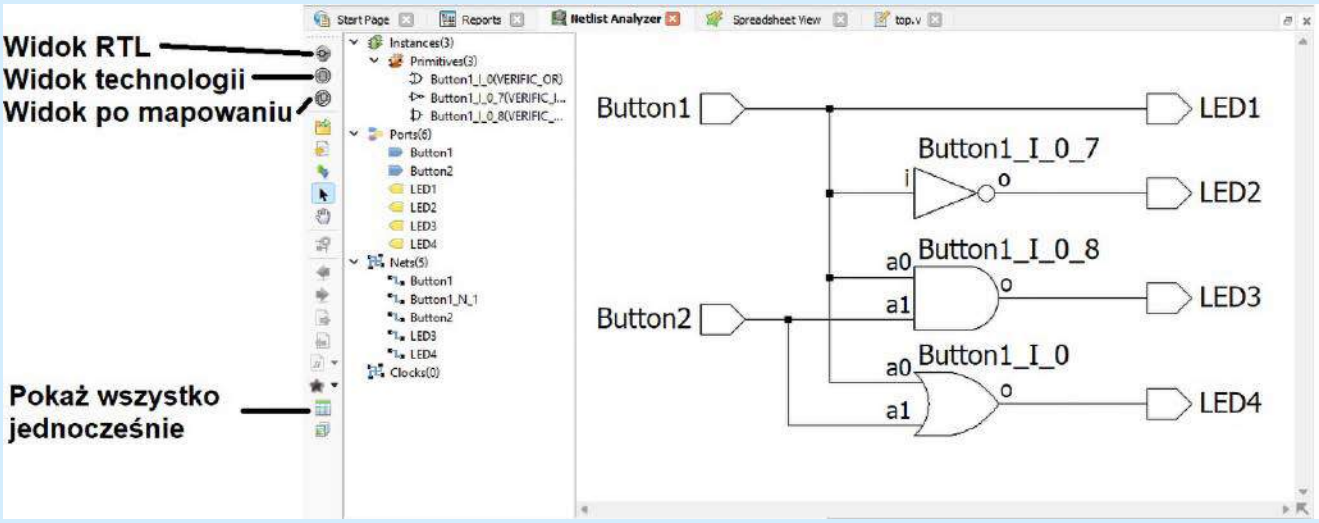
- **GSR** – Global Set Reset,
- **PUR** – Power Up Reset,
- **TSALL** – Tristate All Pins,
- **VHI** – stan logiczny 1, połączenie z zasilaniem,
- **VLO** – stan logiczny 0, połączenie z masą.

Te peryferia zostaną omówione w kolejnych odcinkach.

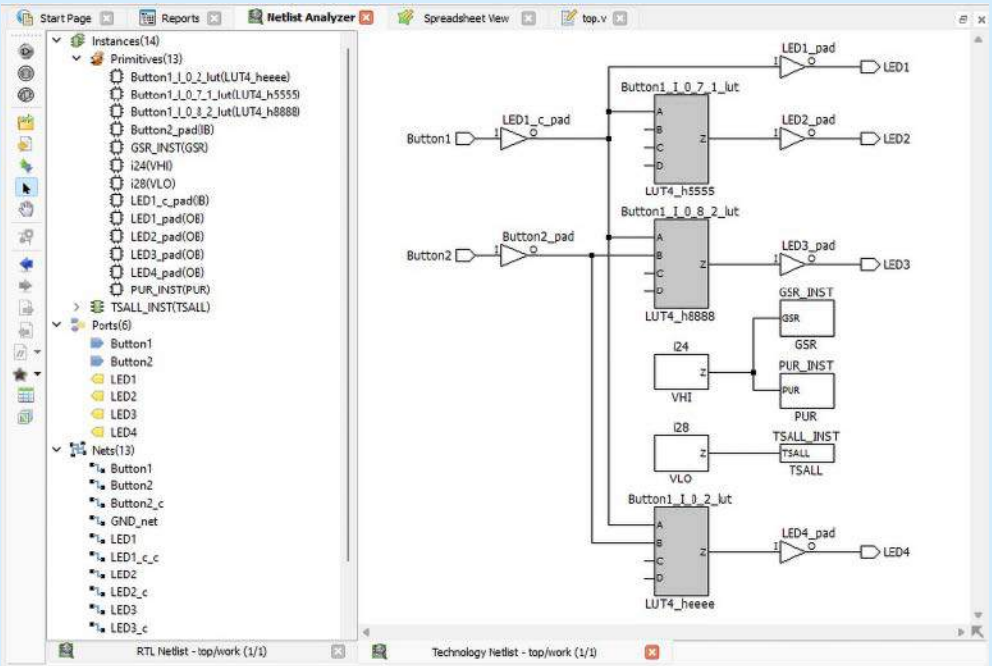
Klikamy teraz przycisk *Post-Mapping View* w pasku narzędzi po lewej stronie. Zostanie pokazany schemat z użyciem fizycznych zasobów układu FPGA. Widzimy, że zostały wykorzystane dwa elementy *slice* – każdy z nich składa się z dwóch tablic LUT, kilku multiplekserów oraz dwóch przerzutników.

To wszystko w tym wydaniu EP! Choć ten odcinek był dosyć długi, to dopiero rozgrzewka!

Dominik Bieczyński
leonow32@gmail.com



Rysunek 7. Schemat RTL w Technology View



Rysunek 8. Schemat technologiczny w Netlist Analyzer

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 9df22a5208

koktajl niusów

Nowe monitory prądu serii XENSIV od Infineon Technologies

Infineon Technologies wprowadziła do sprzedaży scalone monitory prądu serii XENSIV typu TLE4971. Są to zasilane napięciem 3,3 V układy o 4 zakresach pomiarowych: ±25 A, ±50 A, ±75 A i ±120 A. Każdy z układów zawiera kompensację temperaturową. Dzięki zastosowaniu detekcji różnicowej w pomiarach monitory prądu XENSIV TLE4971 nie potrzebują ekranowania do poprawnej pracy. Dostępna w układach pamięć EEPROM umożliwia zmianę progów detekcji prądu i ustawień filtra, który minimalizuje szybkozmienne składowe. Jest to osiągane przy rezystancjach pomiarowych o wartości 220 μΩ oraz indukcyjności pasożytniczej poniżej 1 nH. Zaprojektowane przez Infineon Technologies monitory prądu są zamknięte w obudowie PG-TISON-8 i mogą działać w maksymalnej temperaturze otoczenia 130°C. Monitory XENSIV TLE4971 spełniają normę AEC-Q100 oraz oferują wersje z certyfikatem UL. Są to rozwiązania dla przemysłu oraz motoryzacji. Aplikacje obejmują falowniki oraz stacje ładowania pojazdów elektrycznych.

http://bit.ly/3i0xoIB

Miniaturowa, dwuzakresowa karta sieciowa USB 2.0

Firma TP-Link z dumą prezentuje kartę sieciową Archer T3U Nano, która zapewnia transmisje danych w standardzie Wi-Fi 5 (802.11 ac) z maksymalną szybkością 1300 Mb/s. Kompaktowe wymiary karty (19,85×15,7×7,93 mm) pozwalają stosować ją m.in. wewnątrz laptopów. Wyposażona w port USB 2.0 karta gwarantuje swobodne korzystanie m.in. z gier sieciowych, rozmów VoIP czy strumieniowania wideo. Oferowana przez Archer T3U Nano przepustowość sięga 400 Mb/s w paśmie 2,4 GHz lub 867 Mb/s w paśmie 5 GHz. Dzieje się to przy technice MU-MIMO, która zapewnia sprawną komunikację z wieloma urządzeniami sieciowymi w tym samym czasie. Dostępne w karcie szyfrowanie WPA3 świadczy o bezpieczeństwie transmisji danych na najwyższym poziomie. Karta Archer T3U Nano nie przesłania sąsiadujących z nią portów komputera. Urządzenie może znajdować się w gnieździe podczas transportu laptopa. Wystarczy dołączyć kartę do komputera, a system operacyjny automatycznie zainstaluje dla niej sterowniki. Karta współpracuje z systemami operacyjnymi Windows i Mac OS. Objęto ją trzyletnią gwarancją producenta.

http://bit.ly/3GJ4MxQ

Udział firmy Rohde & Schwarz w tworzeniu monitoringu przestrzeni radiowej w Malezji

Malezyjski urząd komunikacji elektronicznej zdecydował o przyznaniu firmie Rohde & Schwarz kontraktu na budowę ogólnokrajowego systemu monitorowania przestrzeni radiowej. W tym celu firma opracowane przez siebie stacje monitorujące rodziny R&S UMS, które pozwalają określać, skąd wywodzą się emisje sygnałów. Stacje te zostaną zainstalowane w jednej krajowej i pięciu regionalnych centralach w Malezji. Spełniające niezbędne zalecenia ITU stacje mają anteny, które dopasowują się do ośrodków propagacji. Zadaniem tych anten jest niezakłócony odbiór różnych sygnałów radiowych w polaryzacji pionowej i poziomej. Jest to konieczne dla wykrywania źródeł emisji.

Zaoferowane przez Rohde & Schwarz stacje monitorowania są przeznaczone do wzajemnej współpracy. Związane ze stacjami oprogramowanie R&S ARGUS pozwala na obserwację i pomiary widma radiowego, interaktywne procedury, a także zadania automatyczne. Każda ze stacji będzie zdalnie zarządzana zgodnie z malezyjskimi wymogami. Minimalne wymagania dotyczące infrastruktury zapewnią maksymalną elastyczność wyboru miejsca montażu stacji. Planowany system będzie stanowił skuteczne narzędzie regulacyjne w planowaniu i wykorzystaniu zasobów widma radiowego w Malezji. Docelowe testy systemu monitorowania przestrzeni radiowej zostały zaplanowane na marzec 2023 roku.

http://bit.ly/3gqqRXt

Układ ST54K firmy STMicroelectronics dostępny w smartfonie Pixel 7

Opracowany przez STMicroelectronics, wspierający standard NFC układ ST54K zawiera interfejs ST54K-CLF oraz element szyfrujący ST54K-SE. Możliwa jest praca układu ST54K w trybie emulacji karty, czytnika i komunikacji P2P. Jest to możliwe przy maksymalnej mocy wyjściowej 2 W. Układ firmy STMicroelectronics współpracuje zwłaszcza z metalowymi, ramowymi antenami. Dzięki zwiększonej czułości detekcji, interfejs ST54K-CLF wykrywa wszelkie karty i tagi NFC z dużych odległości.

eprasa.pl 9df22a5208

W trybie emulacji karty układ ST54K pracuje bez zegara referencyjnego. Pozwala to zmniejszyć moc, którą pobiera układ. Dostępny w nim element szyfrujący ST54K-SE stanowi mikrokontroler opracowany do bezpiecznych aplikacji mobilnych. Mikrokontroler ten obejmuje rdzeń SecureCore SC300, który jest bezpośrednim rozwinięciem rdzenia Cortex-M3 firmy ARM. Znajdujące się w ST54K-SE zabezpieczenia są główną i skuteczną ochroną przed zaawansowanymi atakami. Przewidziano także podsystem UWB, który zapewnia bezpieczne połączenia typu fine ranging.

Układ ST54K znalazł zastosowanie m.in. w smartfonie Pixel 7 od Google. Spełnia on powiązane ze standardem NFC normy: ISO 14443, ISO 15693 oraz ISO 18092. Jak mówi wiceprezes grupy Microcontrollers & Digital ICs firmy STMicroelectronics, Marie-France Li-Saï Florentin: „Firma Google wybrała układ ST54K ze względu na jego doskonałą wydajność, niską moc i właściwe zabezpieczenia. Układ ten gwarantuje najlepsze doświadczenia z użytkowania smartfonów oraz doskonałą ochronę transakcji zbliżeniowych”.

http://bit.ly/3VmD7a0

Wydajna przetwornica DC/DC produkcji Würth Elektronik

W ofercie firmy Würth Elektronik pojawiła się kompaktowa przetwornica DC/DC o oznaczeniu RD002. Zapewnia ona napięcie wyjściowe 15 V, 18 V bądź 20 V przy zasilaniu 9...18 V. Moc wyjściowa przetwornicy wynosi 6 W. Dopracowana konstrukcja przetwornicy RD002 umożliwia jej zastosowanie w rozwiązaniach wysokich mocy. Dostępne napięcia wyjściowe w zupełności wystarczają do wielu urządzeń.

Jedną z cech przetwornicy RD002 jest dość mała pojemność międzyzwojowa użytego transformatora WE-AGDT 750318114. Wartość tej pojemności to zaledwie 6,8 pF. Pozwala to osiągnąć duży współczynnik CMTI, który zapewnia większe częstotliwości przełączania przetwornicy, bez ryzyka jej uszkodzenia.

Maksymalna sprawność przetwornicy Würth Elektronik nie przekracza 88%. W zakresie zastosowań przetwornicy są ładowarki, inwertery solarne, silniki zmiennoprądowe i impulsowe zasilacze. Przetwornica ma izolację galwaniczną o sporej wytrzymałości. Izolacja ta pomaga eliminować oddziaływanie zakłóceń elektromagnetycznych. Jak mówi inżynier aplikacji w firmie Würth Elektronik, Falco Sanchez Eleazar: „Nie musimy ciągle na nowo wymyślać koła, co tyczy się również elektroniki. Dzięki naszym rozwiązaniom oszczędzasz swój czas i możesz mieć pewność, że produkty Würth Elektronik są zawsze niezawodne”.

http://bit.ly/3GElSwM

Zdalny uchwyt sterujący do aparatów MC-N10 firmy Nikon

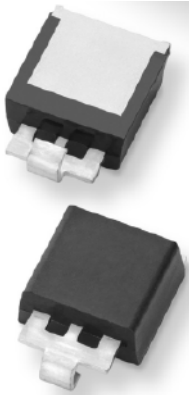
Nikon z przyjemnością ogłasza wprowadzenie do sprzedaży zdalnego uchwytu sterującego MC-N10. Ten lekki i niezawodny uchwyt pozwala, w miarę bezproblemowo, sterować aparatami bezlusterkowymi firmy Nikon zamontowanymi w rigu. Opracowane przez Nikon rozwiązanie jest wyposażone w przyciski oferujące dostęp do ustawień wideo. Przewidziano w nim m.in. sterowanie tylnymi przyciskami aparatu oraz opcje przypisane do pokręteł i przycisków Fn w aparacie.

Standardowa rozeta złącza ARRI pozwala na szybkie zmiany pozycji aparatu. Obracające się bez klikania pokrętła uchwytu gwarantują absolutną ciszę na planie.

Uchwyt MC-N10 podłączany jest do aparatów firmy Nikon poprzez złącze USB-C. Do zasilania uchwytu wymagane są dwie baterie AA, które wystarczają na 12 godzin pracy. Uchwyt waży ok. 310 g i jest odporny na niekorzystne warunki środowiskowe. Jak wyjaśnia menedżer produktu w europejskim oddziale firmy Nikon, Dirk Jasper: „Zdalny uchwyt sterujący MC-N10 otwiera spore możliwości przed filmowcami pracującymi z małymi ekipami. Jego lekka i ergonomiczna konstrukcja gwarantuje komfort obsługi, którego potrzeba, by bez obaw śledzić obiekt i go panoramować”.

http://bit.ly/3EUUtW2

Niezawodna dioda transilowa SMD firmy Littelfuse



Dla niezawodnej ochrony urządzeń oraz systemów elektronicznych przed przepięciami, firma Littelfuse wprowadziła diodę transilową SMTOAK2-070C. Jest to półprzewodnikowy element, który przewodzi prądy szczytowe do 2 kA i pracuje w temperaturze otoczenia od –55 do 150°C. Znamionowe napięcie przebicia wynosi 78 V. Dostępna w obudowie SMTO-263 dioda cechuje się czasem reakcji mniejszym od 1 ps.

Nową diodę firmy Littelfuse wyróżnia szklana warstwa. Dioda SMTOAK2-070 spełnia 3 standardy: IEC 61000-4-2, J-STD-020 i UL94-V0. Przewidziana została dla niej temperatura lutowania 260°C. Zastosowania diody obejmują m.in. stałoprądowe zasilacze, urządzenia PoE (Power-over-Ethernet) i przetwornice DC/DC z elementami SiC lub GaN. Jak wyjaśnia starszy menedżer produktu w firmie Littelfuse, Ben Yi Wei Huang: „Coraz częściej spotykane są zasilacze o dosyć wysokich sprawnościach. Potrzebują one właściwej ochrony przed przepięciami. Jest to możliwe dzięki diodzie SMTOAK2-070C. Korzystając z tej diody, projektanci mogą uzyskać znaczną niezawodność rozwiązań, przy małym zapotrzebowaniu na przestrzeń oraz czas montażu”.

http://bit.ly/3XnOaSe

Kolejna wersja inteligentnego głośnika Echo Dot firmy Amazon

W dostarczanej od niedawna ostatniej wersji głośnika użytkownicy mogą komunikować się z Alexą w języku angielskim (wariant amerykański), by zyskać dostęp do polskich wiadomości i stacji radiowych oraz wybranych funkcji jak: minutnik, alarm, prognoza pogody, sterowanie inteligentnym domem czy rozmowy między różnymi, zgodnymi ze sobą urządzeniami Alexa. Dostępna w głośniku Echo Dot membrana charakteryzuje się wysokim stopniem wychylenia. Przetwornik głośnika jest pełnozakresowy i gwarantuje czysty dźwięk oraz klarowne basy. Dzieje się to przy oryginalnej, kulistej obudowie głośnika.

eprasa.pl 9df22a5208

Nowa wersja Echo Dot zawiera czujniki, które pozwalają korzystać z Alexy w kontekstowy sposób, m.in. do tworzenia zadań poprzez głosowe sterowanie inteligentnymi systemami w domu. Zintegrowany akcelerometr zapewnia dotykowe sterowanie głośnikiem – wystarczy dotknąć górnej części urządzenia, by wstrzymać i wznowić odtwarzanie muzyki, wyłączyć alarm minutnika lub skończyć rozmowę. Głośnik Echo Dot zaprojektowano z myślą o ochronie prywatności – w tym celu występuje np. przycisk włączania i wyłączania mikrofonu. Użytkownicy mogą również przeglądać i usuwać nagrania głosowe. Jak wyjaśnia członek zarządu polskiego oddziału firmy Amazon, Eric Andrew Saarnio: „Dzięki doskonałemu wtapianiu się w otoczenie głośnik Echo Dot ułatwia codzienne życie, kiedy tego potrzeba. Dzięki polepszonemu dźwiękowi i kompaktowej obudowie głośnik zapewnia więcej możliwości bezproblemowego wykorzystania Alexy w codziennym życiu. Dzieje się to przy nowych czujnikach i dostępnej w Echo Dot technologii, które pozwalają na korzystanie z Alexy na jeszcze więcej sposobów niż wcześniej”.

http://bit.ly/3i412N9

Kondensatory MLCC serii Vitramon do obwodów wysokich częstotliwości

Są to ceramiczne, wielowarstwowe elementy o elektrodach ze szlachetnych metali, przeznaczone do montażu powierzchniowego (SMD). Kondensatory wyróżniają się częstotliwością pracy w zakresie od 3 MHz do 18 GHz. Napięcia robocze kondensatorów Vitramon obejmują wartości 25...500 V, a dopuszczalna temperatura otoczenia to zakres od –55 do 125°C.

Kondensatory są przeznaczone m.in. do urządzeń RF, wzmacniaczy i rozwiązań mikrofalowych. W tych zastosowaniach kondensatory Vitramon blokują napięcia stałe bez użycia układów szerokopasmowych. Sygnały zmienne o częstotliwościach z zakresu pracy kondensatorów są przenoszone ze stratą poniżej 0,5 dB. Kondensatory Vishay Intertechnology mogą działać na pasmach: HF, VHF, UHF, L, S, C, X i Ku I są dostępne w obudowach SMD: 0402, 0603, 0805 i 1210.

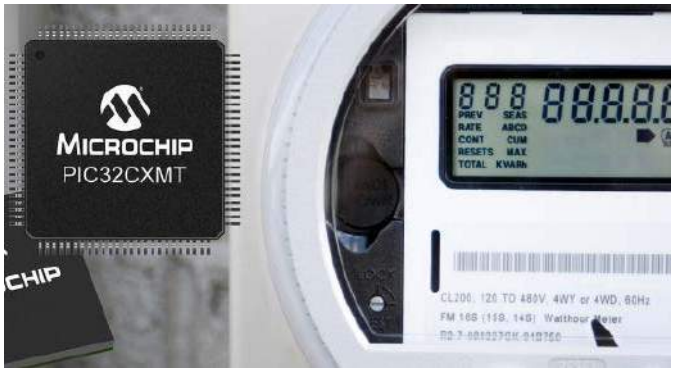
http://bit.ly/3AE2Kvj

Ekranowane modele złączy serii 369 firmy TE Connectivity

W opracowanych przez TE Connectivity modelach można znaleźć lekką, trwałą konstrukcję, która wzbogaca aplikacje złączy serii 369 o sieci Ethernet oraz układy dystrybucji zasilania. Podstawą tej konstrukcji jest kompozytowa powłoka niklowa redukująca wagę złączy o 75%. Znoszące maksymalny prąd szczytowy 3,6 kA złącza serii 369 oferują ekranowanie powyżej 60 dB dla niskich częstotliwości oraz powyżej 40 dB dla wysokich częstotliwości. Wszystkie złącza zapewniają obsługę standardu Ethernet z przepustowością poniżej 10 Gb/s.

Każde ze złączy serii 369 podlega skrupulatnej inspekcji po wyprodukowaniu. Jak wyjaśnia menedżer produktu w dziale Aerospace, Defense and Marine firmy TE Connectivity, Clint Schlosser: „Uwzględnienie ekranowania w złączach serii 369 oznacza wykroczenie aplikacji tych złączy poza komercyjną branżę lotniczą. Spełniające normę MIL-DTL-38999 złącza są przewidziane do pracy w trudnych warunkach przemysłu lotniczego oraz wojskowego”.

http://bit.ly/3EzRbpM



Rodzina wydajnych mikrokontrolerów PIC32CXMT firmy Microchip Technology

Firma Microchip Technology zademonstrowała nową rodzinę mikrokontrolerów PIC32CXMT, które charakteryzuje 32-bitowa architektura oraz transceivery RF i PLC. Jest to platforma sprzętowa, która gwarantuje taktowanie z maksymalną częstotliwością 200 MHz i uwzględnia niezawodną w działaniu pamięć SRAM o pojemności danych do 560 kB włącznie. Dostępne w mikrokontrolerach serii PIC32CXMT bezprzewodowe interfejsy G3-PLC i PRIME stanowią o najwyższej wydajności pracy układów. Nowa seria firmy Microchip Technology to scalone rozwiązania o pojedynczym rdzeniu Cortex M4F (firmy ARM) lub podwójnym rdzeniu Cortex-M4 (firmy ARM) i układy SoC. Mikrokontrolery PIC32CXMT mają zabezpieczenia, które zapewniają optymalne działanie i użycie pamięci. Nowe układy są przeznaczone m.in. do aplikacji IoT. Są obsługiwane przez środowisko MPLAB Harmony v3. Jak wyjaśnia dyrektor jednostki biznesowej Smart Energy w firmie Microchip Technology, Kourosh Boutorabi: „Nowe mikrokontrolery serii PIC32CXMT oferują wysoką skalowalność i wydajność. Jest to wyraz naszego zaangażowania w układy zapewniające elastyczną i bezpieczną platformę dla inteligentnych liczników, które są unikalne i oferują stabilną łączność”.

http://bit.ly/3OJJLW1

30. urodziny marki komputerów przenośnych ThinkPad

W fabryce Norblina w Warszawie przedstawiciele firmy Lenovo i licznie zgromadzeni goście mieli okazję wspólnie celebrować trzydzieste urodziny marki ThinkPad. Dzięki przygotowanej na tę okazję

eprasa.pl 9df22a5208

wystawie można było zobaczyć, jak rozwijała się marka. Historia marki ThinkPad zaczyna się 5 października 1992 roku od premiery laptopa ThinkPad 700C. Tego dnia nikt się nie spodziewał, że będzie to unikatowy produkt, który zmieni oblicze biznesu i zdobędzie ponad 300 nagród. Z tego komputera korzystali w szczególności prezesi firm. Jego dobra konstrukcja sprawiła, że stał się on wkrótce znany. Dziś marka ThinkPad jest synonimem wytrzymałości. Jej laptopy są w pełni bezpieczne i wydajne, a także udowadniają, że przywiązanie do marki może trwać latami. Od 30 lat laptopy ThinkPad towarzyszą różnym odkryciom i dokonaniom. W związku z 200 milionami sprzedanych sztuk laptopów ThinkPad do października 2022 roku można z nadzieją patrzeć na to, jak kultowa obecnie marka wciąż będzie pomagać ludziom. Jak wyjaśnia dyrektor generalny polskiego oddziału firmy Lenovo, Wojciech Zaskórski: „Trzydziestolecie marki ThinkPad to wyjątkowa okazja, by przypomnieć sobie, co udało się osiągnąć na rynku IT. Dziś, w 2022 roku jesteśmy świadkami nie tyle ewolucji, co rewolucji. Przyspieszenie postępu technologicznego umożliwia zobaczenie przyszłości tworzonej przez inżynierów Lenovo. Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że opracowujemy komputery, z których będą korzystać następne pokolenia”.

http://bit.ly/3OBQzow

Kompaktowe przetwornice DC/DC firmy Traco Power serii TMU 3

Dostępne w obudowie SIP-4 przetwornice rodziny TMU 3 powstały z myślą o przemysłowych aplikacjach. W tym celu moc przetwornic wynosi 3 W, a ich wyjściowe napięcia to 5 V, 12 V i 15 V. Sprawność nowych przetwornic dochodzi do 86% (w zależności od modelu). Seria TMU 3 została przystosowana do pracy w temperaturze od –40 do 75°C. Przetwornice tej serii definiuje napięcie przebicia o wartości 1,5 kV. Każda przetwornica współpracuje z jednym z trzech nominalnych napięć wejściowych: 5 V, 12 V bądź 24 V z tolerancją ±10%. Prądy wejściowe i wyjściowe przetwornic dochodzą do setek mA. Przetwornice serii TMU 3 mają zabezpieczenia przed zwarciem. Są to podzespoły o rozmiarach: 11,5×8,6×10,2 mm. Wszystkie przetwornice objęto trzyletnią gwarancją producenta.

https://bit.ly/3SMv6JP

Motoryzacyjny wzmacniacz operacyjny AS2376Q firmy Diodes Incorporated

W odpowiedzi na wymagania obwodów kondycjonowania sygnałów w rozwiązaniach motoryzacyjnych firma Diodes Incorporated przygotowała niewielki wzmacniacz operacyjny AS2376Q. Jest to układ typu rail-to-rail, który zapewnia nadzwyczaj dużą elastyczność tworzenia aplikacji pojazdowych. Pasmo przenoszenia sięga 5,5 MHz i w pełni wystarcza dla zróżnicowanych systemów automotive. Maksymalna gęstość szumów wynosi 9,5 nV/√Hz, a szum częstotliwościowy to 0,8 μVpp, co stanowi o wysokiej integralności sygnałów,

które obsługuje wzmacniacz AS2376Q. Charakteryzuje się wejściowym napięciem niezrównoważenia poniżej 5 μV. Jego prąd spoczynkowy nie przekracza 950 μA i pracuje przy temperaturze od –40 do 125°C. Napięcie zasilania AS2376Q wynosi od 2,2 do 5,5 V. Wzmacniacz jest dostarczany w obudowie SO-8. Spełnia on normę AEC-Q100 i ma certyfikat IATF 16949. Zastosowanie wzmacniacza obejmuje: ładowarki OBC, systemy zarządzania bateriami (BMS), pompy, poduszki powietrzne, czujniki położenia oraz systemy wykrywania osób w pojazdach.

http://bit.ly/3AEr5AT

Wydajny tranzystor MOSFET firmy Vishay Intertechnology

Firma Vishay Intertechnology opracowała tranzystor MOSFET o oznaczeniu SiHK045N60EF. Jest to tranzystor typu N z rezystancją Rds(on) wynoszącą 0,045 Ω i dostępny jest w obudowie PowerPAK 10×12. Nowy tranzystor cechuje się maksymalnym ładunkiem bramki 70 nC, a związany z tranzystorem współczynnik FOM sięga wartości 3,15 Ω×nC – co oznacza zmniejszone straty przewodzenia oraz przełączania. Tym sposobem tranzystor SiHK045N60EF może być stosowany w zasilaczach i układach korekcji współczynnika mocy (PFC) w systemach zasilania. Możliwe jest osiągnięcie sprawności energetycznej do 98% dla zasilaczy. Obudowa PowerPAK 10×12 charakteryzuje się rezystancją termiczną 0,45°C/W. Aplikacje tranzystora uwzględniają zasilacze UPS, lampy wyładowcze, inwertery solarne, napędy silnikowe oraz ładowarki baterii.

https://bit.ly/3sJpLbH

Dioda zabezpieczająca PTVS20-015C-TH firmy Bourns znosząca duże prądy przebiciowe

W ofercie firmy Bourns zadebiutowała dioda zabezpieczająca (transil) o oznaczeniu PTVS20-015C-TH. Dioda ta gwarantuje skuteczną ochronę przed wyładowaniami elektrostatycznymi (ESD). Jest to półprzewodnikowy element o napięciu przebicia 16...19 V i szczytowym prądzie przewodzenia 20 kA. Dioda pracuje w temperaturze od –55 do 125°C. Jej typowa pojemność wynosi 38,5 nF a prąd wsteczny to 19 μA. Graniczne napięcie robocze diody wynosi 15 V. Dioda spełnia normę IEC 61000 oraz wymagania palności UL94-V0. Z łatwością mieści się ona w małych rozwiązaniach. Dioda PTVS20-015C-TH jest przewidziana do montażu przewlekanego (THT).

http://bit.ly/3U5s8AO

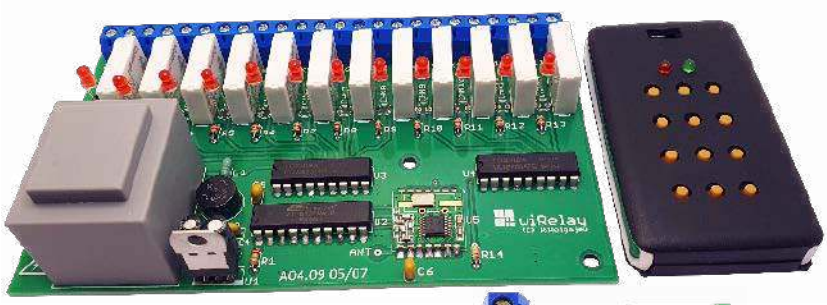
Jakub Tyburski, EP

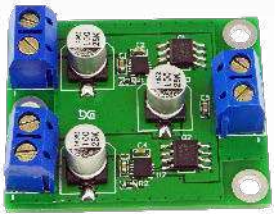
eprasa.pl 9df22a5208

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 1/2023

wiRelay – bezprzewodowa, 12-kanałowa karta przekaźników z potwierdzaniem

Zaproponowano mi zaprojektowanie 12-kanałowej, bezprzewodowej karty przekaźników, gdyż, jak się okazuje, tego rodzaju urządzenia dość często znajdują zastosowanie w gospodarstwach domowych, zwłaszcza wtedy, gdy zamieszkujemy domek jednorodzinny. Postanowiłem zbudować system o wysokiej uniwersalności. Z założenia system taki składa się z nadajnika i odbiornika rozkazów sterujących; głównym problemem implementacyjnym było znalezienie sprawdzonego i energooszczędnego modułu do bezprzewodowej transmisji danych. Co oczywiste, zależało mi na tym, by nadajnik tego systemu pracował na zasilaniu bateryjnym i charakteryzował się minimalnym poborem mocy zapewniającym długą pracę urządzenia.





DS18SW20 – emulator termometru DS1820

Pomysł na ten projekt narodził się w dość nietypowych okolicznościach. Otóż, w jednym z urządzeń dostarczonych przez klienta zmuszony byłem wymienić uszkodzony termometr scalony pod postacią bardzo popularnego układu typu DS1820 firmy Maxim Integrated pracującego pod kontrolą interfejsu 1-wire. Ku mojemu wielkiemu zaskoczeniu okazało się, że zdobycie tego prostego elementu graniczy z cudem. Na pocieszenie można dodać, że znacznie przystępniejszy jest inny termometr tego producenta, a mianowicie DS18B20. Niestety oba wspomniane peryferia nie są bezpośrednimi odpowiednikami. Wtedy do głowy wpadł mi dość oryginalny, jak mi się wydaje, pomysł skonstruowania własnego termometru DS1820, którego projekt nazwałem dość sugestywnie, a mianowicie DS18SW20 – SW od słowa software.

Regulator jasności podświetleń do fotografii produktowej i makro

Układ powstał z potrzeby chwili, aby ułatwić fotografowanie detali w małym namiocie bezcieniowym. Namiot ma podświetlenie górne, w postaci listew LED oraz dodatkowo został doposażony w podświetlaną podstawkę LED. Oba źródła zasilane są z ładowarki USB, niestety pozbawione są regulacji jasności. Aby umożliwić niezależną regulację jasności, powstał mały regulator PWM, zasilany z banku energii lub ładowarki USB. Możliwość płynnej regulacji ułatwia prawidłowe oświetlenie detalu i upraszcza wykonanie poprawnie naświetlonej fotografii.

Moduł redundancji zasilania dla komputerów SBC

Zapewnienie stabilnego zasilania jest podstawowym wymogiem koniecznym przy projektowaniu urządzeń elektronicznych. Problem jest szczególnie istotny dla komputerów jednopłytkowych SBC, które w dzisiejszych czasach realizują całkiem poważne zadania, a ewentualny zanik zasilania może uszkodzić system plików, naruszyć integralność danych, nie wspominając o oczywistej przerwie w pracy urządzenia. Podwójne źródło zasilania w postaci dwóch różnych źródeł współpracujących z modułem redundancji pozwala ograniczyć skutki awarii zasilacza.

a ponadto tematy wiodące w EP 1/2023:

- Aktywne implanty medyczne
- Zastosowania komponentów rad-hard

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 41
ARMEL 15
BORNICO 51
COMPUTER CONTROLS 7
CONTRANS TI 16
ELMAX 11
GAMMA 15
HAMMOND 13
PIEKARZ 15
SATLAND PROTOTYPE 53
TARGI AUTOMATICON 75

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

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Jakub Sobański

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel. 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Stali współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Przemysław Musz, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

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

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Redakcja strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22 (godz. 10:00–14:00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

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

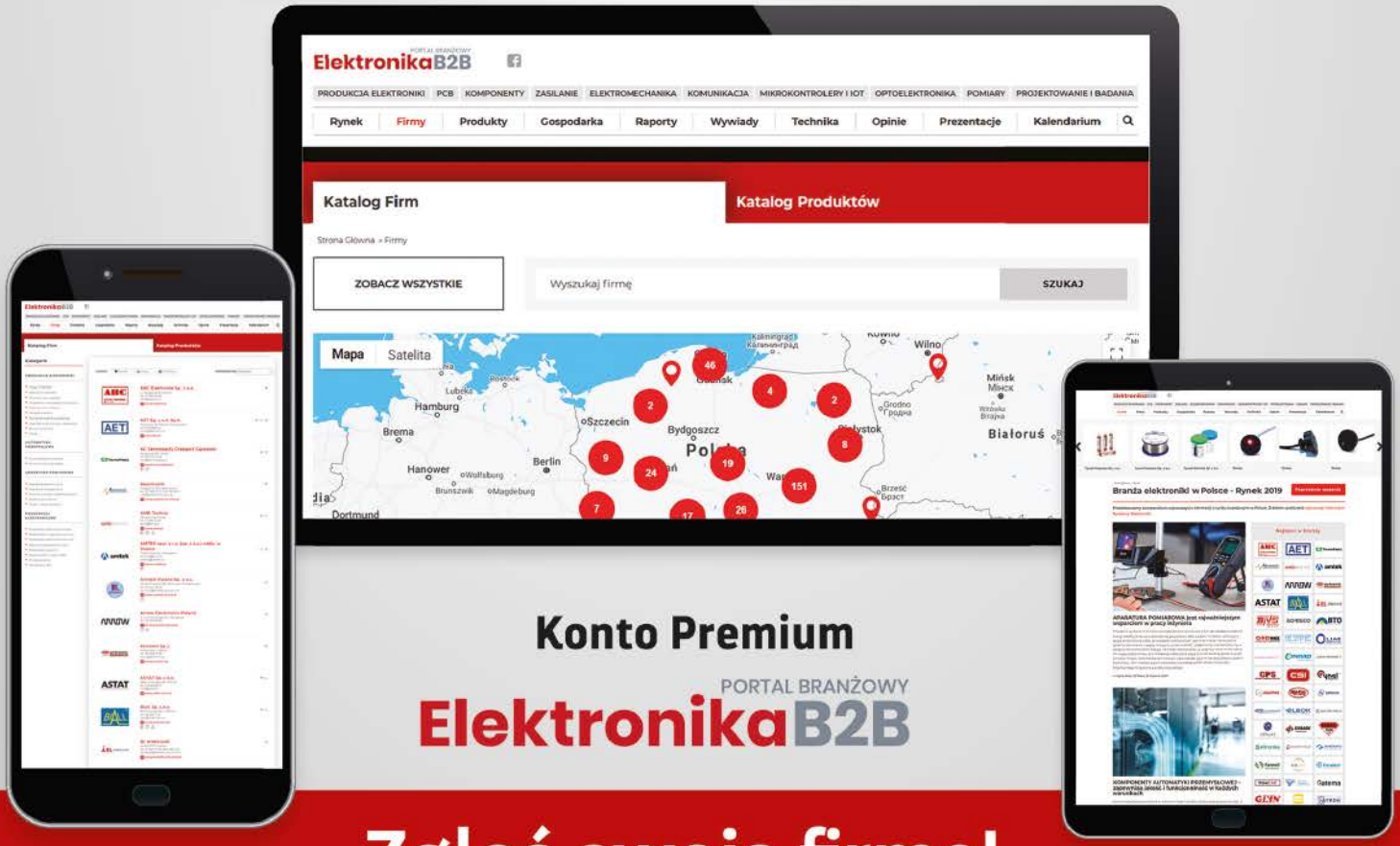
Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 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”.

eprasa.pl 9df22a5208

IRE 2023

Nowa edycja



Konto Premium

PORTAL BRANŻOWY
ElektronikaB2B

Zgłoś swoją firmę!

www.ElektronikaB2B.pl/IRE