LUTOWANIE ELEMENTÓW SMD

www.ep.com.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA +FTP

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Sierpień ● 8/2021 ●

EP W TOKU NA EP.COM.PL

tylko Prenumeratorzy

mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP

inspirujące, użyteczne projekty

Stereofoniczny aktywny regulator głośności • Licznik czasu z czujnikiem odbiciowym • Czteroportowy mikrohub USB dla systemów wbudowanych • Energooszczędny przekaźnik bistabilny • Ładowarka bezprzewodowa z układem LTC4124 • Wyświetlacz OLED 2×16 z interfejsem I²C • Podwójny klucz zasilania High Side • Multiplekser analogowy sterowany z magistrali I²C • Minimoduły cyfrowego audio – przetworniki ADC i DAC • Sterownik 12×LED z interfejsem I²C • Monitor pracy wentylatora • Telemetryczny czujnik napięcia do aparatur FRSKY • Automatyczny dyspenser karmy • Zamek z czytnikiem linii papilarnych

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Lutowanie – najważniejszy etap prototypowania i produkcji • Produkcja pakietów elektronicznych. Linia małoseryjna i prototypowa • Elektroniczne zabezpieczenia biometryczne • Płytka prototypowa z mikrokontrolerem STM32U5 • Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE. Monolityczne front-endy PPG i SpO2

tutoriale

Bez programowania Androida. Projekt z użyciem BLE i aplikacją mobilną. Rejestracja i prezentowanie danych • Projektowanie wysokotemperaturowych urządzeń elektronicznych

kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy. Pozyskiwanie energii słonecznej – układ BQ25570 • Eksperymenty z FPGA. Monitor jako wyświetlacz alfanumeryczny

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR

ISSN 1230-3526 Indeks 357677

9 771230 352214 08 >

eprasa.pl 1ed9207c33

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.

PREZENT
do każdej opłaconej prenumeraty

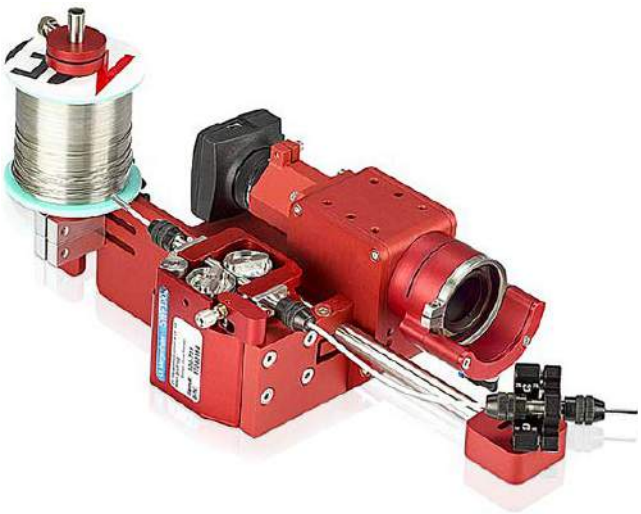
Każdorazowo opłacenie prenumeraty jest premiowane prezentem. Możesz otrzymać t-shirt z logo EP (do wyboru mamy rozmiar L lub XL).
Zgłoś się po prezent mailowo – prenumerata@avt.pl.

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

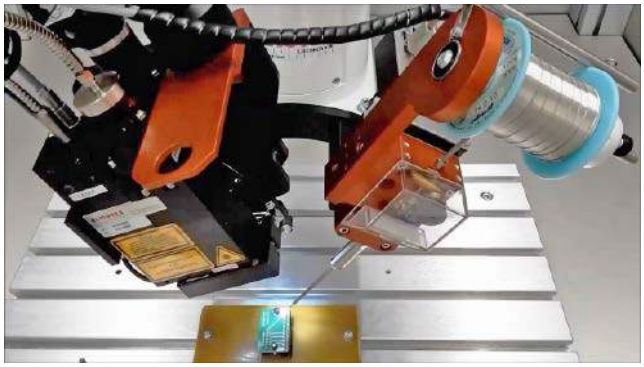
eprasa.pl 1ed9207c33

Soczewka zamiast grota



Łączenie podzespołów z płytką PCB poprzez lutowanie jest podstawowym zadaniem całego procesu montażu. Jest kilka powszechnie stosowanych technologii pozwalających na uzyskanie dobrych efektów, ale miniaturyzacja elektroniki oraz jej różnorodne, nowe zastosowania stawiają wiele wyzwań. Niektóre podzespoły, takie jak czujniki parametrów środowiskowych, optoelektronika, przetworniki dźwięku czy złącza, są wrażliwe na wysokie temperatury i powszechnie używane metody lutowania na fali czy lutowania rozpływowego nie mogą być stosowane. Jednocześnie niewielkie wymiary i duża gęstość upakowania nie pozwalają na wykorzystanie montażu selektywnego. W takim przypadku odpowiednim rozwiązaniem będzie montaż laserowy.

Chociaż lasery są stosowane od dawna w wielu gałęziach przemysłu, to wykonywane za ich pomocą różnorodne połączenia polegają głównie na spawaniu, czyli termicznym łączeniu elementów, w którym są one częściowo stapiane. W przypadku lutowania połączenie powstaje wyłącznie na skutek stopienia lutowia (spoiwa), które ma niższą temperaturę topnienia od łączonych materiałów. Zatem lutowanie laserowe wymaga dokładnej kontroli przebiegu procesu. Głowica lutująca, poza źródłem energii promieniowania i układem optyki, zawiera kamerę do podglądu procesu, pirometr do analizy mocy cieplnej dostarczonej do płytki oraz dozownik drutu lutowniczego. Zastosowanie wydajnego lasera nie pozwala na kontrolę procesu przez człowieka, stąd wynika konieczność operowania kamerą. To ona umożliwia sprawdzenie punktu lutowania, miejsca dostarczenia spoiwa oraz weryfikację punktów referencyjnych. Pirometr odpowiada za kontrolę samego procesu przetopu lutowia i uzyskanie zaprogramowanego profilu temperaturowego.



Lutowanie z użyciem lasera oferuje niedostępną dotąd precyzję. Zastosowanie skupionej wiązki promieniowania eliminuje ograniczenia wielkości lutowanej powierzchni oraz jej dostępności. Nawet jeżeli punkt łączeniowy znajduje się blisko plastikowej obudowy złącza lub jest pomiędzy innymi komponentami – nie stanowi to problemu. Ciepło z lutowania ogranicza się tylko do powierzchni padu. Ponadto wiązka promieniowania może być kształtowana do postaci pierścienia, który lepiej sprawdza się podczas lutowania wyprowadzeń elementów przewlekanych – nagrzewana jest przelotka na płytce PCB i spoiwo, a nie wyprowadzenie elementu. Dostępne są też urządzenia o kilku głowicach laserowych pozwalające na lutowanie np. dwóch punktów jednocześnie lub lutowanie precyzyjnie określonego obszaru. Skierowanie kilku wiązek laserowych i nagrzewanie obudowy umożliwia montaż obudów QFN, BGA. Możliwości takiego systemu można zobaczyć na filmie: https://bit.ly/3AkzhDJ.

Spoiwo lutownicze może być dozowane przez głowicę z dołączonym odpowiednim urządzeniem. Może występować w różnych postaciach, w zależności od wymagań procesu, np. jako drut lub małe kulki. W niektórych przypadkach lut jest nakładany w oddzielnym procesie przed rozpoczęciem lutowania.

Poza tym lutowanie laserem jest bardzo czystym procesem. Oprócz cyny z dodanym do niej topnikiem i powierzchniami lutowanymi nie ma żadnych innych obiektów – połączenia są wolne od utlenionych pozostałości z grotów, zgarów z fali cyny czy też spalonych drobin topników.

Lutowanie laserowe pozwala przezwyciężyć problemy związane z szybkim rozwojem elektroniki. Tylko pod względem wydajności ustępuje powszechnie stosowanym technologiom. Jak każde nowe rozwiązanie, na razie dostępne jest jedynie w przemysłowych zastosowaniach. Jest tylko kwestią czasu, gdy rozpocznie ekspansję na inne branże.

Damian Soskowski

eprasa.pl 1ed9207c33

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 8 (343) • Sierpień 2021

Zamek z czytnikiem linii papilarnych

ARDUINO

Pierwsze konstrukcje pełniące funkcje zamków – rygli, pochodzą z Asyrii, sprzed około sześciu tysięcy lat. Idea takiego wynalazku przetrwała do dzisiaj, jednak postęp technologiczny całkowicie ją przekształcił. Obecnie często używa się zamków elektronicznych, do których nie trzeba nawet klucza – wystarczy kod, odcisk palca czy zwykły uśmiech.

Automatyczny dyspenser karmy

ARDUINO

Wakacje to okres, gdy często wyjeżdżamy z domu na dłuższy czas. Jeśli nie mamy nikogo, kto może zająć się naszymi zwierzętami domowymi w pełnym zakresie godzin, to automatyczny karmnik może być idealnym rozwiązaniem, aby nasz pupil bezpiecznie czekał do naszego powrotu.

Nie przeocz

Nowe podzespoły 5
Dodaj do obserwowanych 10
Koktajl niusów 91

Projekty

Stereofoniczny aktywny regulator głośności 16
Licznik czasu z czujnikiem odbiciowym 19

Miniprojekty

Czteroportowy mikrohub USB dla systemów wbudowanych 24
Energooszczędny przekaźnik bistabilny 26
Ładowarka bezprzewodowa z układem LTC4124 28
Wyświetlacz OLED 2×16 z interfejsem I²C 30
Podwójny klucz zasilania High Side 32
Multiplekser analogowy sterowany z magistrali I²C 34
Minimoduły cyfrowego audio – przetworniki ADC i DAC 36
Sterownik 12×LED z interfejsem I²C 39
Monitor pracy wentylatora 41
Telemetryczny czujnik napięcia do aparatur FRSKY 43

Temat numeru: Elektroniczne zabezpieczenia biometryczne

Elektroniczne zabezpieczenia biometryczne 46

Projekty soft

Automatyczny dyspenser karmy 54
Zamek z czytnikiem linii papilarnych 58

Notatnik konstruktora

Płytka prototypowa z mikrokontrolerem STM32U5 62
Bez programowania Androida. Projekt z użyciem BLE i aplikacją mobilną (3). Rejestracja i prezentowanie danych 68
Projektowanie wysokotemperaturowych urządzeń elektronicznych (1) 83

Prezentacje

Produkcja pakietów elektronicznych. Linia małoseryjna i prototypowa 71

Wybór konstruktora: Lutowanie

Lutowanie – najważniejszy etap prototypowania i produkcji 74

Poradnik implementacji

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (6). Monolityczne front-endy PPG i SpO2 86

Kursy

Systemy dla Internetu Rzeczy (51). Pozyskiwanie energii słonecznej – układ BQ25570 95
Eksperymenty z FPGA (21). Monitor jako wyświetlacz alfanumeryczny 102

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Kramik i rynek 94
Hity następnego numeru 107

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

eprasa.pl 1ed9207c33

Szczegóły na stronie 47

nowe podzespoły

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

Nieulotne pamięci SRAM 2. generacji o 20-letniej retencji danych

Infineon Technologies LLC ogłasza rozpoczęcie produkcji nieulotnych pamięci SRAM (nvSRAM) drugiej generacji, zaprojektowanych do zastosowań w lotnictwie, systemach przemysłowych i innych aplikacjach narażonych na ciężkie warunki środowiskowe. Mogą być one stosowane do przechowywania danych pomiarowych i kalibracyjnych oraz jako pamięci rozruchowe. Uzyskały kwalifikację MIL-PRF-38535 QML-Q. Występują obecnie w dwóch wariantach: STK14C88C o pojemności 256 kb i STK14CA8C o pojemności 1 Mb, zamykanych w 32-wyprowadzeniowych ceramicznych obudowach CDIP. Mogą pracować w zakresie temperatury otoczenia od –55 do +125°C. Występują w wersjach o napięciu zasilania 3 V i 5 V.

W normalnych warunkach pracy pamięć nvSRAM działa podobnie, jak konwencjonalna asynchroniczna pamięć SRAM. W przypadku awarii zasilania dane są automatycznie zapisywane w pamięci nieulotnej, gdzie są chronione przez ponad 20 lat. Firma Infineon dostarczyła już ponad dwa miliardy nieulotnych pamięci SRAM opartych na technologii SONOS.

www.infineon.com

Moduł synchronizacji czasu GNSS Dual-Frequency o dokładności 5 ns

Firma Trimble wprowadza na rynek swój pierwszy moduł synchronizacyjny GNSS Dual-Frequency o symbolu RES 720, przeznaczony do synchronizacji czasu w sieciach 5G. Pracuje on w pasmach GNSS L1 i L5, pozwalając zredukować błąd synchronizacji przy czystym niebie do 5 ns, bez konieczności korzystania z zewnętrznej usługi korekcji oraz ograniczyć efekty propagacji wielodrogowej w trudnych warunkach pracy. Oferuje technologię Smart GNSS Assurance zabezpieczającą przed zakłócaniem sygnału i atakom typu spoofing.

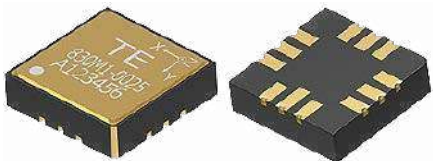
Moduł RES 720 jest zamykany w obudowie SMD o wymiarach 19×19×2,5 mm. Stanowi bardzo dokładne i niezawodne źródło pomiaru czasu GPS do infrastruktury krytycznej w wielu branżach, m.in. w telekomunikacji, inteligentnych sieciach energetycznych, automatyce przemysłowej, komunikacji satelitarnej i usługach kalibracyjnych. Aby jeszcze bardziej poprawić lokalną dokładność pozycjonowania, oferuje tryby różnicowe. RES 720 pracuje z napięciem zasilania 3,3 VDC, pobierając maksymalnie 0,5 W mocy. Jego zakres dopuszczalnej temperatury pracy rozciąga się od –40 do +85°C. Układ ma być dostępny w sprzedaży w 2. połowie br.

Ważniejsze dane techniczne:

- pasmo L1:
  - 1602 MHz & 1575,42 MHz (GPS, GLONASS, QZSS, Galileo),
  - 1561,098 MHz (BeiDou),
- pasmo L5:
  - 1176,45 MHz (GPS, QZSS, Galileo & BeiDou, NavIC),
- wyjście: 1 PPS (±5 ns)/PP2S,
- dokładność: <5 ns (1-sigma, czyste niebo),
- czas startu: 1 s (hot start), 30 s (cold start),
- czułość: –166 dBm (tryb śledzenia/nawigacji),
- protokoły: NMEA, TSIP.

www.timing.trimble.com

3-osiowy szerokopasmowy akcelerometr do monitorowania stanu maszyn



Wraz z coraz większą automatyzacją fabryk i coraz większym wykorzystaniem aplikacji IoT, rośnie też zapotrzebowanie na czujniki do monitorowania stanu maszyn. Ponieważ przestoje linii produkcyjnych mogą być bardzo kosztowne, monitorowanie i konserwacja zapobiegawcza za pomocą czujników nabierają coraz większego znaczenia. Do monitorowania wibracji i stanu łożysk w maszynach produkcyjnych firma TE Connectivity zaprojektowała nowy

REKLAMA

BORNICO | Teraz większe MOŻLIWOŚCI
bornico.com.pl
montaż kontraktowy elektroniki
projektowanie urządzeń i systemów
Zakład Elektroniczny BORNICO
ul. Małęczyńska 25
26-600 Radom
tel. +48 48 365 58 22
bornico@bornico.com.pl

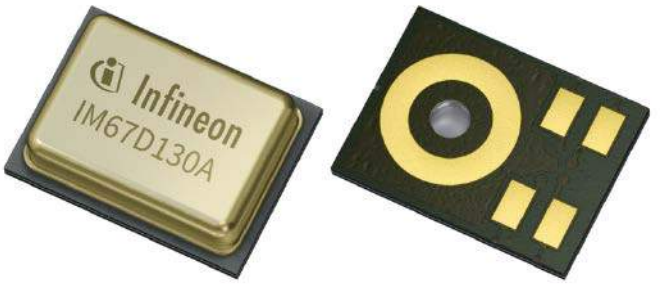
eprasa.pl 1ed9207c33

3-osiowy akcelerometr o symbolu 830M1, charakteryzujący się szerokim pasmem, małymi wymiarami, małym poborem mocy i dużą niezawodnością. Jest to akcelerometr piezoelektryczny o paśmie 15 kHz (–3 dB), dostępny w 7 wersjach o zakresach pomiarowych od ±25 g do ±2000 g. Jest zamykany w hermetycznej obudowie LCC o stopniu ochrony IP68 i wymiarach 15,2×15,2×4,2 mm.

Układ 830M1 jest przystosowany do pracy w warunkach przemysłowych, w tym w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +125°C, zapewniający długi czas bezawaryjnej pracy. Jest odporny na udary mechaniczne do 5000 g i wyładowania ESD do ±2 kV HBM. Oprócz pomiaru przyspieszenia w 3 osiach zawiera wbudowany czujnik RTD do pomiaru temperatury wewnętrznej.

W ofercie TE Connectivity dostępne są też podobne czujniki w wersji jednoosiowej.

www.te.com



Pierwszy na rynku mikrofon MEMS z certyfikatem AEC-Q103

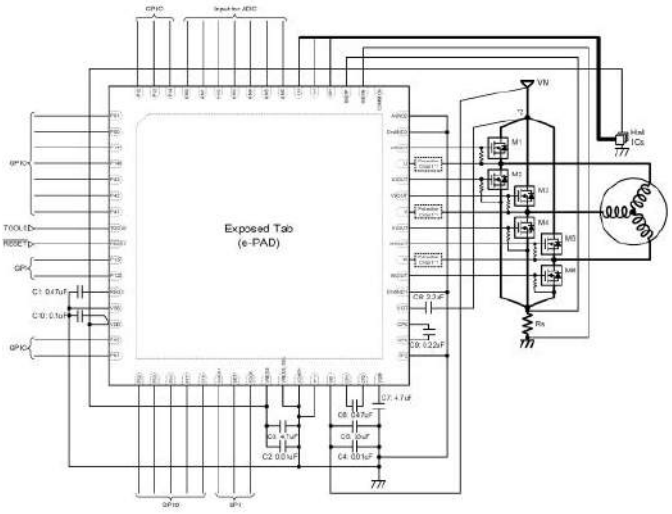
Firma Infineon wprowadza na rynek mikrofon XENSIV IM67D130A, będący pierwszym na rynku tego typu komponentem z kwalifikacją AEC-Q103-003, zaprojektowanym do zastosowań w motoryzacji. Jest to mikrofon zrealizowany w technologii MEMS, mogący pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –40 do +105°C i charakteryzujący się dużym współczynnikiem przeciążenia akustycznego (AOP), równym 130 dB SPL. Parametr ten oznacza możliwość rejestrowania dźwięku bez zniekształceń w głośnym otoczeniu. IM67D130A może pracować z wewnątrz lub na zewnątrz pojazdu, dzięki czemu nadaje się do zastosowań zarówno w systemach głośnomówiących i układach aktywnej redukcji szumu, jak też systemach wykrywania syreny i warunków drogowych. Umożliwia to wykorzystanie dźwięku jako dodatkowego parametru w zaawansowanych systemach wspomagania kierowcy i konserwacji predykcyjnej.

Duży stosunek sygnału do szumu (SNR), wynoszący 67 dB w połączeniu z wyjątkowo małym poziomem zniekształceń (<1% THD), pozwala zapewnić optymalną jakość sygnału w zastosowaniach opartych na rozpoznawaniu mowy. Dodatkowo, poszczególne egzemplarze charakteryzują się ściśle dopasowaną czułością, co pozwala na optymalizowanie algorytmów formowania wiązki w macierzach wielomikrofonowych. IM67D130A zawiera cyfrowe wyjście PDM. Pracuje z napięciem zasilania od 1,62 do 3,6 V przy poborze prądu 980 µA. Jest zamykany w obudowie PG-LLGA-5-4.

www.infineon.com

Scalone sterowniki SiP do układów sterowania 3-fazowymi silnikami BLDC

Renesas wprowadza na rynek dwa nowe moduły SiP ułatwiające projektowanie układów sterowania 3-fazowymi silnikami BLDC w elektronarzędziach, dronach, robotach, odkurzaczach automatycznych i innych urządzeniach zasilanych z akumulatora: RAJ306001 i RAJ306010. Oba układy zapewniają bardziej precyzyjną kontrolę w szerokim zakresie prędkości obrotowych w porównaniu z wcześniejszymi wersjami, a równocześnie wymagają mniejszej powierzchni płytki drukowanej. Zawierają mikrokontroler i stopień sterujący, zamknięte w obudowie QFN o powierzchni 8×8 mm. Stopień sterujący obejmuje sterowniki bramek, regulator 5 V, wzmacniacze pomiarowe



current-sense, komparatory, wzmacniacz back-EMF oraz zestaw obwodów zabezpieczających (termiczny, podnapięciowy, nadnapięciowy, nadprądowy, detektor zablokowania silnika).

RAJ306001 i RAJ306010 pozwalają wyeliminować około 30 komponentów, zmniejszyć o połowę powierzchnię montażową oraz obniżyć całkowity koszt w porównaniu z podobnymi układami sterowania realizowanymi na podzespołach dyskretnych. Zapewniają wydajność prądową 500 mA, umożliwiającą sterowanie tranzystorami MOSFET dużej mocy. Wbudowany generator SADT (*self-aligned dead time*) pozwala obniżyć temperaturę pracy tranzystorów przy zapewnieniu dużej sprawności energetycznej. Dzięki zredukowaniu marginesów czasowych do 1/10 w stosunku do konwencjonalnych układów sterowania, oba układy charakteryzują się większą sprawnością energetyczną i mniejszą emisją ciepła. Różnią się zakresem napięcia zasilającego: 6...30 V dla RAJ306001 oraz 6...42 V dla RAJ306010. Są produkowane w wersjach na dwa zakresy dopuszczalnej temperatury pracy: –40...+85°C i –40...+105°C.

Do projektowania systemów napędowych na bazie sterownika RAJ306010 firma Renesas oferuje zestaw startowy RSSK (*Renesas Solution Starter Kit*) obejmujący płytkę ewaluacyjną, silnik, referencyjne oprogramowanie firmware. Umożliwia on użytkownikom ocenę projektu układu sterowania, wykonanie analiz w czasie rzeczywistym i dostrojenie parametrów pracy.

www.renesas.com

Bezpieczny moduł komunikacyjny do sieci LTE-M i NB-IoT o częstotliwości pracy 400 MHz

Firma u-blox powiększa rodzinę modułów komunikacyjnych SARA-R5 LTE-M i NB-IoT o nowy wariant obsługujący zakres częstotliwości LTE 400...450 MHz wykorzystywany w Europie, Azji i Ameryce Łacińskiej. SARA-R540S może się komunikować w pasmach LTE 31, 72, 73, 87 i 88 o niższej częstotliwości, zapewniających bardzo dobrą charakterystykę propagacji. Pomaga użytkownikom z sektora inteligentnych liczników, bezpieczeństwa publicznego, inteligentnych sieci energetycznych itp. spełnić wymagania techniczne odnośnie do wymaganego zasięgu wewnątrz i na zewnątrz pomieszczeń, trudne do spełnienia w przypadku standardowej łączności komórkowej.

SARA-R540S jest w stanie sprostać wymogom nowych instalacji infrastruktury komunikacyjnej do ekosystemów IoT,

eprasa.pl 1ed9207c33

zapewniających wysoki poziom dostępności i odporności. Na przykład przejście na inteligentne sieci energetyczne wymaga ścisłej koordynacji rozproszonych elektrowni energii odnawialnej i milionów sterowników zarządzania poborem mocy, zainstalowanych w siedzibach klientów. Niezbędna jest do tego solidna infrastruktura komunikacyjna.

SARA-R540S, oparty na komórkowym chipsecie u-blox UBX-R5, wykorzystuje wiele funkcji dostępnych już wcześniej w modułach rodziny SARA-R5. Producent gwarantuje jego długoterminową dostępność i zapewnia dożywotnią obsługę całej platformy w nadchodzących dziesięcioleciach, co jest ważnym czynnikiem w wielu wdrożeniach IoT. Nowy moduł charakteryzuje się dużą mocą wyjściową w.cz., pozwalającą zwiększyć zasięg wewnątrz budynków (Power Class 3 w standardowych pasmach LTE oraz Power Class 2, maks. 26 dBm w paśmie 450 MHz). Obsługuje również pasma 3GPP: 87 i 88 (410 MHz) oraz oferuje funkcję dynamicznego strojenia anteny, pozwalającą zapewnić maksymalną sprawność energetyczną i maksymalne pokrycie terenu.

Moduł charakteryzuje się energooszczędną pracą, co ma znaczenie w urządzeniach bateryjnych i pracujących zdalnie, np. wodomierzach i gazomierzach. Pobiera mniej niż 1 μA prądu w trybie oszczędnościowym. Funkcja „last-gasp" powoduje wysłanie ostatniego komunikatu przed wyczerpaniem baterii lub po wykryciu próby manipulacji w urządzeniu. SARA-R540S oferuje niezbędne funkcje sprzętowe i programowe wspierające strategię IoT Security-as-a-Service firmy ublox, co czyni go idealnym do zastosowań w urządzeniach przesyłających krytyczne i poufne informacje, na przykład w zastosowaniach przemysłowych lub infrastrukturalnych, takich jak pomiary zużycia mediów. Sprzętowy moduł *root of trust* stanowi podstawę bezpiecznego uwierzytelniania urządzeń. Z kolei system bezpiecznego zarządzania kluczami kryptograficznymi, zaprojektowany specjalnie do aplikacji energooszczędnych LPWA (*low-power wide-area*), zapewnia obsługę najnowocześniejszych metod zabezpieczeń.

www.ublox.com

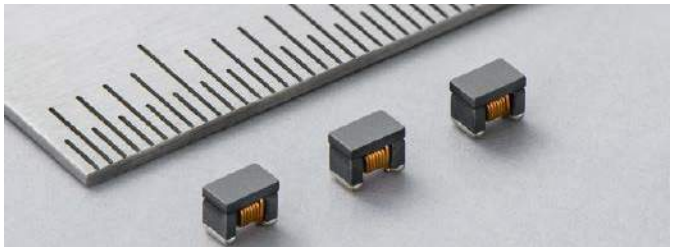
Pierwszy 32-bitowy mikrokontroler ogólnego przeznaczenia z certyfikatem CMVP Level 3

32-bitowy mikrokontroler RX65N firmy Renesas uzyskał certyfikat CMVP (*Cryptographic Module Validation Program*) Level 3, zgodny z amerykańskim standardem NIST FIPS 140-2 w zakresie zabezpieczeń kryptograficznych. Oznacza to, że jest pierwszym dostępnym na rynku mikrokontrolerem ogólnego przeznaczenia z certyfikatem na poziomie 3.

FIPS 140 jest podstawowym wymogiem bezpieczeństwa dla aplikacji używanych przez agencje rządowe, instytucje finansowe oraz obiekty i infrastrukturę publiczną, stając się de facto standardem uznawanym na całym świecie. Poziom 3 oznacza zgodność z wysokimi standardami bezpieczeństwa w zakresie wykrywania i zapobiegania próbom manipulacji oraz mechanizmami autoryzacji bazującymi na danych identyfikacyjnych, niezbędnymi w przypadku urządzeń wykorzystywanych do obsługi informacji finansowych, np. sprzętowych modułów bezpieczeństwa (HSM) i kart chipowych. Wykorzystanie certyfikowanego mikrokontrolera RX65N oznacza mniejszy nakład pracy i mniejsze ryzyko, związane z ochroną danych przy projektowaniu urządzeń z funkcjami zabezpieczającymi.

RX65N to mikrokontroler ogólnego przeznaczenia z wbudowanymi funkcjami bezpieczeństwa, komunikacji i obsługi interfejsu HMI, mogący znaleźć zastosowanie w aplikacjach przemysłowych i IoT. Zawiera moduł Trusted Secure IP (TSIP) z certyfikatem CAVP (*Cryptographic Algorithm Validation Program*). Moduł ten obejmuje jednostkę kryptograficzną z obsługą standardów AES, SHA, RSA i ECC, generator rzeczywistych liczb losowych (TRNG) oraz mechanizm zarządzania kluczami. Ponadto RX65N został wyposażony w dwubankową pamięć Flash z obsługą operacji w tle i funkcją SWAP, zapewniającą bezpieczną i niezawodną aktualizację oprogramowania firmware.

www.renesas.com



Szerokopasmowe cewki do samochodowych instalacji *power-over-coax*

Murata powiększa ofertę podzespołów pasywnych na rynek motoryzacyjny o nową serię cewek indukcyjnych LQW21FTxxxx0H. Są to najmniejsze na rynku cewki szerokopasmowe z kwalifikacją AEC-Q200, mogące pracować w zakresie temperatury otoczenia od –40 do +125°C. Są zamykane w obudowach formatu 0805 (2,0×1,6×1,2 mm). Występują obecnie w 5 wariantach o indukcyjności od 0,47 do 2 μH, rezystancji 50...200 mΩ i prądzie znamionowym od 0,45 do 1,0 A. Mogą pracować w obwodach w.cz., np. w samochodowych instalacjach PoC (*power-over-coax*); ich zakres częstotliwości SRF rozciąga się od 230 do 470 MHz.

www.murata.com

Białe chipowe diody LED o jasności 2000 mcd w obudowach o powierzchni 1,6×0,8 mm

Białe diody LED o dużej jasności znajdują w ostatnich latach coraz szersze zastosowanie w elektronice użytkowej i motoryzacji.

REKLAMA

ZAJRZYJ NA TE STRONY

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

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

renex.pl
KOMPLEKSOWE WSPARCIE
PRZEMYSŁU ELEKTRONICZNEGO

eprasa.pl 1ed9207c33

Równocześnie pojawiają się nowe aplikacje, takie jak drony czy urządzenia IoT, wymagające montażu wielu diod na małej powierzchni. Do tego typu zastosowań firma Rohm zaprojektowała serię diod LED o dużej gęstości mocy, zamykanych w ultraminiaturowych obudowach SMD 1608 (0603) o wymiarach 1,6×0,8×0,55 mm.

Diody serii CSL1104WB zapewniają jasność 2000 mcd, taką samą, jak wcześniejsze odpowiedniki produkowane w obudowach PLCC rozmiaru 3528 (3,5×2,8 mm) przy powierzchni zmniejszonej o prawie 90%. Są produkowane w procesie InGaN. Charakteryzują się napięciem przewodzenia 2,9 V @ 20 mA, mocą znamionową 144 mW i szerokim zakresem temperatury pracy od –40 do +110°C.

www.rohm.com

Czujnik IR o zasięgu 8 m do montażu na zewnątrz budvnków

TSSP77038 to czujnik podczerwieni firmy Vishay, wyróżniający się szerokim zakresem temperatury pracy od –30 do +85°C, przeznaczony do montażu na zewnątrz budynków. Dotyczy to nowej wersji z sufiksem „E". Zakres dopuszczalnej temperatury przechowywania tego modelu rozciąga się od –40 do +110°C. TSSP77038 może znaleźć zastosowanie m.in. w systemach automatycznego otwierania drzwi garażowych, dronach, robotach, zabawkach, dozownikach łazienkowych, toaletach i systemach alarmowych. Zapewnia zasięg pomiaru do 8 m przy współpracy z diodą IR TSAL6200 pracującą z prądem polaryzacji 50 mA.

TSSP77038 pracuje na dominującej długości fali 940 nm i na częstotliwości nośnej 38 kHz. Może być zasilany napięciem z zakresu od 2,5 do 5,5 V. Jego pobór prądu wynosi 0,7 mA. Układ jest niewrażliwy na zaburzenia napięcia na linii zasilającej. Zawiera ekran EMI oraz filtr eliminujący zakłócenia z pasma widzialnego.

www.vishay.com

Ultraminiaturowy termistor PTC o krótkim czasie reakcji

PRF03BB541NB7RL to najnowszy termistor PTC z oferty firmy Murata, wyróżniający się małymi gabarytami i krótkim czasem reakcji. Może znaleźć zastosowanie jako sygnalizator przegrzania w urządzeniach konsumenckich o dużej gęstości upakowania podzespołów. Jest zamykany w obudowie SMD rozmiaru 0201 (0,6×0,3×0,3 mm), co oznacza, że w chwili obecnej jest najmniejszym tego typu czujnikiem dostępnym na rynku. PRF03BB541NB7RL zapewnia dokładność pomiaru od ±5°C do ±7°C w zależności od temperatury progowej. Jego rezystancja wykazuje szybki wzrost po przekroczeniu temperatury Curie, co zapewnia krótki czas reakcji, zmniejszający ryzyko uszkodzenia chronionych komponentów. Układ może pracować przy maksymalnym napięciu 32 VDC i w zakresie temperatury otoczenia od –20°C do +150°C. Pierwsze wersje próbne mają się pojawić na rynku w czerwcu 2021.

www.murata.com

Moduł mocy 1200 V z tranzystorami CoolSiC i IGBT7 do systemów solarnych i gromadzenia energii

Do rodziny 1200-woltowych modułów mocy firmy Infineon wchodzi nowy model EasyPACK 2B zrealizowany w 3-poziomowej topologii Active NPC na tranzystorach CoolSiC MOSFET i TRENCHSTOP IGBT7. Jego struktura obejmuje też czujnik temperatury NTC. F3L11MR12W2M1_B74 jest polecany do zastosowań w szybkich aplikacjach impulsowych, m.in. systemach gromadzenia energii. Pozwala też zwiększyć gęstość mocy i sprawność energetyczną w instalacjach solarnych.

Dzięki zastosowaniu najnowszych tranzystorów CoolSiC MOSFET i TRENCHSTOP IGBT7 z wbudowanymi diodami o zwiększonym prądzie i napięciu znamionowym moduł F3L11MR12W2M1_B74 może pracować w szerokim zakresie współczynnika mocy (cos φ). W konfiguracji z pojedynczym modułem na fazę moc osiągana w systemach gromadzenia energii wynosi 75 kW. Z kolei w instalacjach solarnych z dwoma równoległymi modułami na fazę maksymalna osiągana moc wynosi 150 kW.

Dzięki zmodyfikowanemu rozkładowi pinów nowy moduł charakteryzuje się małą indukcyjnością resztkową. Jego zoptymalizowana konstrukcja zapewnia doskonałe przewodzenie ciepła układów CoolSiC MOSFET. Ponadto moduł zapewnia dużą elastyczność w projektowaniu falowników.

www.infineon.com

Miniaturowe akcelerometry z wyjściem napięciowym w obudowach TO-5

Firma TE Connectivity wprowadziła do oferty serię miniaturowych akcelerometrów 805M1 z wyjściem napięciowym ±2 VDC, produkowanych w 3-wyprowadzeniowych obudowach TO-5, przystosowanych do montażu śrubowego lub naklejania na badany komponent. Występują one w wariantach o zakresach pomiarowych ±50, ±100 i ±500 g. Charakteryzują się płaską charakterystyką częstotliwościową w zakresie do 12 kHz. Pracują z napięciem zasilania od 3,0 do 5,5 V przy poborze prądu poniżej 0,8 mA. Ich struktura obejmuje stabilny kryształ piezoceramiczny z niskonapięciowym układem elektronicznym, zamknięte wewnątrz ekranowanej obudowy. Akcelerometry 805M1 są przystosowane do pracy w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –40 do +100°C. Mogą znaleźć zastosowanie w aplikacjach przemysłowych, m.in. z zakresu monitorowania pracy maszyn i monitorowania struktur.

www.te.com

Tranzystory GaN FET 650 V do zasilaczy impulsowych o mocy >2 kW

Titanium jest najwyższą specyfikacją 80 PLUS, wymagającą zapewnienia sprawności przekraczającej 91% przy pełnym obciążeniu oraz

eprasa.pl 1ed9207c33

>96% przy obciążeniu 50%. Osiągnięcie tego w aplikacjach serwerowych pracujących z mocą 2...10 kW, przy użyciu konwencjonalnych komponentów krzemowych, jest trudne. Nexperia zaprojektowała do tego typu zastosowań dwa nowe tranzystory GaN FET 2. generacji o napięciu znamionowym 650 V, zamykane w obudowach TO-247.

GAN063-650WSA i GAN041-650WSB to tranzystory o dużej niezawodności i stabilności, których maksymalna rezystancja RDS(on) wynosi odpowiednio 60 mΩ i 41 mΩ. Różnią się też ładunkiem regeneracji (Qrr), wynoszącym odpowiednio 125 nC i 150 nC. Zapewniają znacznie lepsze parametry elektrycznie nie tylko od tranzystorów GaN FET pierwszej generacji, ale również od odpowiedników z oferty innych producentów. Oprócz zasilaczy serwerowych i telekomunikacyjnych o dużej sprawności, tranzystory te mogą również znaleźć zastosowanie w serwonapędach i falownikach instalacji fotowoltaicznych o mocy do 10 kW.

W porównaniu z tranzystorami GaN FET pierwszej generacji, GAN063-650WSA i GAN041-650WSB charakteryzują się mniejszą o 36% powierzchnią struktury półprzewodnikowej przy identycznej rezystancji RDS(on). Zastosowana w nich konfiguracja kaskody eliminuje konieczność stosowania skomplikowanych stopni sterujących, skracając czas wprowadzania produktów na rynek. Oba tranzystory sprawdzają się bardzo dobrze w konfiguracjach hard-switching i soft-switching, zapewniając maksymalną elastyczność projektowania.

www.nexperia.com

Innowacyjna seria smart display od Riverdi – EVE4

Aby odpowiednio opisać serię EVE4 i zaprezentować jej innowacyjność należy zacząć od samego kontrolera, a właściwie duetu kontrolerów - BT817Q od Bridgetek na specjalnej płytce zaprojektowanej przez Riverdi oraz ILI2132A od Ilitek odpowiedzialnego za sterowanie panelem dotykowym. Kontrolery EVE, do których należy BT817Q, były i nadal są bardziej popularne w zastosowaniach konsumenckich. W przypadku przemysłowych aplikacji, a zwłaszcza tych z przemysłu medycznego lub militarnego, musiałyby sprostać znacznie bardziej wyśrubowanym wymaganiom. Zróżnicowana grubość szkła, odporność na zakłócenia elektromagnetyczne, praca w trudnych warunkach – ekrany z serii EVE4 poradzą sobie z niemal każdym wyzwaniem dzięki kontrolerowi ILI2132A. Spełnia on standardy przemysłowe, sprawdza się zatem przy wymienionych wcześniej czynnikach oraz daje przy tym dużo swobody w konfiguracji.

Wyświetlacz korzysta z dwóch interfejsów – SPI oraz nowocześniejszego QSPI. Ten pierwszy to najczęściej używane rozwiązanie służące do komunikacji między systemami mikrokontrolerów, a układami peryferyjnymi. Uznaje się go za branżowy standard, jednal nie osiąga on wysokiej prędkości transmisji danych. Dlatego seria EVE4 obsługuje również znacznie szybszy QSPI, pozostawiając opcję wyboru interfejsu do konkretnych potrzeb

Korzystanie z interfejsu SPI umożliwia również instalację rozwiązania od Riverdi w starszych urządzeniach, które chcemy jedynie unowocześnić poprzez dodanie panelu dotykowego – pamięć wewnętrzna EVE4 pozwoli na wyświetlanie dowolnie wybranych materiałów na ekranie, (nawet filmów) które mogą zostać dodane jeszcze na etapie produkcji wyświetlacza. To potencjalnie łatwiejsze przez wbudowany w urządzenie wzmacniacz, dzięki któremu można podłączyć je do głośników (możliwych również do umieszczenia w samym wyświetlaczu, posiada na nie dedykowane miejsce).

Całość systemu nadzoruje inteligentny kontroler BT817Q. To dzięki niemu wyświetlacz posiada już odpowiednie biblioteki graficzne, nie ma zatem potrzeby zakupu osobnego procesora z kontrolerem i podłączanie go do ekranu poprzez interfejs RGB lub LVDS. Komunikacja z wyświetlaczem odbywa się zatem przez wspomniany wcześniej interfejs SPI (lub QSPI) za pomocą wysyłanych poleceń – dla przykładu, zdjęcie, które chcemy wyświetlić na EVE4 jest przesyłane tylko raz, a następnie przechowywane we wbudowanej pamięci Flash znajdującej się na płytce wyświetlacza, którą obsługuje już bezpośrednio kontroler BT817Q. Zdjęcie wystarczy dzięki temu tylko przywołać odpowiednią komendą: „wyświetl to", „pokaż to", „przesuń", „obróć" itp. Bardziej zaawansowane grafiki mogą być tym samym tworzone tylko poprzez polecenia, co znacząco ułatwia pracę z wyświetlaczem.

Seria EVE4, dzięki wspomnianej wcześniej dowolności w konfiguracji i wysokiej odporności na czynniki zewnętrzne, znajdzie zastosowanie w wielu aplikacjach w których inne rozwiązania nie byłyby wystarczające. Sprawdzi się w przestrzeniach hal produkcyjnych i fabryk, gdzie nierzadko kluczowym czynnikiem, oprócz wytrzymałości ekranu, jest również konieczność jego reakcji na dotyk przez odzież ochronną. Urządzenia takie jak parkometry i biletomaty również skorzystają na przemysłowych standardach spełnianych przez ekrany EVE4. Dla aplikacji medycznych kluczowe będą odporność wyświetlaczy na wodę, szerokie kąty obserwacji oraz podwyższona jasność rozwiązań. Z kolei dla zastosowań wojskowych – jak najmniej emisyjne funkcjonowanie w środowisku wrażliwym na promieniowanie elektromagnetyczne (ma ono wpływ na działanie radia lub radarów) oraz jak najwyższa możliwa rozdzielczość. Dzięki unikalnemu połączeniu poszczególnych rozwiązań technologicznych, wyświetlacze z serii EVE4 to jedne z pierwszych tak uniwersalnych urządzeń tego typu na świecie.

Kombinacja kontrolerów BT817Q oraz ILI2132A sprawia, że seria EVE4 od Riverdi to nowa jakość w swojej klasie – dynamiczny rozwój tych urządzeń widać przez serie EVE1, EVE2, EVE3, gdzie każda kolejna cechowała się coraz lepszymi parametrami technicznymi. Teraz, gdy te już i tak zaawansowane rozwiązania wzbogacono jeszcze o podwyższoną jasność oraz panel dotykowy spełniający przemysłowe standardy, otrzymaliśmy prawdziwie pionierski produkt z potencjałem na lata. Nowoczesne rozwiązanie typu smart display od Riverdi – seria EVE4 (*Embedded Video Engine*), w rozmiarach od 3,5 do 10,1 cala, wkrótce będzie dostępna w ofercie Unisystemu.

Strona producenta: https://bit.ly/3l8mC2r

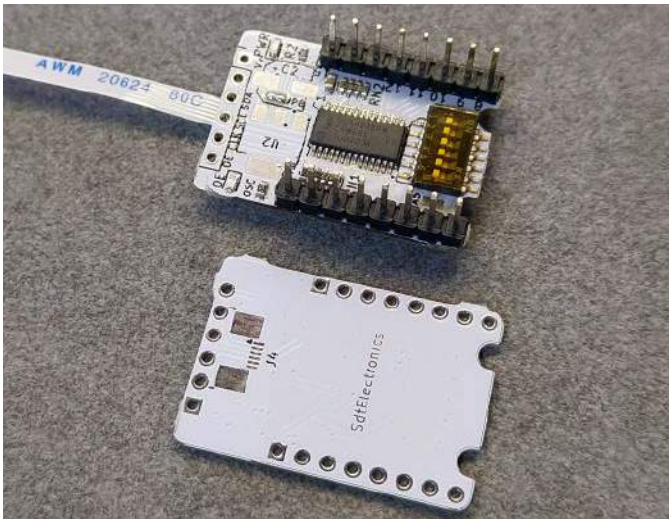
Strona dystrybutora: https://bit.ly/3leONwK

REKLAMA

eprasa.pl 1ed9207c33

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.



Ekspander I²C z PWM

Mikrokontrolery i komputery jednopłytkowe mają ograniczoną liczbę wyjść cyfrowych, a tym bardziej wyjść PWM, które są używane do różnych zadań. Z zastosowaniem PWM, czyli przebiegów z modulowanym wypełnieniem, można sterować systemami analogowymi – jasnością diod LED czy prędkością obrotową silnika DC, za pomocą pojedynczego wyjścia cyfrowego. Gdy w układzie zabraknie wyjść PWM, ekspandery I²C z wyjściami PWM, takie jak PCA96X5, są przydatne, aby zapewnić większą liczbę wyjść z modulacją wypełnienia. Wśród tych układów kontroler PCA9685 jest szczególnie ciekawy z powodu łatwej implementacji z komputerami jednopłytkowymi. Jest on bezpośrednio obsługiwany przez główne jądro Linuksa.

Większość płytek z układem PCA9685 dostępnych na rynku jest przeznaczona tylko do napędzania serwomechanizmów. Są duże i mają rezystory podłączone do wyjść kanałów PWM. Zaprezentowany moduł to kompaktowa płytka, która po prostu pozwala podłączyć wyjścia ekspandera w dowolny sposób. Autor zbudował ten malutki moduł, aby móc korzystać z wyjść PWM w rozmaitych systemach. Pokazany w projekcie moduł został zaprojektowany dla ekspandera PCA9685, ale istnieje możliwość podłączenia innych, kompatybilnych pinowo układów scalonych (np. PCA9635).

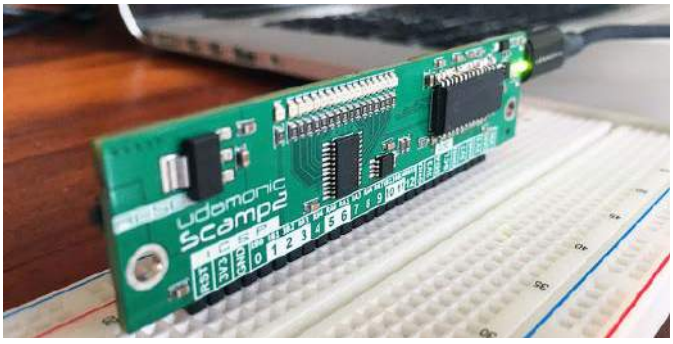
https://bit.ly/3eKY4sp

Elektroniczne modernizacje Matiza

Zaprezentowany projekt to modernizacja pochodzącego z 2006 roku matiza. Każdy elektronik instalował w swoim aucie jakieś elektroniczne gadżety albo przynajmniej o tym myślał. W „Elektronice Praktycznej" pojawiło się wiele projektów urządzeń, przeznaczonych do zastosowań motoryzacyjnych. Użytkownik portalu Hackaday.io, kryjący się pod Nickiem Neo Hop, również chciał zamontować szereg usprawnień w swoim aucie. Jego plan obejmował instalację: zestawu sensorów, kamery cofania oraz systemu audio z mediacenter

opartego na Rasperry Pi. „Pierwszym krokiem jest dodanie ekranu dotykowego zamiast radia, które znajduje się w aucie", pisze autor. Jego zadaniem będzie kontrola nad całym systemem audio i wyświetlanie danych z systemu OBD pojazdu, sensorów cofania i kamery. Oprócz tego w pojeździe zamontowany jest odbiornik FM/AM oraz odbiornik Bluetooth, który pozwala na używanie systemu audio do odtwarzania muzyki np. ze smartfona lub zastosowanie pokładowego audio jako zestawu głośnomówiącego.

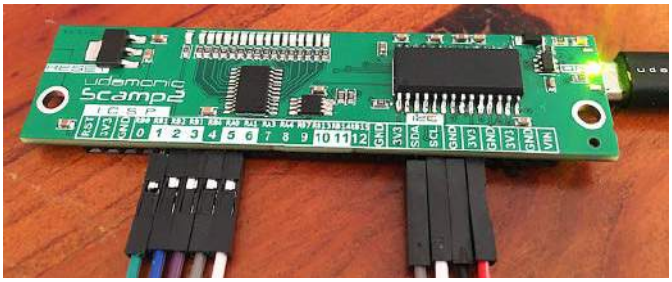
https://bit.ly/3y3OtEU



Scamp – komputer jednopłytkowy, programowany w języku Forth

Scamp to samodzielny komputer jednopłytkowy, obsługujący język programowania Forth. Modułu tego można używać jako silnika obliczeniowego dla dowolnych projektów. Jest łatwy w wykorzystaniu i szybki w programowaniu przy użyciu Forth, najlepszego na świecie wbudowanego języka programowania (przynajmniej zdaniem autora tej konstrukcji). Aby użyć Scampa, nie ma potrzeby instalowania żadnych IDE, kompilatorów ani narzędzi programistycznych. FlashForth jest preinstalowany w module. Wszystko działa bezpośrednio

eprasa.pl 1ed9207c33



na Scampie, a to, co jest potrzebne, to komputer hosta z interfejsem USB i dowolnym oprogramowaniem terminalowym.

Moduł jest obecnie używany w szkołach i na uniwersytetach do badań lub nauczania programowania. Znalazł zastosowanie również w projektach domowych wykonywanych przez hobbystów. Firmy wykorzystują Scampa w rozwoju produktów, aby szybko prototypować i debugować tworzony przez siebie sprzęt implementują go jako rdzeń kontrolera danego produktu.

Scamp wyposażony jest w złącze I/O, które ułatwia podłączenie urządzeń zewnętrznych. Do komputera jednopłytkowego można dodać przełączniki, przyciski, pokrętła, diody LED i inne moduły elektroniczne, po prostu podłączając je do płytki. System ten może być połączony z wieloma modułami dostępnymi dla Arduino i podobnych systemów wbudowanych, ale może być też używany samodzielnie. Scamps można też podłączyć do płytki prototypowej za pomocą goldpinów lub można podłączyć do własnego projektu PCB jako moduł obliczeniowy oprogramowany w Forth.

Scamp bazuje na mikrokontrolerze Microchip PIC24F64GB202, który ma bardzo użyteczną mieszankę urządzeń peryferyjnych (w tym interfejs USB). Zawiera 64 kB pamięci Flash i 8 kB pamięci RAM, co jest wystarczającą ilością do uruchomienia aplikacji w Forth. To niewiele, ale FlashForth wymaga około 20 kB pamięci Flash i tylko 2 kB RAM. Jest to bardzo wydajne środowisko programistyczne. Tak więc PIC24F64GB202 ma dużo wolnej pamięci na kod aplikacji i zmienne. Główne cechy układu PIC24F64GB202:

- wysokowydajny procesor o architekturze harwardzkiej,
- dwie jednostki generowania adresu (AGU) do oddzielnego adresowania R/W przestrzeni danych,
- 16-bitowa ścieżka danych i 24-bitowe adresowanie,
- prędkość do 16 MIPS z zegarem procesora do 32 MHz,
- tryby głębokiego uśpienia, działające przy prądzie tak niskim, jak 40 nA,
- sprzętowy mnożnik ułamkowy/całkowity działający w pojedynczym cyklu procesora,
- wytrzymała pamięć Flash (do 20000 cykli i okres retencji co najmniej 20 lat),
- wbudowany interfejs USB 2.0,
- moduł kryptograficzny AES z kluczem 128-, 192- lub 256-bitowym,
- silnik DES/Potrójny DES (TDES),
- 32-bitowy, sprzętowy generator CRC,
- generator prawdziwych liczb losowych (RNG) oraz generator liczb pseudolosowych,
- wbudowany układ przechowywania kluczy OTP,
- 10-/12-bitowy wielokanałowy przetwornik ADC,
- 6-kanałowy kontroler DMA,
- pięć 16-bitowych timerów,
- sześć modułów generacji PWM,
- interfejsy UART, SPI, I^2C oraz I^2S,
- wbudowane modulatory FSK i PSK.

Pisanie oprogramowania korzystającego z tego sprzętu jest bardzo łatwe i przyjemne. Język Forth został stworzony przez Charlesa Moore'a w 1968 roku, aby sterować radioteleskopami. Kiedy pisał on Forth, przewidywał, że czwarta generacja komputerów będzie kontrolerami rozproszonymi, w istocie systemami wbudowanymi (chociaż termin ten ówcześnie nie istniał). Dlatego nazwał swój język programowania czwartym. Jednakże IBM 1130, którego używał do programowania, pozwalał tylko na maksymalnie pięcioznakowe nazwy plików, więc język programowania stał się znany po prostu jako Forth. Jest on niepodobny do żadnego innego konwencjonalnego języka programowania. Jest rozszerzalny, wysoce interaktywny, oparty na stosie. Jest niezwykle wydajny i niezwykle wszechstronny. Funkcjonalność języka czyni go idealnym do debugowania zarówno sprzętu, jak i oprogramowania. Forth był powszechnie używany w wielu systemach i często jest utrzymywany przez producentów w swoich komputerach. Był pierwszym rezydentnym oprogramowaniem na nowym wówczas chipie Intel 8086 w 1978, a MacFORTH był pierwszym rezydentnym systemem programistycznym dla Apple Macintosh w 1984. Sonda NASA Voyager wykorzystywała Forth, zapewniając zarówno wydajne oprogramowanie układowe, jak i możliwość interaktywnego debugowania systemu w dowolnym momencie. Forth był również używany przez NASA w podsystemie Star Tracker promu kosmicznego.

Charles Moore powiedział, że jego koncepcja dotycząca Fortha polega na tym, że każda implementacja tego języka powinna być zoptymalizowana, aby wykorzystać maszynę, na której jest uruchomiona, nawet jeśli ta optymalizacja zagraża przenośności języka. Ta filozofia jest poważnym odejściem od konwencjonalnej ideologii programowania. W przypadku Fortha celem jest szybkość i niezawodność, a nie możliwość przenoszenia aplikacji między platformami. Każda wersja Fortha może być zupełnie inna. Forth jest jednocześnie kompilatorem, interpreterem, debuggerem i w pewnym sensie także systemem operacyjnym. Języki zazwyczaj należą do jednej z dwóch kategorii: albo kompilują się do kodu maszynowego dla swojego komputera docelowego (C i C++), albo generują kody bajtowe do interpretacji przez maszynę wirtualną (Java czy Python). Ogólnie rzecz biorąc, języki interpretowane są interaktywne (w różnym stopniu), podczas gdy języki skompilowane zazwyczaj w ogóle nie są interaktywne. Forth również jest językiem kompilowanym, ale nie do końca. Jest interaktywny, ale działa z wydajnością nieodbiegającą od ręcznie pisanego kodu maszynowego. Polecenia (znane jako słowa w Forth) otrzymują natychmiastową odpowiedź. To, w połączeniu ze zdolnością Fortha do bezpośredniego komunikowania się ze sprzętem, sprawia, że jest to doskonałe środowisko dla aplikacji wbudowanych.

Słowa są odpowiednikami funkcji w C, Pythonie lub Javie, lub podprogramów w asemblerze. Forth umożliwia wykonanie dowolnego słowa w oderwaniu od wiersza poleceń. Dzięki temu słowa mogą być niezależnie testowane i weryfikowane poza główną aplikacją. Dlatego zamiast pisać pojedynczy, duży program, małe segmenty kodu są pisane i testowane niezależnie. Słowa te są następnie łączone, aby utworzyć nowe słowa, ostatecznie kończąc na jednym słowie, które jest całą aplikacją. Ta konstrukcja programu sprawia, że Forth jest językiem „oddolnym", a nie konwencjonalną metodologią programowania. Słowa napisane w celu interakcji z określonymi aspektami sprzętu (na początkowym etapie debugowania) mogą być później włączone do diagnostyki wyższego poziomu lub do samej aplikacji końcowej.

https://bit.ly/2W9HBaQ

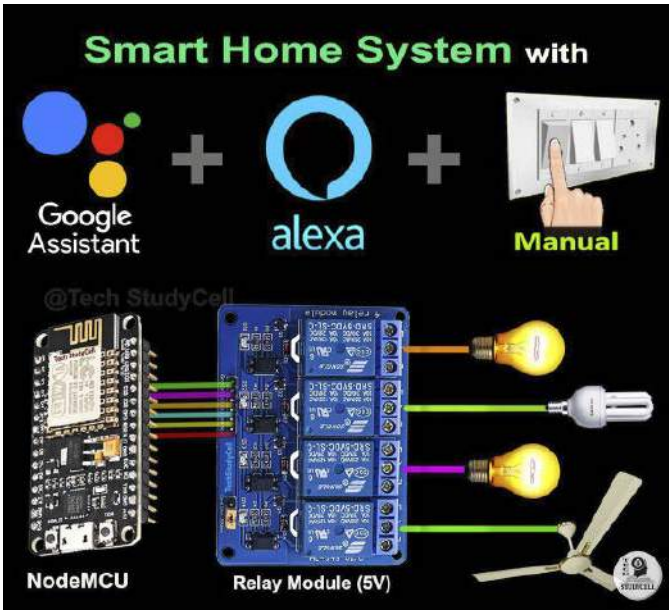
Inteligentny system automatyki domowej z Google Home, Alexa i NodeMCU

Autor w swym projekcie prezentuje kompletny system automatyki domowej DIY oparty na module NodeMCU. System pozwala na:

- sterowanie urządzeniami za pomocą Asystenta Google,
- sterowanie urządzeniami za pomocą Alexa,
- ręczne sterowanie urządzeniami za pomocą przełączników,
- monitorowanie stanu poszczególnych podzespołów w czasie rzeczywistym za pomocą aplikacji Google Home oraz Amazon Alexa,
- sterowanie urządzeniami AGD bez konieczności korzystania z Internetu.

Wszystkie użyte do produkcji systemu komponenty programowe są w pełni bezpłatne. Dzięki takim licencjom można w bardzo prosty

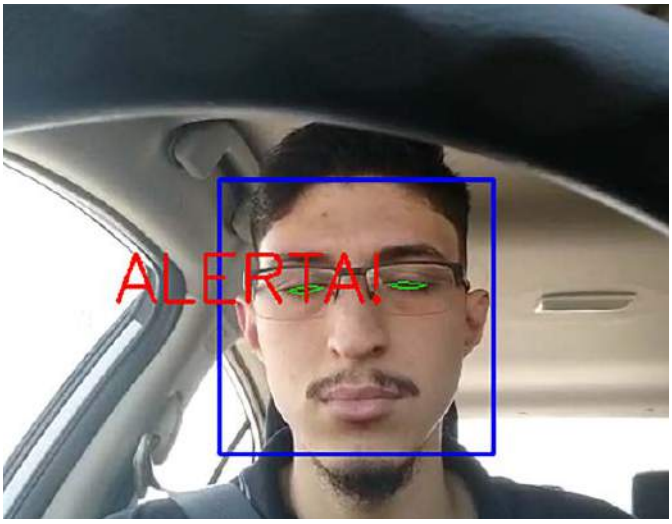
eprasa.pl 1ed9207c33



i tani sposób zrealizować ten projekt samodzielnie. Cała wymagana dokumentacja, w tym odpowiednie płytki PCB, dostępna jest na stronie projektu.

Autor pokazał, jak zbudować system inteligentnego domu oparty na Internecie Rzeczy IoT i zintegrowany z asystentem Google i Amazon Alexa za pomocą NodeMCU z układem ESP8266. W podstawowej konfiguracji system pozwala na sterowanie do 3 urządzeniami domowymi za pomocą poleceń głosowych. Jeśli Internet nie jest dostępny, można sterować urządzeniami gospodarstwa domowego za pomocą ręcznych przełączników. W opisie na stronie źródłowej znaleźć można dokładny opis konstrukcji tego systemu.

https://bit.ly/3rrsN2J



Wykrywacz senności u kierowców

Opisywany projekt powstał z użyciem algorytmów widzenia komputerowego i realizuje system wykrywania zmęczenia i senności u kierowców samochodów. Ma on za zadanie skutecznie zapobiegać wypadkom drogowym, emitując alarm dźwiękowy, gdy wykryje, że kierowca przysypia. System zbudowany jest z kamery podłączonej do komputera jednopłytkowego Raspberry Pi 4, na którym zostało zainstalowane oprogramowanie komputerowe analizujące obraz i skonfigurowane do wykrywania senności.

Wybranym językiem programowania jest Python w wersji 3.7 lub wyższej. Wykorzystano Scipy – jest to biblioteka Pythona do obliczeń naukowych, w ramach której użyto modułu do obliczania odległości euklidesowej, który zaimplementowano w logice oprogramowania.

OpenCV to kolejna biblioteka, dołączona do oprogramowania. Jest to pakiet graficzny opracowany przez firmę Intel do zarządzania obrazami w systemach widzenia komputerowego. Umożliwia odczytywanie i przekształcanie obrazów. System wykorzystuje również Imutils – jest to biblioteka Pythona, która w połączeniu z OpenCV obsługuje konwencje przekształcania lub uzyskiwania dostępu do tablic dobrze zdefiniowanych stref. W naszym przypadku została użyta do uzyskania macierzy danych powiązanych z oczami po wykryciu twarzy przez system wykrywania twarzy i jej elementów. Numpy to biblioteka Pythona, która dzięki wielu funkcjom pozwala na tworzenie, przekształcanie, przechowywanie i stosowanie różnych operacji algebry macierzy w celu dostosowania sekcji lub całego obrazu i uzyskania wyniku lub transformacji wymaganej przez algorytm. Pygame to biblioteka opracowana do tworzenia gier wideo w Pythonie. Z niej wykorzystano alerty graficzne i dźwiękowe, co pozwoliło wyświetlić komunikat na wyjściu wideo i uruchomić dźwięk alarmu. Ostatnia zastosowana biblioteka to Dlib – biblioteka z szeroką gamą narzędzi, od sieci po uczenie maszynowe. W omawianym przypadku autorzy projektu użyli jej do wstępnego wytrenowania modelu do wykrywania twarzy z modelem kaskadowym haar.

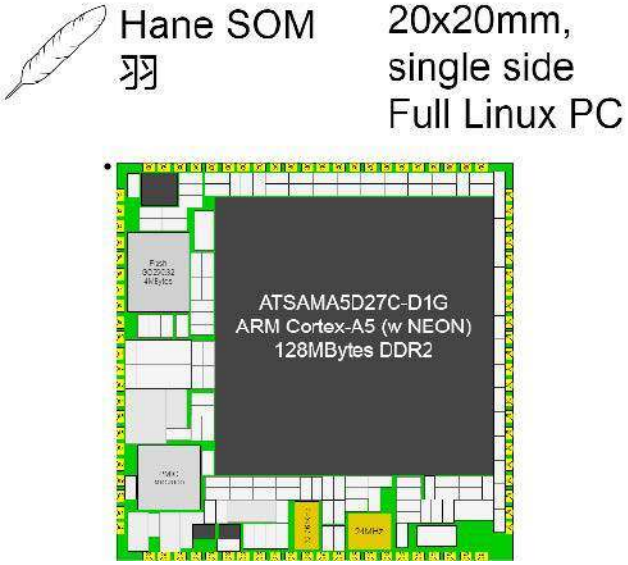
System działa w bardzo prosty sposób. W pierwszej kolejności aktywuje kamerę, aby uzyskać niezbędne dane wejściowe. W tym przypadku jest to kamera smartfona, z którego zdjęcie przesłano w formacie *.mp4* do folderu, w którym znajduje się cała logika oprogramowania. Dzięki funkcjom *shape_predictor()* i *get_frontal_face_detector()* z biblioteki Dlib i wstępnie wytrenowanemu modelowi wykrywania twarzy wyodrębnione zostają współrzędne związane z twarzą wykrytą na filmie. Wszystkie współrzędne (x, y) składające się na rysy twarzy są uzyskiwane jako macierz numeryczna za pomocą funkcji *shape_to_np()* programu *face_utils*. Po wyodrębnieniu współrzędnych twarzy filtrowane są tylko współrzędne definiujące oczy. Uzyskuje się nową tablicę liczbową ze współrzędnymi reprezentującymi punkty odniesienia związane z lokalizacją oczu. Następnie wyodrębnia się 6 punktów odniesienia, które określają stopień otwarcia oka według modelu Terezy Soukupovej i Jana Čecha (w projekcie znaleźć można odniesienie do konkretnego modelu opisanego w literaturze), a następnie oblicza się poziom otwarcia powieki.

System ma ustalony minimalny próg otwarcia oka. Jeśli widzi wartości niższe od wartości ustawionej w progu, mamy do czynienia z dużym prawdopodobieństwem zamknięcia oka lub jego mocnego przymknięcia. Samo to jednak nie wystarczy – konieczne jest ustalenie minimalnej liczby kolejnych klatek, które mają mieć wspólny próg otwarcia oka z dużym prawdopodobieństwem zamknięcia. Jeśli dwa poprzednie warunki są spełnione, to uruchamiany jest alarm.

eprasa.pl 1ed9207c33

„Ten próg działał całkiem dobrze, dopóki nie testowaliśmy systemu z osobami, które mają inne rysy twarzy, na przykład osoby z krajów takich jak Chiny czy Indie, co wymagało dostosowania algorytmu do tych wariantów. Próg zamknięcia został dostosowany do całkiem akceptowalnego poziomu precyzji", piszą autorzy. Analogiczny problem dotyczył liczby klatek z przymkniętymi oczami. Próg musi być dobrany tak, aby pozwolić na rozróżnienie pomiędzy mrugnięciem a zamknięciem oczu na stałe.

https://bit.ly/3wRsPCl



Hane SoM

Hane SoM to kompaktowy System na Module (System on Module), który obsługuje w systemach wbudowanych system operacyjny Linux. Moduł ten ma wymiary zaledwie 2×2 cm, oferując jednocześnie procesor z rdzeniem ARM Cortex-A5 i 128 MB pamięci DDR2 RAM. Główne cechy modułu:

- taktowany zegarem do 500 MHz rdzeń ARM Cortex-A5 z rozszerzeniem NEON,
- 128 megabajtów pamięci DDR2,
- 4 megabajty pamięci QSPI Flash,
- tryb małego zużycia energii,
- zegar czasu rzeczywistego.

Wśród układów peryferyjnych znajdują się:

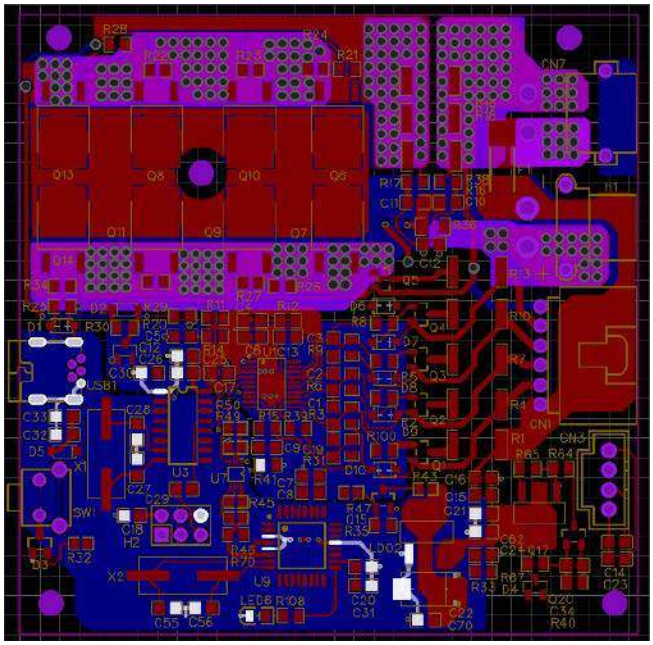
- wsparcie dla LCD TFT (24 bity RGB),
- wsparcie dla sensora 5 MPix CMOS,
- interfejs audio (SSC, I²S),
- kontroler pojemnościowych przycisków dotykowych,
- port USB 2.0 (OTG jak i port hosta),
- moduł ethernetowy (10/100 Mb),
- interfejs karty microSD,
- szyny SPI, I²C, interfejsy UART oraz CAN FD,
- wbudowany, 12-bitowy przetwornik ADC,
- wyjścia PWM.

Przeznaczone dla tego SoM oprogramowanie zawiera w sobie SDK do tworzenia aplikacji bare-metal i wbudowanego Linuksa z dostosowanym Ubootem do zarządzania ładowaniem systemu operacyjnego.

https://bit.ly/3eGaIZS

System zarządzania akumulatorem 5S z kontrolerem BQ76920, kompatybilny z Arduino

Zaprezentowany system zarządzania ogniwami w akumulatorze zawiera scalony kontroler baterii firmy Texas Instrument. Wykorzystywane są dwie wersje układu – BQ76920PW, który jest w pełni programowalny i wykorzystuje do pracy zewnętrzny mikrokontroler oraz BQ7791506PW, który jest przeznaczony do samodzielnej pracy.



Autor konstrukcji zapowiada, że system będzie umożliwiał precyzyjną kontrolę i ochronę ogniw, co ma zapewnić wysokie parametry pakietów ogniw w systemach takich, jak przydomowe magazyny energii elektrycznej, pochodzącej z systemów fotowoltaicznych czy też ogniw dla dronów czy pojazdów elektrycznych.

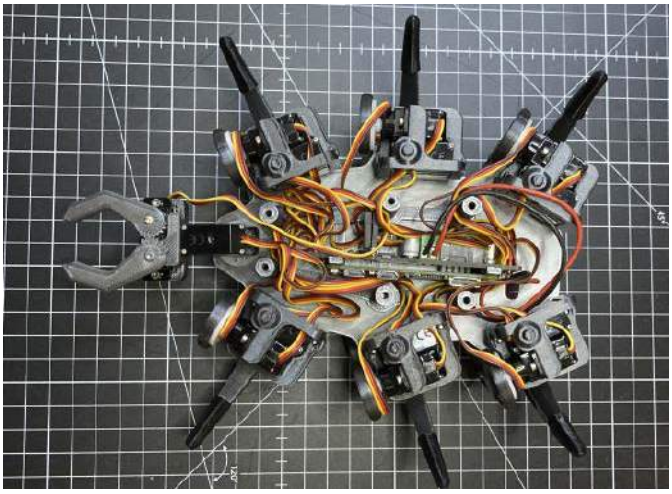
https://bit.ly/3f2gZ2f

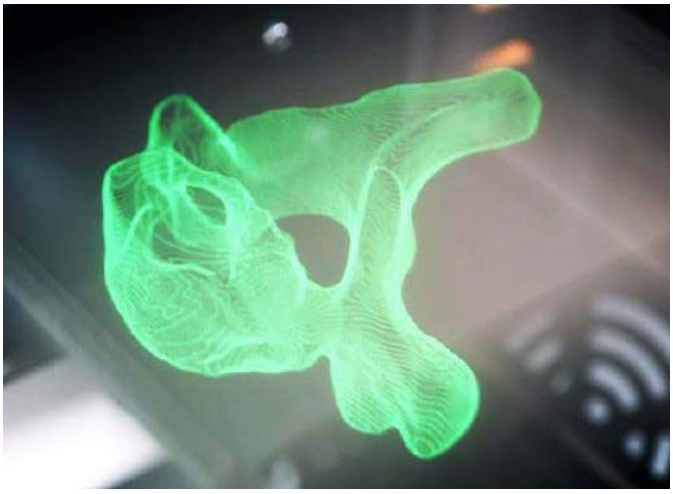
ZeroBug – sześcionożny robot kroczący DIY

ZeroBug to drukowany w 3D mikrorobot sześcionożny oparty na prostych serwomechanizmach. Jest on sterowany przez Raspberry Pi Zero i STM32F103. Pi Zero odpowiada za metody wprowadzania i interfejs, dzięki czemu robotem można sterować za pomocą myszy, klawiatury, ekranu z multitouchem lub po prostu gamepada na Bluetooth. Aby robot mógł chodzić, mikrokontroler STM32 obsługuje poruszanie się nóg, kinematykę odwrotną i steruje aż 18 serwomechanizmami na pokładzie pojazdu. Wszystkie te obliczenia działają przy częstotliwości 50 Hz, dzięki czemu Hexapod może poruszać się płynnie i z dużą precyzją. Jego kompaktowa rama jest w pełni drukowana w 3D. Niektóre z kluczowych cech maszyny:

- niestandardowy sterownik realizujący funkcję poruszania się,
- kompaktowy projekt CAD i drukowane komponenty 3D,
- interfejs sieciowy z klawiaturą, myszą i wejściem wielodotykowym przez gniazdo sieciowe web,
- obsługa kontrolera do gier na Bluetooth,
- pazur do manipulacji przedmiotami,

eprasa.pl 1ed9207c33





- tani w budowie – zawiera standardowe serwomechanizmy hobbystyczne.

Układ PCB, kod źródłowy i pliki STL znajdują się na Githubie: https://github.com/CoretechR/Zerobug. STM32F103 wykonuje ciężkie zadania obliczeniowe, jeśli chodzi o poruszanie się robota. Odpowiada za kalkulacje kinematyki odwrotnej, obrotów/translacji ciała i wreszcie steruje serwami. Za pomocą prostego protokołu szeregowego można wysyłać polecenia tak, aby bezpośrednio sterować robotem. Interfejs szeregowy jest również tym, do którego podłączony jest Raspberry Pi Zero W. Pracuje na nim ulepszona wersja oprogramowania stworzonego dla poprzedniego, kołowego robota autora, która obsługuje interfejs sieciowy do sterowania robotem za pomocą myszki i/lub ekranu dotykowego. Dodatkowo, bezprzewodowe gamepady na Bluetooth są obsługiwane przez bibliotekę pygame.

Pod względem sprzętowym niestandardowa płytka drukowana zawiera STM32, kontroler PWM i kilka innych komponentów, podczas gdy Raspberry Pi Zero jest podłączone z tyłu płytki drukowanej. Zastosowane serwa to niedrogie silniki EMAX ES08A II. Wszystko poza elektroniką i serwomechanizmami jest drukowane w 3D. Cały projekt jest mocno inspirowany niesamowitym µBugien Matta Dentona, przyjmując jego wymiary i proporcje.

https://bit.ly/3y9Ww2E

VVD – wyświetlacz wolumetryczny

VVD jest prototypem wolumetrycznego urządzenia wyświetlającego obraz, które oparte jest na zjawisku persystencji widzenia. To monumentalne dzieło jednej osoby, obejmujące kilka lat przerywanej pracy. Skończyło się na tym, że nie był to produkt komercyjny, ale prototyp jest na tyle obiecujący, że można go szerzej zaprezentować, uważa autor konstrukcji. Prototyp VVD pozwala zobaczyć prawdziwą trójwymiarową wizualizację wolumetryczną treści 3D. Jest łatwy w użyciu, działa z dowolnym modelem 3D (na przykład z plikiem *.STL* na dysku USB). W przeciwieństwie do hologramów, które można zobaczyć tylko pod pewnym kątem, wizualizacja wolumetryczna ma zupełnie inne, unikatowe cechy:

- może być oglądana z dowolnego punktu dookoła urządzenia,
- więcej osób może go oglądać w tym samym czasie, więc staje się doświadczeniem, którym można się dzielić,
- brak konieczności stosowania dodatkowych okularów, co zmniejsza zmęczenie wzroku widzów i sprawia, że to rozwiązanie jest proste i odpowiednie dla każdego.

VVD wyświetla różne poziome warstwy modelu 3D na specjalnej, bardzo szybko wibrującej folii. Ta wibracja obrazu wykorzystuje persystencję widzenia, charakterystyczną dla naszej siatkówki czy mózgu, i umożliwia nam postrzeganie całego obiektu. Jest to ta sama zasada, która pozwala działać animacji w telewizji czy kinie, w których widz interpretuje szybką sekwencję nieruchomych obrazów jako ciągły ruchomy obraz. Dlatego też urządzenie to jest również nazywane wyświetlaczem wolumetrycznym PoV (*Persistence of Vision* – persystencja widzenia). System taki ma wiele potencjalnych zastosowań. Może zaoferować nowy, przełomowy sposób patrzenia na obrazowanie 3D generowane przez skanery 3D lub skanery rezonansu magnetycznego i tomografii komputerowej (CT), które można teraz badać z dowolnego punktu widzenia, bez dodatkowych okularów, otwierając nieskończone zastosowania w sektorze medycznym. Zapewnia to zwiększenie świadomości i edukacji pacjenta, z dużo łatwiejszym do zrozumienia wizualnym wyjaśnieniem wykonywanego zabiegu, redukcję ilości nieoczekiwanych problemów na sali operacyjnej, ponieważ chirurg może zobaczyć lepszą wizualizację 3D zaangażowanych części ciała. Eksperci medyczni mogą teraz studiować, dyskutować ze swoimi kolegami lub wyjaśniać swoim studentom studia przypadków w postaci trójwymiarowej wizualizacji wolumetrycznej.

Oferując prawdziwą trójwymiarową wizualizację, VVD może pomóc uzyskać lepszy ogólny widok zespołu komponentów, sprawdzając, czy wszystkie są prawidłowe, proporcjonalne, czy ich połączenie jest prawidłowe itd. Jest to istotne ułatwienie dla inżynierów mechaników, tym bardziej że pozwala to na oglądanie tego samego detalu przez wiele osób naraz w tym samym czasie. Równie ciekawe zastosowanie może znaleźć w branży edukacyjnej. Nie jest łatwo utrzymać zainteresowanie lekcją całej klasy. Im bardziej nauka jest interaktywna i im więcej korzysta się z technologii, tym bardziej uczniowie będą czerpać radość z tego, czego się uczą. VVD staje się doskonałym narzędziem wspierającym nauczyciela na różne sposoby, wykorzystujące trójwymiarową percepcję wzrokową u uczniów, co pomaga w tłumaczeniu złożonych koncepcji, takich jak wzory matematyczne lub chemiczne w ich trzech wymiarach. System pozwala na wyświetlanie części ciała, zabytków, zwierząt lub dowolnych innych modeli 3D, które mogą odnosić się do tematu lekcji, zapewniając lepszy odbiór lekcji niż zwykłe zdjęcia czy rysunki.

eprasa.pl 1ed9207c33

Podobne zastosowanie wyświetlacze wolumetryczne mogą znaleźć w muzeum przyszłości, gdzie publiczność jest zaangażowana w nieustanną dynamikę. Zwykłe gabloty i grafiki są coraz bardziej wspierane przez filmy, interaktywne wyświetlacze, systemy VR itp. Szczególnie gdy zachodzi potrzeba pokazania artefaktów lub znalezisk archeologicznych, których nie ma w muzeum, ale są związane z trwającą wystawą – obecnie muzea szeroko wykorzystują obrazy, rysunki, schematy itp. VVD to nowe, niedrogie narzędzie, które sprawi, że wizyta na wystawie będzie bardziej absorbująca i interaktywna, co pozwoli przyciągnąć uwagę publiczności

https://bit.ly/3iyrQBH

LED-owy kieszonkowy zegarek z dewizką

Projekt wystartował jakiś czas temu, kiedy jego autor – ukrywający się pod nickiem Spark Vulpes – postanowił spróbować swoich sił w naprawie zegarków. Kupił on sporo starych, zepsutych zegarków za bezcen i próbował je naprawiać. Były one w różnym stanie, ale przyczynkiem do tego projektu był jeden z nich, z którego została jedynie obudowa. „Nie było mowy, żebym zbudował nowy mechanizm do tej obudowy, ale zegarek cyfrowy był zdecydowanie w moim zakresie umiejętności, jednak musiałby być wizualnie ciekawy, aby był wart zrobienia. Obudowa ta była ze srebra wysokiej próby, datowana na koniec XIX wieku do początku XX wieku (z tego, co udało mi się znaleźć w Internecie), więc zwykły wyświetlacz LCD lub siedmiosegmentowy nie da tutaj rady. (…) Chciałem zrobić coś ładnego, coś, co wyglądało tak, jakby należało do tego zegarka, ale także coś, co można zobaczyć w serialu science–fiction", opisuje autor swój tok myślenia.

Projekt cyferblatu pochłonął najwięcej czasu. Autor ostatecznie zdecydował się na projekt zegarka z 5 pierścieniami. Zewnętrzny pierścień ma 60 niebieskich diod LED, które oznaczają sekundy, poruszając się po tarczy, jakby była to wskazówka starego zegarka. Drugi pierścień ma 60 zielonych diod LED dla minut poruszających się tak samo jak pierwszy. Trzeci pierścień ma 24 czerwone diody LED na godziny. Autor zdecydował się na 24 diody LED, zamiast intuicyjnych 12, ponieważ taka liczba diod po prostu nie wypełniała ładnie przestrzeni na tarczy. Czwarty pierścień ma 7 pomarańczowych diod LED pokazujących dzień tygodnia. Wewnętrzny pierścień nie jest włączony podczas normalnego użytkowania i jest po prostu wskaźnikiem naładowania baterii z 3 czerwonymi podczas ładowania i 3 zielonymi po naładowaniu. Każdy pierścień jest oznaczony sitodrukiem na płytce drukowanej, ale ze względów estetycznych jest to jedyny sitodruk na całym PCB.

Autor narzucił sobie tylko jedno ograniczenie – samej obudowy nie można w żaden sposób zmodyfikować. Oznacza to, że nie zrobiono żadnych nowych otworów i nic nie było do niej trwale przymocowane. Jako cel drugorzędny autor chciał, aby sterowanie nowym zegarkiem było podobne jak starym zegarkiem z dewizką. Pierwszym problemem było ładowanie. Ładowanie bezprzewodowe nie działa przez srebrną obudowę, więc autor musiał znaleźć gniazdo ładowania, które zmieściłoby się zarówno w otworze wykonanym dla starego klucza, jak i nie byłoby zbyt długie, aby zmieścić się w obudowie. Doskonale

pasowało tutaj złącze microjack 2,5 mm. Do konfiguracji zegarka służy enkoder obrotowy, ale podobnie i tutaj problemem okazał się rozmiar. Cała dostępna głębokość była mniejsza niż 7 mm, a to musiało również zawierać baterię i PCB. Udało się tutaj dobrać enkoder Alps, który miał tylko 2,7 mm wysokości. W przypadku baterii autor chciał użyć największej możliwej pojemności, więc jedyną opcją było ogniwo litowo polimerowe. Ostatecznie wybrano ogniwo o pojemności 380 mAh, ponieważ było to fizycznie największe ogniwo, jakie mogło zmieścić się w obudowie.

Procesor, na który się zdecydował się autor, to chip oparty na rdzeniu ARM Cortex M0, wyprodukowany przez Silicon Labs, zwany EFM32 Zero Gecko, który w momencie rozpoczęcia projektu był stosunkowo nowym układem zaprojektowanym specjalnie z myślą o niskim poborze mocy.

Projekt PCB okazał się dość skomplikowany w przypadku tego projektu. Konieczność zamontowania 157 diod LED na multipleksowanym dysku o średnicy 46 mm zakończyła się dodaniem aż 4 warstw, co jednak pozostaje w zakresie możliwości większości tanich dostawców PCB. Konieczne było jednak kilka sztuczek, takich jak m.in. dodanie dodatkowych płytek drukowanych ze złączami krawędziowymi czy samodzielne wykonywanie platerowanych otworów na krawędzi płytki drukowanej.

Zegarek wytrzymuje około 48 godzin na baterii z włączonym wyświetlaczem, dzięki czemu nie traci się zapisanego czasu. Gdy bateria osiągnie 25% pojemności, główny wyświetlacz zostaje wyłączony i tylko czerwony pierścień baterii miga raz na sekundę, aby poinformować o niskim poziomie naładowania baterii, procesor jest również przełączany w tryb niższego poboru mocy i w tym momencie czas będzie utrzymywany przez ponad 2 miesiące na pozostałej mocy. Gdy bateria osiągnie próg 3 V, procesor jest przełączany do jeszcze niższego stanu poboru mocy, a czas może zostać utracony, aby zapewnić, że bateria litowa nigdy nie zostanie rozładowana poniżej bezpiecznego dla niej minimum. Ponieważ oryginalny zegarek wymagałby codziennego nakręcania i straciłby czas, gdyby pozostawiono go do pełnego rozwinięcia sprężyny, jest to rozsądna poprawa, nawet jeśli nie jest tak dobra jak dla nowoczesnych zegarków. Zresztą, nie z takimi konstrukcjami ma on konkurować. Wizualne aspekty tego zegarka sprawiają, że jest on niezapomnianym widokiem i chętnie przyciąga wzrok wszystkich dookoła.

https://bit.ly/3ziw72W

eprasa.pl 1ed9207c33

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- umożliwia nie tylko tłumienie, ale i wzmocnienie sygnału regulowanego,
- regulacja odbywa się z wysoką liniowością, lepszą od 1% w zakresie –90...+10 dB,
- zmieniając wartości elementów, można dostosować zakres regulacji do wymagań aplikacji,
- zasilanie o napięciu ±15 V i wydajności ok. 200 mA.

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

AVT-5683 Trzykanałowy sumator/mikser audio (EP 6/2019)
AVT-1972 Potencjometr „Panorama" audio (EP 9/2017)
AVT-1958 Ducker audio z układem THAT4301 (EP 8/2017)
AVT-1670 Stereofoniczny regulator barwy dźwięku (EP 4/2012)
AVT-5208 T-Mixer. Nowoczesny mikser audio z panelem dotykowym (EP 11/2009)
AVT-2710 Prosty dyskotekowy mikser (EdW 2/2004)
AVT-490 Mikser audio ze sterowaniem cyfrowym (EP 2–3/1999)
AVT-2173 Trzykanałowy mikser ze wzmacniaczem (EdW 12/1997–1/1998)
AVT-1034 Czterokanałowy mikser stereo (EP 4/1995)
AVT-2132 Przedwzmacniacz z regulacją barwy dźwięku
AVT-5745 Przedwzmacniacz stereo z regulacją barwy dźwięku

W ofercie AVT*
AVT5873

* 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

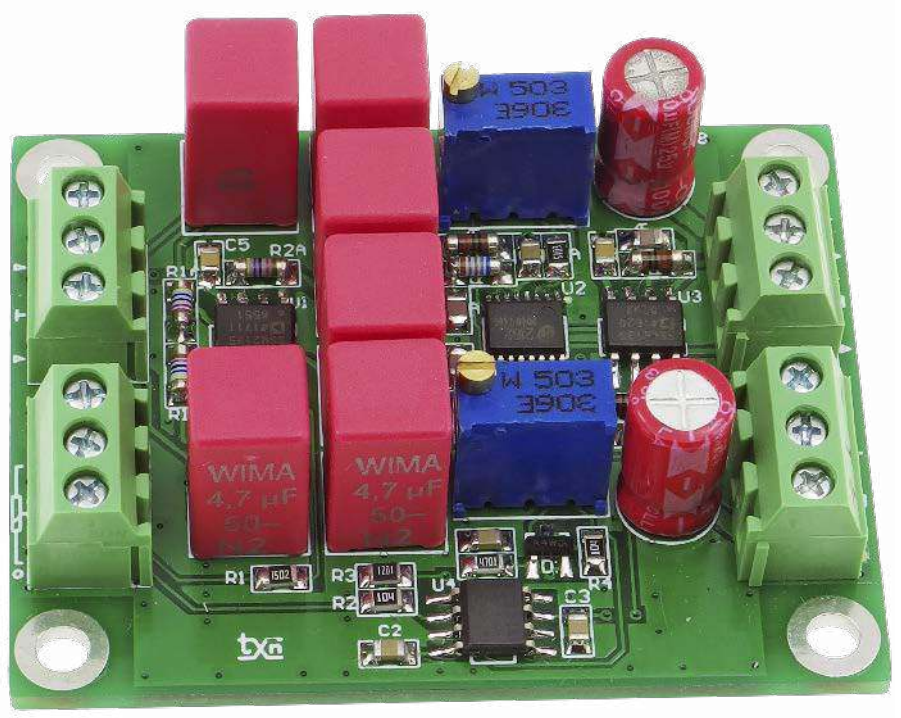
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Stereofoniczny aktywny regulator głośności

Regulacja poziomu sygnału audio jest tematem raczej banalnym, pod jednym warunkiem – gdy mamy możliwość zastosowania potencjometru dobrej jakości. Niestety jakość dzisiejszych potencjometrów jest, delikatnie mówiąc, słaba, zarówno od strony mechanicznej (np. luzy osiowe), jak i elektrycznej (np. współbieżność kanałów). Rozwiązania specjalistyczne oparte na elementach ALPS, ELMA, DACT są niestety wyjątkowo kosztowne. W wyniku tego powstają różnego rodzaju regulatory DIY bazujące na przekaźnikach, fotoelementach czy tranzystorach polowych, mające zastąpić ten prosty element elektroniczny, jakim jest potencjometr.



Zaprezentowany układ regulatora głośności działa na nieco innej zasadzie. Do regulacji głośności zastosowany jest wysokiej jakości układ VCA (*Voltage-Controlled Amplifier*) – wzmacniacz kontrolowany napięciem, popularny w profesjonalnym sprzęcie audio układ THAT2162, którego budowa wewnętrzna została pokazana na **rysunku 1**. Domyślnymi zastosowaniami układu są wszelakiego rodzaju kompresory, limitery i miksery, lecz nic nie stoi na przeszkodzie, aby zastosować go jako regulator wzmocnienia.

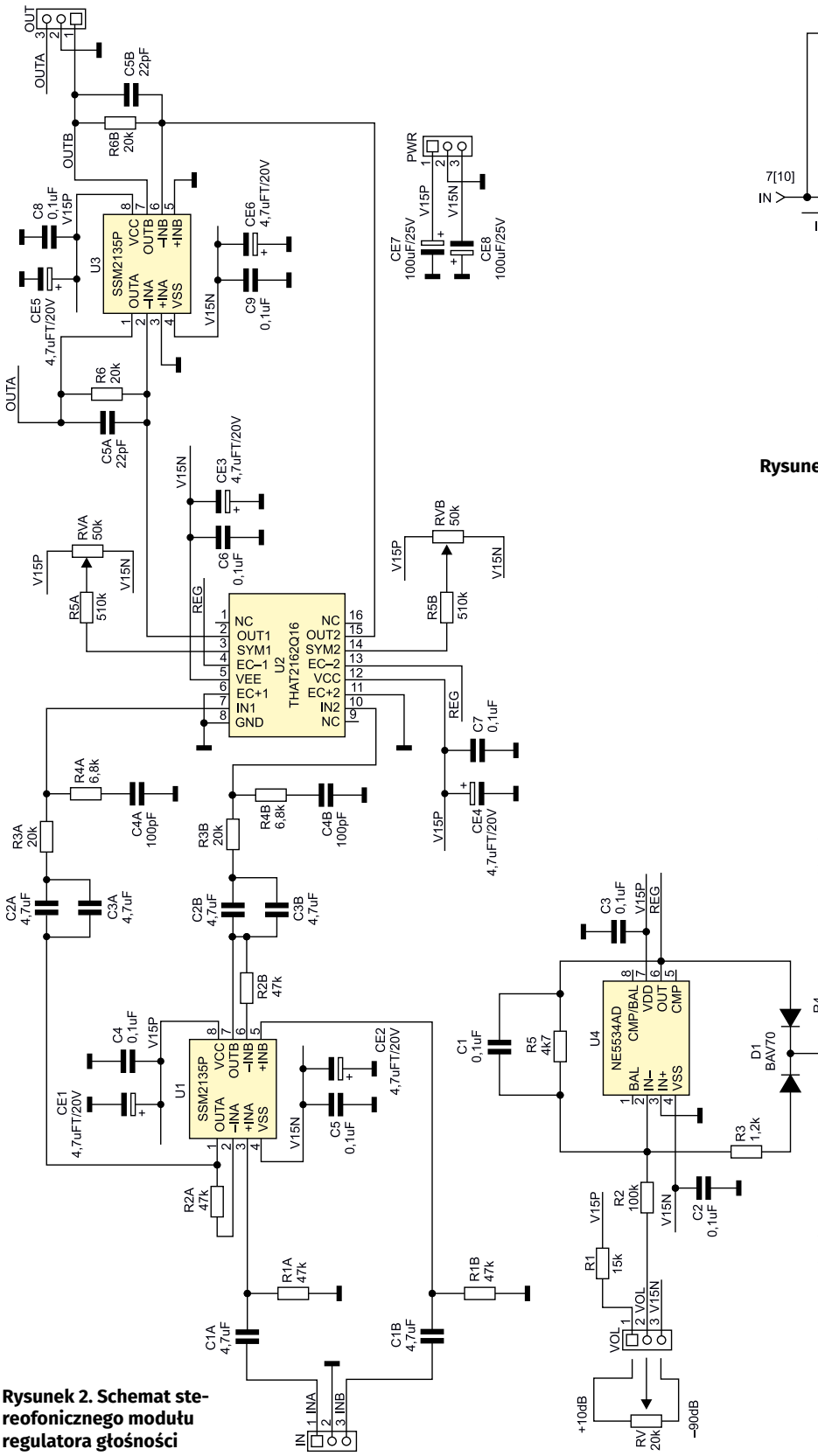
Układ ma dwa kanały VCA, których wzmocnienie regulowane jest napięciem sterującym – wyprowadzenia EC+ lub EC–. Co bardzo istotne – regulacja wykonywana liniowo zmienianym napięciem daje logarytmiczną charakterystykę regulacji wzmocnienia. W odróżnieniu od potencjometru lub układów regulacji pasywnej na przekaźnikach i fotoelementach, układ THAT2162 umożliwia nie tylko tłumienie, ale i wzmocnienie sygnału regulowanego. Regulacja odbywa się z wysoką liniowością, lepszą od 1% w zakresie –90...+10 dB, co jest nieosiągalne dla klasycznych potencjometrów mechanicznych.

Budowa i działanie

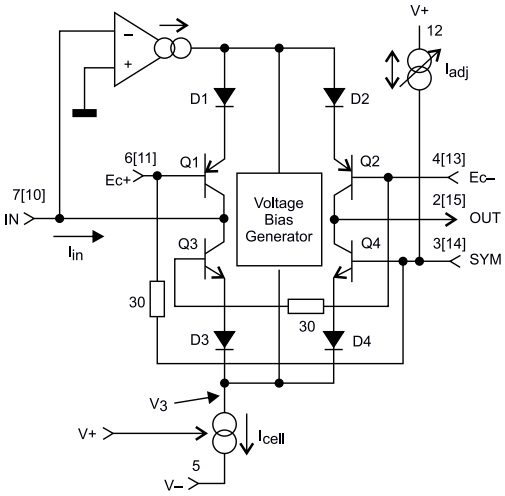
Schemat stereofonicznego modułu regulatora został pokazany na **rysunku 2**. Elementy pracujące w torze jednego kanału mają oznaczenia z dodatkową literą A, drugiego kanału – z literą B, natomiast elementy wspólne mają oznaczenia bez dodatkowej litery. Sygnał wejściowy z gniazda IN (kanały A i B) doprowadzony jest do bufora U1, wykonanego z użyciem wysokiej klasy wzmacniacza operacyjnego przeznaczonego do torów audio, układu typu SSM2135 od Analog Devices. Wejścia wzmacniacza odseparowane są kondensatorami foliowymi C2, C3.

Buforowany sygnał podawany jest na wejścia układu U2 – THAT2162. Obwody R4, C4 zapewniają stabilność U2. Po regulacji poziomu

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 2. Schemat stereofonicznego modułu regulatora głośności



Rysunek 1. Budowa wewnętrzna układu THAT2162

sygnał dostępny jest na wyjściach OUT (prądowych) i po konwersji I/U w układzie U3 doprowadzony jest do złącza wyjściowego OUT. Do wyprowadzeń 3 i 14 (SYM) układu U2 podłączone są potencjometry RV umożliwiające regulację dla osiągnięcia najmniejszych zniekształceń nieliniowych. Do regulacji wzmocnienia używane są wejścia 4, 13 (EC–).

Do nastawiania wzmocnienia służy linowy potencjometr RV podłączony do złącza VOL. Dopuszczalny zakres napięć na pinach EC wynosi ±1 V, wejścia EC powinny być sterowanie ze źródeł o małej rezystancji wewnętrznej. Sygnał z potencjometru doprowadzony jest do wzmacniacza U4 o wzmocnieniu 0,047. Rezystor R1 ogranicza zakres regulacji wzmocnienia do ok. –90...+10 dB.

Zmieniając wartości elementów RV, R1, R2, R3, możemy dostosować zakres regulacji do wymagań aplikacji, pamiętając o ograniczeniu napięcia EC do ±1 V (przekroczenie zakresu powoduje w większości przypadków uszkodzenie drogiego THAT2162A). Układ ma możliwość opcjonalnej regulacji z dwoma nachyleniami charakterystyki, tak jak to zostało pokazane w nocie aplikacyjnej DN116. Po uzupełnieniu układu o D1, R3=1,2 kΩ, R4=100 kΩ, zmianie R1=125 kΩ, R2=4,99 kΩ i zwarciu rezystora R1 charakterystyka regulacji odbywa się z nachyleniem –R5/R2 dla tłumienia sygnału i (–R5||R3)/R2 dla wzmocnienia sygnału zgodnie z **rysunkiem 3**. Zastosowanie podwójnej diody U1 typu BAV70 zapewnia kompensację temperaturową układu.

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

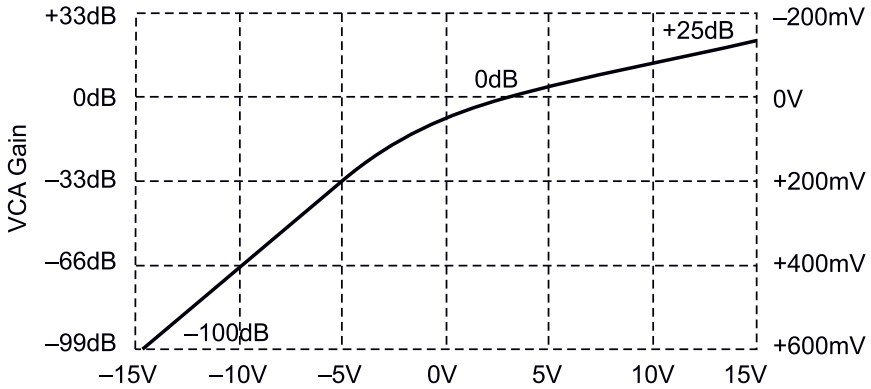
Rezystory:
R1: 15 kΩ SMD0805 1%
R2, R4: 100 kΩ SMD0805 1%
R3: 1,2 kΩ SMD0805 1%
R5: 4,7 kΩ SMD0805 1%
R1A, R1B, R2A, R2B: 47 kΩ SMD1206
R3A, R3B, R6A, R6B: 20 kΩ SMD1206
R4A, R4B: 6,8 kΩ SMD1206
R5A, R5B: 510 kΩ SMD0805 1%
RV: 20 kΩ potencjometr liniowy
RVA, RVB: 50 kΩ 3296W helitrim pionowy

Kondensatory:
C1...C9: 0,1 μF SMD0805 ceramiczny X7R/50 V
C1A, C1B, C2A, C2B, C3A, C3B: 4,7 μF 7,2×7,2 foliowy Wima 5 mm
C4A, C4B: 100 pF SMD0805 ceramiczny NP0/50 V
C5A, C5B: 22 pF SMD0805 ceramiczny NP0/50 V
CE1...CE6: 4,7 μFT/20 V 3528 tantalowy SMDA
CE7, CE8: 100 μF/25 V elektrolityczny Low ESR

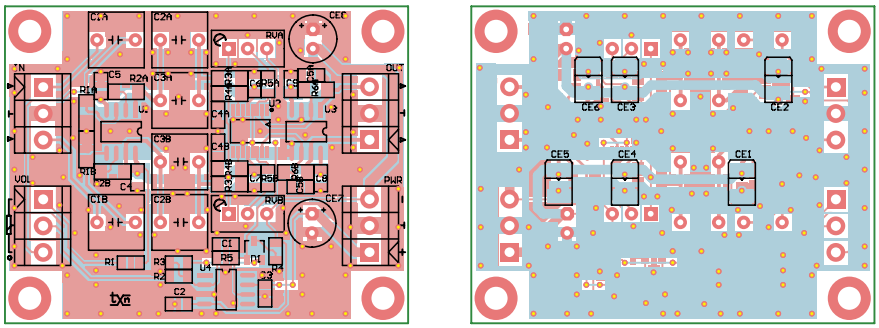
Półprzewodniki:
D1: BAV70 (SOT-23) dioda podwójna SMD
U1, U3: SSM2135P (SO8)
U2: THAT2162Q16 (QSOP16)
U4: NE5543AD (SO8)

Pozostałe:
IN, OUT, PWR, VOL CONN: złącze śrubowe DG381 3 piny

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 3. Zmodyfikowana charakterystyka regulacji



Rysunek 4. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat, wraz z rozmieszczeniem elementów, pokazano na **rysunku 4**. Montaż elementów przebiega zgodnie z ogólnymi zasadami i nie wymaga szczegółowego opisu. Gotowy moduł wymaga zewnętrznego niskoszumnego zasilacza o napięciu ±15 V i wydajności ok. 200 mA.

Zmontowane urządzenie wymaga tylko wyregulowania poziomu zniekształceń lub ewentualnie doboru zakresów regulacji. Do wejścia należy doprowadzić sygnał 1 kHz, 0 dB, ustawić wzmocnienie na 1 (0 dB EC– = 0 V) i potencjometrami ustawić minimalne możliwe zniekształcenia nieliniowe sygnału wyjściowego dla każdego kanału. Do regulacji można wykorzystać kartę dźwiękową PC i program Adobe Audition lub Analog Discovery2. Po ustawieniu najniższego poziomu harmonicznych pozostaje tylko wpięcie regulatora do toru audio i przetestowanie działania na własnych uszach.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

ELPORTAL.pl

EdW możesz zamówić na
www.ulubionykiosk.pl
lub w Empikach i wszystkich większych kioskach z prasą.

Nie przegap interesujących materiałów w siostrzanym czasopiśmie

W sierpniowym wydaniu „Elektroniki dla Wszystkich" między innymi:

NanoVNA, czyli superultra... omomierz
Zaskakujący materiał, który odsłania tajemnice nieprawdopodobnie pożytecznych przyrządów pomiarowych, nazywanych VNA, czyli wektorowymi analizatorami sieci.

Inteligentny dom także dla Ciebie, czyli jest dobrze, ale nie beznadziejnie. Czy to rzeczywiście „smart home"?
Coraz więcej osób chciałoby mieszkać w inteligentnych domach. Co jednak tak naprawdę rozumiemy pod tym określeniem i co tak naprawdę znaczy „smart home"?

Karta wyjść cyfrowych audio
Prosty układ, przeznaczony dla posiadaczy komputerowych płyt głównych pozbawionych standardowego cyfrowego wyjścia audio. Zapewnia fizyczne gniazda SPDIF RCA, BNC, TOSLINK i AES3.

Generator wody, czyli peltier w akcji
Plon jednego z zadań Szkoły Konstruktorów. Interesujący przykład oryginalnego, nietypowego wykorzystania termoelektrycznego ogniwa Peltiera.

Panorama audio. Zniekształcenia cyfrowe?
Na przykładzie przetworników cyfrowo-analogowych DAC omawiamy, a właściwie tylko sygnalizujemy intrygujące, bardzo słabo rozumiane zagadnienie różnego rodzaju zniekształceń sygnałów cyfrowych.

Ponadto w numerze:
- Filozofia sieci. Protokół TCP
- Wzmacniacze klasy D
- Droga do RRIO, czyli wzmacniacze operacyjne (nie tylko) dla początkujących
- Naprawa zasilacza do Szarotki
- Szkoła Konstruktorów:
  - wykorzystanie dowolnego, częściowo wyeksploatowanego akumulatora
  - zaproponuj układ elektroniczny z wykorzystaniem co najmniej jednego superkondensatora

Masz może pomysł na ciekawy artykuł lub projekt? Skonstruowałeś urządzenie, które jest godne zaprezentowania szerszej publiczności? Możesz napisać artykuł edukacyjny? Chcesz podzielić się doświadczeniem? W takim razie zapraszamy do współpracy na łamach Elektroniki dla Wszystkich. Kontakt: edw@elportal.pl

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5875

Podstawowe parametry:

- odliczanie czasu w dół po wykryciu obiektu przez czujnik odbiciowy,
- możliwość ustawienia czasu początkowego w zakresie od 1 s do 99 min 59 s,
- sygnalizowanie trzech stanów: odliczania czasu, zakończenia i przerwania odliczania,
- czytelny wyświetlacz LED,
- zasilanie napięciem stałym o wartości około 12 V, pobór prądu do 100 mA.

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

AVT-5853 Energooszczędny czujnik odbiciowy (EP 4/2021)
Projekt 237 Wyłącznik taśmy LED – bariera podczerwieni (EP 12/2018)
AVT-5548 Licznik czasu pracy wyzwalany za pomocą przepływu prądu (EP 9/2016)
AVT-1852 Optoelektroniczny czujnik zbliżeniowy (EP 5/2015)
AVT-5475 Licznik czasu pracy (EP 11/2014)
AVT-1740 Zbliżeniowy włącznik oświetlenia (EP 5/2013)
AVT-1711 Włącznik zbliżeniowy (EP 10/2012)
AVT-1690 Włącznik zbliżeniowy (EP 8/2012)
AVT-1531 Zbliżeniowy włącznik refleksyjny (EP 8/2009)
AVT-1396 Czujnik zbliżeniowy (EP 8/2004)
AVT-2641 Radar IRED (EdW 9/2002)
AVT-1348 Przełącznik zbliżeniowy (EP 8/2002)
AVT-3009 Licznik czasu (EdW 10/2001)

* 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

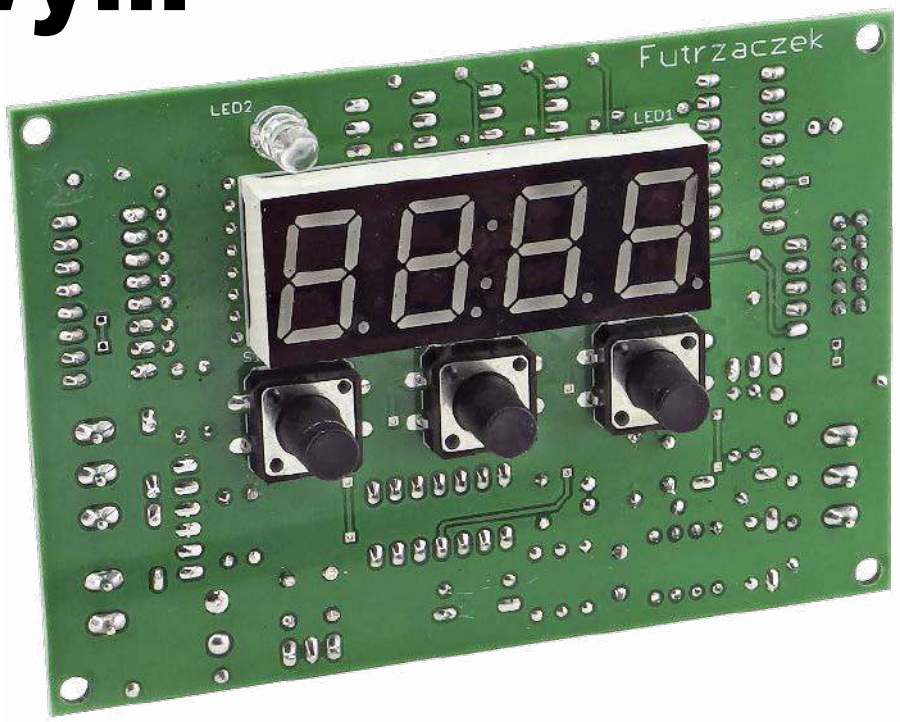
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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 czasu z czujnikiem odbiciowym

Odmierzanie czasu może mieć wiele zastosowań. Praktycznego znaczenia nabiera wtedy, gdy może być precyzyjnie zsynchronizowane z jakimś procesem. Zaprezentowany układ umożliwia realizację takiego zadania dzięki temu, że łączy w sobie dwie funkcjonalności – odliczania czasu oraz wykrywania obiektu za pomocą optycznego czujnika odbiciowego.



Niektóre procesy muszą przebiegać przez określony czas. Na przykład napełnianie opakowań towarem, który zsypuje się w jednakowym tempie z podajnika. Co określony czas trzeba to opakowanie wymienić na nowe, puste, aby nie dochodziło do przepełnienia. Dodatkowo należy zasygnalizować błąd, który wystąpi, jeżeli opakowanie zostanie wyjęte przed upływem zadanego czasu.

Prezentowany układ umożliwia ustawienie początkowego czasu aż do wartości 99 min i 59 s z rozdzielczością 1 s. Po wyłączeniu i ponownym włączeniu przywraca tę wartość, zapisaną uprzednio w pamięci nieulotnej. Dwa wygodne duże przyciski służą do ustawiania czasu, a trzecim można zakończyć odliczanie w dowolnym momencie i przywrócić układ do stanu początkowego.

Budowa i działanie

Schemat licznika czasu został pokazany na **rysunku 1**. Jego pracą steruje mikrokontroler US1 typu ATtiny24A – niewielki układ mający zaledwie 2 kilobajty pamięci programu. Jest jednak w pełni wystarczający do realizacji wspomnianych wcześniej funkcjonalności. Jego programowanie jest wykonywane metodą ISP – programator można podłączyć do złącza J1, układ wyprowadzeń odpowiada standardowi KANDA ISP 10 pin. Linie sygnałowe są podciągnięte do dodatniej linii zasilania, aby nie gromadziły się na nich ładunki elektrostatyczne. Dodatkowo wyprowadzenia MISO, MOSI i SCK służą jako wejścia przycisków monostabilnych, służących do zadawania nastaw czasu i zerowania układu.

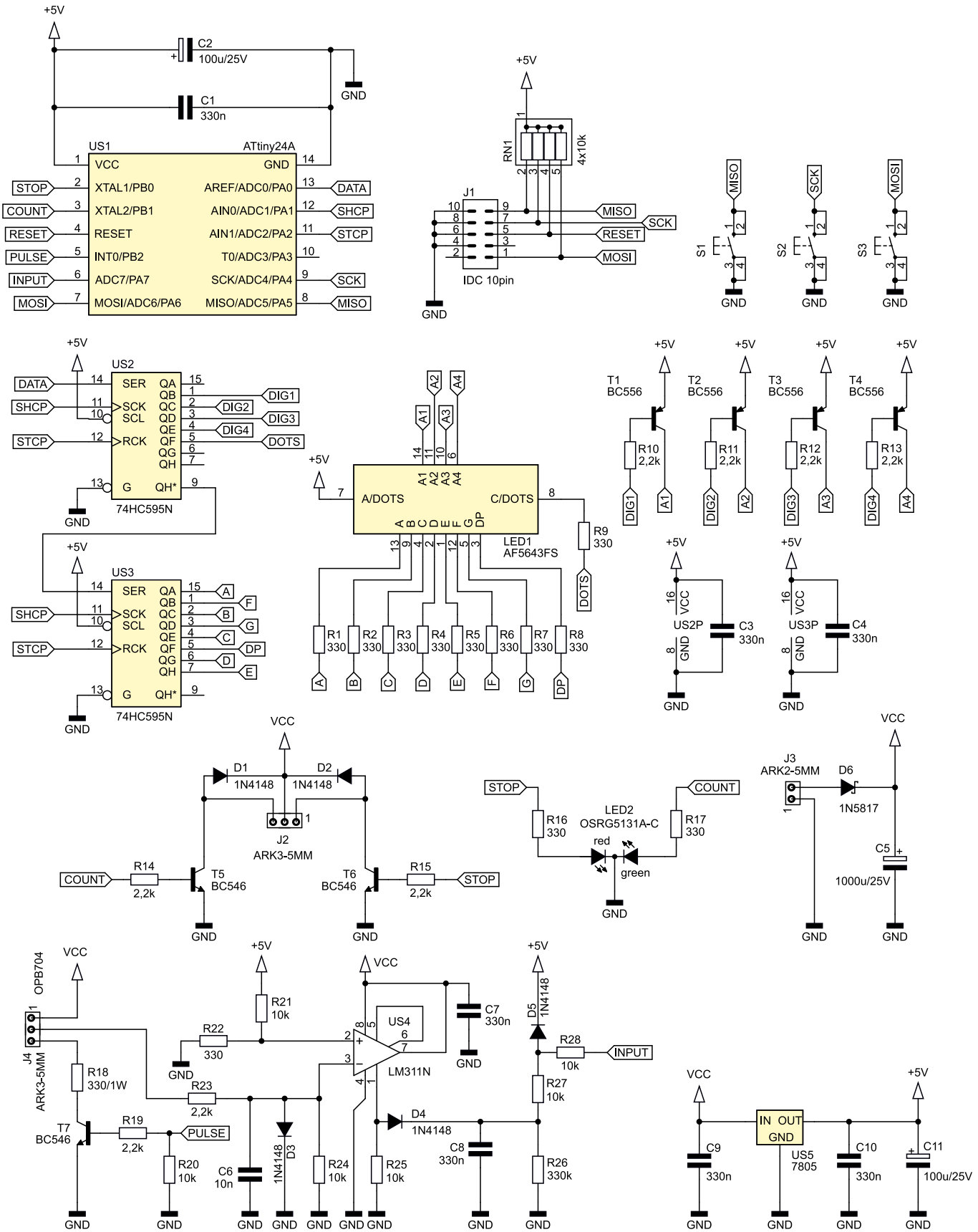
Czas jest wskazywany na czytelnym wyświetlaczu siedmiosegmentowym LED typu AF5643FS, który ma cztery cyfry i emituje światło barwy czerwonej. Ma tak dużą jasność, że nawet w silnym świetle jego świecenie jest wyraźne. Na środku ma dwukropek, charakterystyczny dla wyświetlaczy przeznaczonych do zegarów. W tym układzie będzie służył do sygnalizacji stanu pracy. Sterowanie wyświetlaczem odbywa się poprzez multipleksowane załączanie jego kolejnych cyfr. Odpowiadają za to dwa rejestry przesuwne typu 74HC595. Pierwszy rejestr załącza poszczególne cyfry (wystawiając stan niski, co nasyca jeden z tranzystorów T1…T4) oraz dwukropek, a drugi, poszczególne segmenty każdej z cyfr oraz ich kropki. Są połączone kaskadowo, więc każdorazowa aktualizacja ich zawartości wymaga wysłania aż 16 bitów, za to cały wyświetlacz angażuje jedynie 3 wyprowadzenia mikrokontrolera.

Prąd każdego z segmentów wynosi około 10 mA i jest to ograniczenie narzucone przez

eprasa.pl 1ed9207c33

sam rejestr przesuwny. Ciągły prąd płynący przez jego wyprowadzenie VCC lub GND nie może przekraczać 70 mA, więc cała cyfra może pobierać nie więcej niż ten limit. Kropki przy cyfrach nie są używane w tym projekcie, zatem jednocześnie może być włączone nie więcej niż 7 segmentów – stąd wynika prąd 10 mA przypadający na segment.

Sygnalizacja trwania odliczania oraz jego zakończenia odbywa się na dwa sposoby. Pierwszym jest załączenie dwukolorowej diody LED2, która świeci na zielono podczas odmierzania czasu i zmienia barwę świecenia na czerwoną, kiedy ten proces dobiegnie końca. Zabranie przeszkody podczas odmierzania czasu skutkuje ciągłym świeceniem diody na zielono i okresowym miganiem



Rysunek 1. Schemat ideowy układu

eprasa.pl 1ed9207c33

Fotografia 1. Czujnik OPB704

struktury czerwonej, przez co wydaje się, że przyjmuje ona kolor pomarańczowy. Razem z tą diodą są sterowane dwa tranzystory – T5 i T6, które wchodzą w stan nasycenia. Dzięki nim można rozszerzyć sygnalizację o sygnalizator dźwiękowy lub większy pasek diod. Należy przy tym pamiętać, że przez każde z wyjść nie może płynąć prąd większy niż 100 mA. Wyjście opisane jako CNT jest załączone podczas pomiaru czasu, a STOP po jego zakończeniu. Dlatego planując podłączenie obciążenia pobierającego większy prąd, trzeba zaplanować dodatkowy układ wykonawczy, na przykład przekaźnik elektromagnetyczny. Wyjścia są zabezpieczone przed uszkodzeniem przez wyłączające się obciążenie indukcyjne, co realizują diody D1 i D2.

Zasilanie układu jest doprowadzane do złącza J3. Dioda D6 zabezpiecza je przed uszkodzeniem w razie omyłkowej zamiany biegunowości. Z kolei kondensator C5 filtruje zasilanie i stanowi podręczny rezerwuar energii, zabezpieczając przed występowaniem silnych spadków napięcia. Stabilizator liniowy US5 dostarcza napięcia o wartości 5 V dla układów cyfrowych. Pobierany prąd jest na tyle mały, że użycie przetwornicy impulsowej mijałoby się z celem.

Ostatnim blokiem układu, który należy omówić, jest układ obsługujący czujnik zbliżeniowy typu OPB704. Jego wygląd został pokazany na **fotografii 1**. Podłużne wycięcie w jego obudowie służy do przykręcenia go śrubką oraz regulacji odległości od wykrywanej przeszkody. Dioda LED (świecąca w podczerwieni) i fototranzystor są ukryte za niewielkim okienkiem, które znajduje się na ściętym czubki tej „strzałki". Poszczególne wyprowadzenia są opisane symbolami wyrytymi na powierzchni obudowy czujnika.

Za włączanie diody LED odpowiada tranzystor T7, który okresowo wchodzi w stan nasycenia na kilka milisekund. Rezystor R18 ogranicza w tym czasie prąd płynący przez tę diodę. Jeżeli światło odbite od przeszkody wprawi fototranzystor czujnika w stan przewodzenia, potencjał jego emitera ulegnie wzrostowi, ponieważ kolektor jest stale podłączony do dodatniej linii zasilania.

Rezystor R23 ogranicza prąd emitera fototranzystora, zaś dioda D3 zapobiega naładowaniu się kondensatora C6 do napięcia powyżej ok. 0,7 V. Jeżeli prąd płynący przez ten fotoelement będzie niewielki, to jedynym jego obciążeniem będzie rezystor R24, a jeżeni wzrośnie, to dioda D3 ograniczy napięcie. Kondensator C6 ma za zadanie odfiltrowanie szybkich impulsów, na przykład zakłóceń elektromagnetycznych.

Komparator US4 porównuje napięcie na C6 z napięciem referencyjnym, które dostarcza mu dzielnik napięcia złożony z rezystorów R21 i R22. Na wejście nieodwracające komparatora trafia napięcie o wartości około 160 mV. Jeżeli potencjał wejścia odwracającego będzie wyższy od tej wartości, tranzystor wyjściowy komparatora załączy się. Dlatego można było ograniczyć amplitudę impulsów trafiających na to wejście do napięcia przewodzenia diody D3 (około 700 mV), ponieważ wyższe napięcie i tak zostałoby zinterpretowane w ten sam sposób. Za to mamy gwarancję, że stopień wejściowy układu LM311 będzie pracował poprawnie – jest wykonany na tranzystorach PNP, zatem dobrze toleruje napięcia bliskie potencjałowi masy.

Kolektor tranzystora czujnika został podłączony do zasilania (około 12 V), a sygnał wyjściowy jest pobierany z emitera. Zatem zbliżenie przeszkody do czujnika spowoduje wzrost napięcia odkładającego się na R25, co z kolei doładuje kondensator C8 poprzez diodę D4. Kiedy impuls z komparatora skończy się, jedynym obciążeniem rozładowującym tę pojemność będzie rezystor R26, a nie stosunkowo mała rezystancja R25.

Prosty detektor szczytowy, złożony z D4, C8 i R26, przechowuje informację o tym, że czujnik wykrył przeszkodę. Dioda D5 ogranicza napięcie trafiające na wejście mikrokontrolera do około 5,7 V. Rezystor R27 ogranicza prąd tej diody, a zadaniem rezystora R28 jest zredukowanie natężenia prądu płynącego przez diody zabezpieczające wejście mikrokontrolera, o ile takowy chciałby popłynąć. W ten sposób mamy absolutną pewność, że delikatne wejście układu ATtiny24A nie zostanie uszkodzone zbyt wysokim napięciem.

Kiedy przeszkoda zostanie zabrana sprzed czoła czujnika, fototranzystor nie nasyci się i komparator nie wykryje wzrostu potencjału swojego wejścia odwracającego. To z kolei spowoduje, że kondensator C8 nie zostanie naładowany porcją energii, zatem ulegnie wreszcie rozładowaniu, co mikrokontroler zinterpretuje jako logiczny stan niski. Wolno zmieniające się napięcia na wejściu mikrokontrolera nie zaszkodzi mu, gdyż jest ono opatrzone przerzutnikiem Schmitta.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 100×70 mm. Jej schemat oraz rozmieszczenie elementów zostały pokazane na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe o średnicy 3,2 mm.

Wszystkie elementy znajdujące się na płytce są przystosowane do montażu przewlekanego. Należy je wlutować zgodnie z ogólnymi zasadami, zaczynając od najniższych, a kończąc na najwyższych. Po przeciwnej stronie płytki znajduje się dioda LED2, przyciski S1…S3, wyświetlacz LED1, który proponuję wlutować na końcu – aby jego powierzchnia nie została przypadkowo uszkodzona. Diodę LED2 należy wlutować wycięciem skierowanym w prawo – najkrótsza nóżka prowadzi do struktury świecącej na zielono.

Pod układy scalone w obudowach DIP proponuję zastosować podstawki, aby można było je łatwo wymienić w razie uszkodzenia. Stabilizator US5 nie wymaga radiatora, gdyż wydzielana na nim moc jest na tyle mała, że sama metalowa wkładka obudowy wystarczy do odprowadzenia powstającego w nim ciepła.

Gotowy, zmontowany układ został pokazany na **fotografii 2**. Trzeba do niego podłączyć czujnik OPB704, do zacisków złącza J4. Schemat połączeń został pokazany na **rysunku 3**. Maksymalna długość przewodów nie jest narzucona i nawet kilkumetrowej długości połączenia nie powinny stanowić problemu.

Zasilanie układu powinno odbywać się napięciem stałym o wartości około 12 V, a maksymalny pobór prądu – bez dodatkowych elementów wykonawczych, nie przekracza 100 mA.

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
(THT mocy 0,25 W, jeżeli nie wskazano inaczej)
R1...R9, R16, R17, R22: 330 Ω
R10...R15, R19, R23: 2,2 kΩ
R18: 330 Ω 1 W
R20, R21, R24, R25, R27, R28: 10 kΩ
R26: 330 kΩ
RN1: 4×10 kΩ SIL5

Kondensatory:
C1, C3, C4, C7...C10: 330 nF raster 5 mm MKT
C2, C11: 100 μF 26 V raster 2,54 mm
C5: 1000 μF 25 V raster 5 mm
C6: 10 nF raster 5 mm MKT

Pozostałe:
D1...D5: 1N4148
D6: 1N5817

LED1: AF5643FS
LED2: OSRG5131A-C
T1...T4: BC556 lub podobny
T5...T7: BC546 lub podobny
US1: ATtiny24A DIP14
US2, US3: 74HC595 DIP16
US4: LM311 DIP8
US5: 7805 TO220

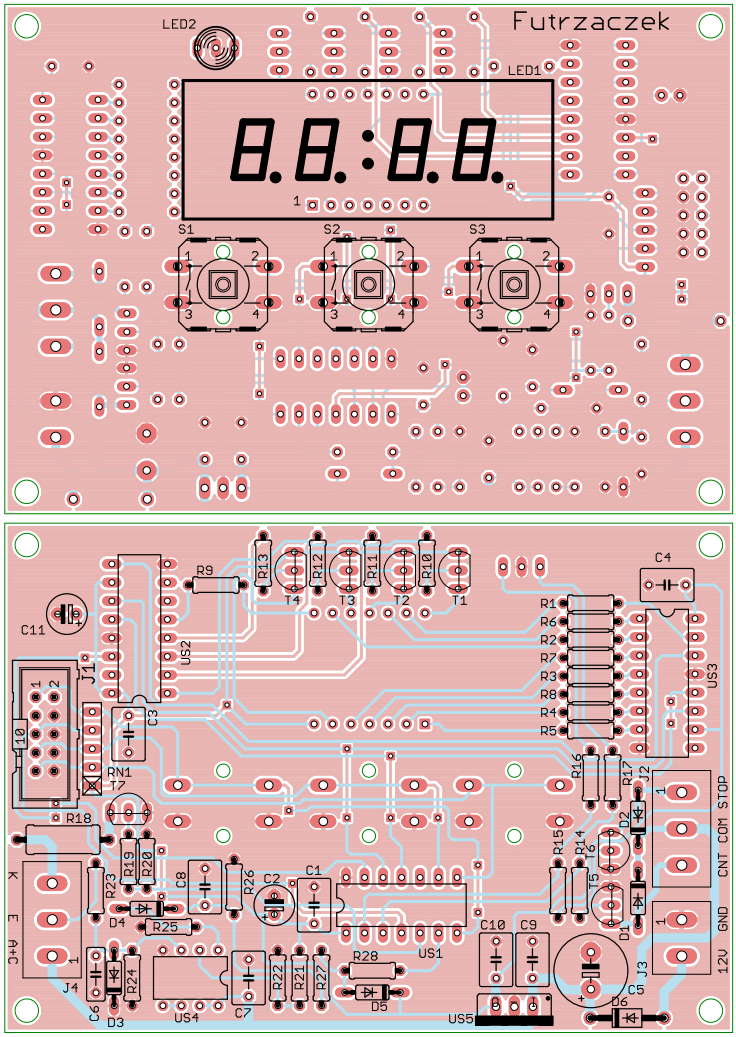
Półprzewodniki:
J1: IDC 10 pin 2,54 mm pionowe
J2, J4: ARK3/500
J3: ARK2/500
S1...S3: mikroswitch (12×12) h 9 mm, TS12-130
Czujnik OPB704 (opis w tekście)

eprasa.pl 1ed9207c33

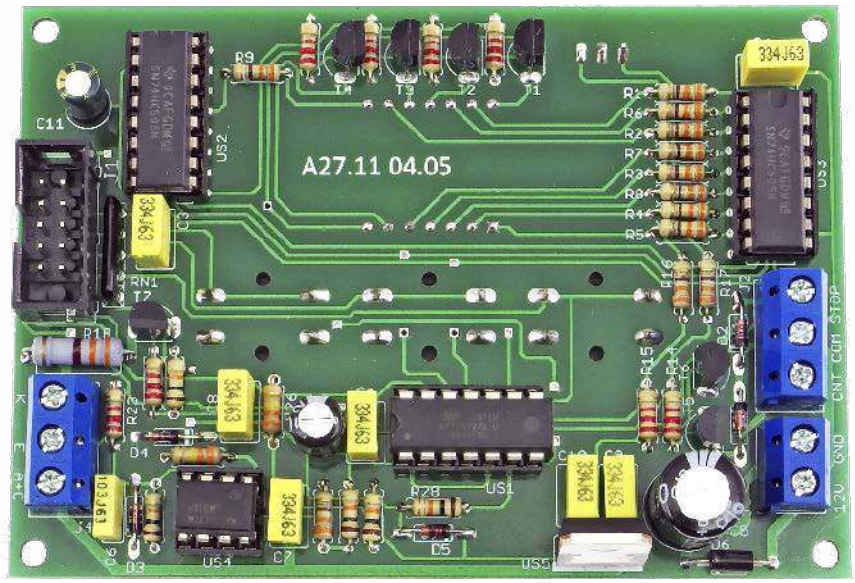
Mikrokontroler należy zaprogramować dostarczonym wsadem pamięci FLASH oraz zmienić jego bity zabezpieczające na wartości:
Low Fuse = 0xE2
High Fuse = 0xDC

Szczegóły znajdują się na **rysunku 4**, który zawiera zrzut okna konfiguracji tych bitów z programu BitBurner. Spowoduje to wyłączenie preskalera zegara oraz załączenie obwodu Brown-Out Detector z progiem zadziałania na poziomie około 4,3 V.

Jeżeli do układu chcemy podłączyć dodatkowe elementy sygnalizujące jego stan (odliczanie/zakończenie), to służy do tego złącze J2. Układ połączeń objaśnia **rysunek 5**.



Rysunek 2. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów

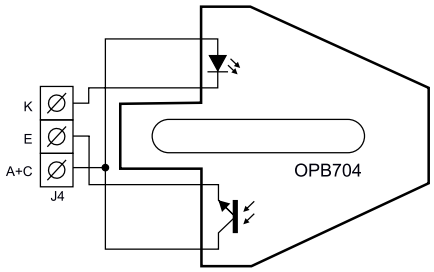


Fotografia 2. Zmontowana płytka, widok od strony BOTTOM

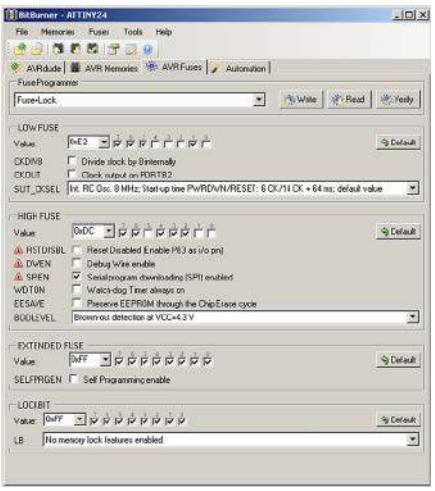
Eksploatacja

Prawidłowo zmontowany układ jest od razu gotowy do działania. Po włączeniu zasilania wchodzi w stan zerowy, a potem pierwszy. Ogólnie może znajdować się w jednym z pięciu stanów, które zostały dokładnie objaśnione w **tabeli 1**.

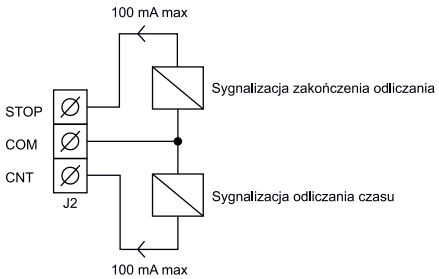
Format wyświetlanego czasu to MM:SS. Przyciski S1 (zwiększa czas) i S2 (zmniejsza czas) działają tylko w 1. stanie pracy, czyli podczas zatrzymanego odliczania. Ich trzymanie powoduje zmianę czasu o 1 s, a inkrementacja (bądź dekrementacja) przyspiesza w miarę trzymania danego przycisku w stanie wciśnięcia. Ponadto czas przewija się „w kółko", czyli po zwiększeniu czasu z 99 min 59 s następuje 0 min 1 s i odwrotnie. Ustawienie czasu zerowego (0 min 0 s) jest niemożliwe i zostanie przez układ skorygowane. Zapis do nieulotnej pamięci EEPROM nastąpi po zwolnieniu wszystkich przycisków.



Rysunek 3. Schemat podłączenia czujnika OBP704 do licznika czasu



Rysunek 4. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających



Rysunek 5. Schemat podłączenia dodatkowych układów sygnalizacyjnych

eprasa.pl 1ed9207c33

Tabela 1. Objaśnienie stanów działania licznika czasu

Numer stanu	Co układ wtedy robi?	Kiedy stan jest uruchamiany?	Kiedy stan jest kończony?	Treść wyświetlacza	Dioda LED2, wyjścia CNT i STOP
0	Uruchamia się	Po włączeniu zasilania	Po upływie 1 s	Poziome kreski, dwukropek świeci	Wyłączone
1	Pokazuje ustawiony czas	Po zakończeniu odliczania i zabraniu przeszkody oraz automatycznie, ze stanu 0.	Po podstawieniu przeszkody do czujnika	Czas ustawiony przyciskami S1 i S2 oraz odczytany z pamięci EEPROM	Wyłączone
2	Odmierza czas	Po podstawieniu przeszkody: kiedy układ był w stanie 1. lub 4.	Po zakończeniu odliczania lub przedwczesnym zabraniu przeszkody	Czas pozostały do końca odliczania, dwukropek miga	LED2 świeci na zielono. CNT zwarte do masy
3	Sygnalizuje zakończenie odliczania czasu	Po odmierzeniu zadanego czasu, kiedy układ był w 2. stanie	Po zabraniu przeszkody sprzed czoła czujnika	Czas wynosi 00:00, dwukropek miga	LED2 świeci na czerwono. STOP zwarte do masy
4	Sygnalizuje zabranie przeszkody przed zakończeniem odliczania, czas się zatrzymuje	Jeżeli w trakcie odliczania (stan 2.) przeszkoda zostanie zabrana	Po podstawieniu przeszkody do czujnika	Czas pozostały do końca odliczania, dwukropek miga	LED2 świeci na zielono i miga na pomarańczowo. CNT zwarte do masy, STOP załącza się okresowo

Czujnik OPB704 sonduje otoczenie co około 500 ms. Dlatego krótkotrwałe zabranie przeszkody sprzed jego czoła (wywołane np. drżeniem) może nie zostać wykryte. Układ jest taktowany oscylatorem RC wbudowanym z mikrokontroler. Ponieważ ten licznik zaprojektowano z myślą o ręcznym pakowaniu produktów, uznano niewielką odchyłkę odmierzanego czasu za dopuszczalną. I tak oto układ prototypowy w czasie odmierzania 30 minut spóźnił się jedynie o 7 sekund, w temperaturze pokojowej.

Zasięg czujnika zbliżeniowego może zależeć od wielu czynników, takich jak temperatura otoczenia oraz faktura i kolor powierzchni przyłożonej do jego czoła. Podczas testów uzyskano zasięg rzędu 10…12 mm w przypadku powierzchni porowatych i około 15…18 mm dla gładkiego, oszlifowanego metalu. Dotknięcie przeszkodą do czoła czujnika również wywołuje jego poprawną reakcję.

Przycisk S3 służy do wyzerowania stanu pracy układu – jego wciśnięcie powoduje powrót do stanu pierwszego. Można to wykorzystać do wykasowania alarmu o przedwczesnym zabraniu przeszkody, jeżeli ta jednorazowa sytuacja tego wymagała.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

COMPUTER CONTROLS

Autoryzowany dystrybutor Altium w Polsce

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 1ed9207c33

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5874

Podstawowe parametry:

- 4 porty USB,
- prosta konstrukcja,
- niewielkie wymiary.

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

AVT-5146 4-portowy Hub USB 2.0 (EP 9/2008)

AVT-833 Aktywny hub USB (EP 10/1999)

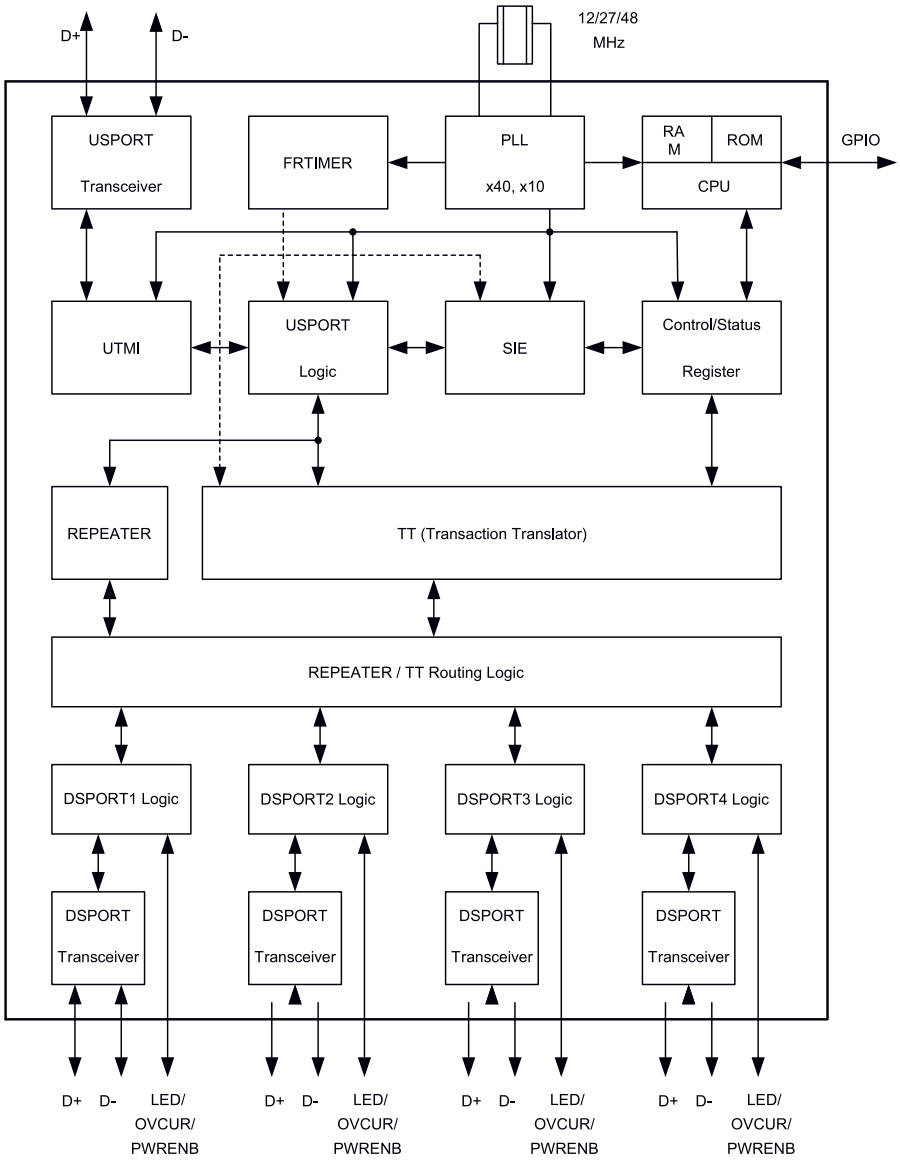
* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować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

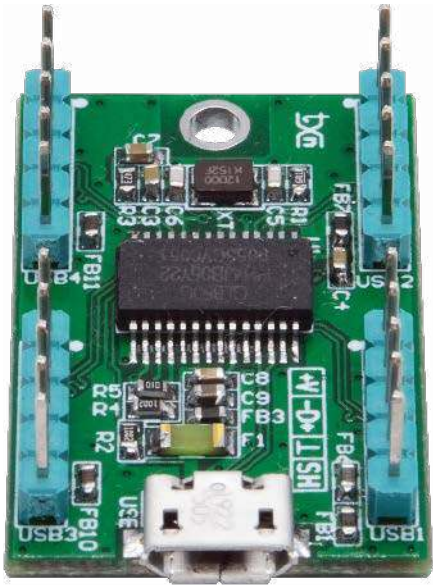
W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: kity@avt.pl.

Czteroportowy mikrohub USB dla systemów wbudowanych

Gdy nasz SBC ma tylko jeden port USB (np. RPi Zero), a potrzebujemy ich większej liczby, oczywiste jest zastosowanie wieloportowego huba USB. Ale gdy mamy niewiele miejsca, to zastosowanie klasycznego rozwiązania nie wchodzi w grę. Rozwiązaniem będzie zaprezentowany mikrohub.



Rysunek 1. Schemat blokowy układu GL850G



Często występuje sytuacja, że do portów USB są na stałe dołączone dodatkowe urządzenia i umieszczone w tej samej obudowie, np.: ekran dotykowy, pendrive, karta muzyczna audio, konwertery interfejsów szeregowych. Wszystkie te komponenty są konieczne do realizacji systemu, ale sumarycznie nie pobierają zbyt dużego prądu z USB. Może się okazać, że samo typowe okablowanie zajmuje więcej miejsca niż cała aplikacja. W tym przypadku proponowane rozwiązanie może wprowadzić nieco porządku. Zmiana gniazd USB na złącza szpilkowe o typowym dla PC wyprowadzeniu sygnałów zwiększa elastyczność zastosowań huba, pozwalając zaoszczędzić trochę miejsca, a typowy rozstaw złączy ułatwia zastosowanie także podczas prototypowania w płytkach stykowych.

Budowa i działanie

Moduł został zbudowany na bazie popularnego kontrolera typu GL850G, którego struktura wewnętrzna została pokazana na **rysunku 1**. Dzięki wysokiej skali integracji układ zawiera w sobie praktycznie wszystkie elementy niezbędne dla realizacji huba USB, ograniczając aplikację do kilku elementów biernych. Schemat ideowy układu został

eprasa.pl 1ed9207c33

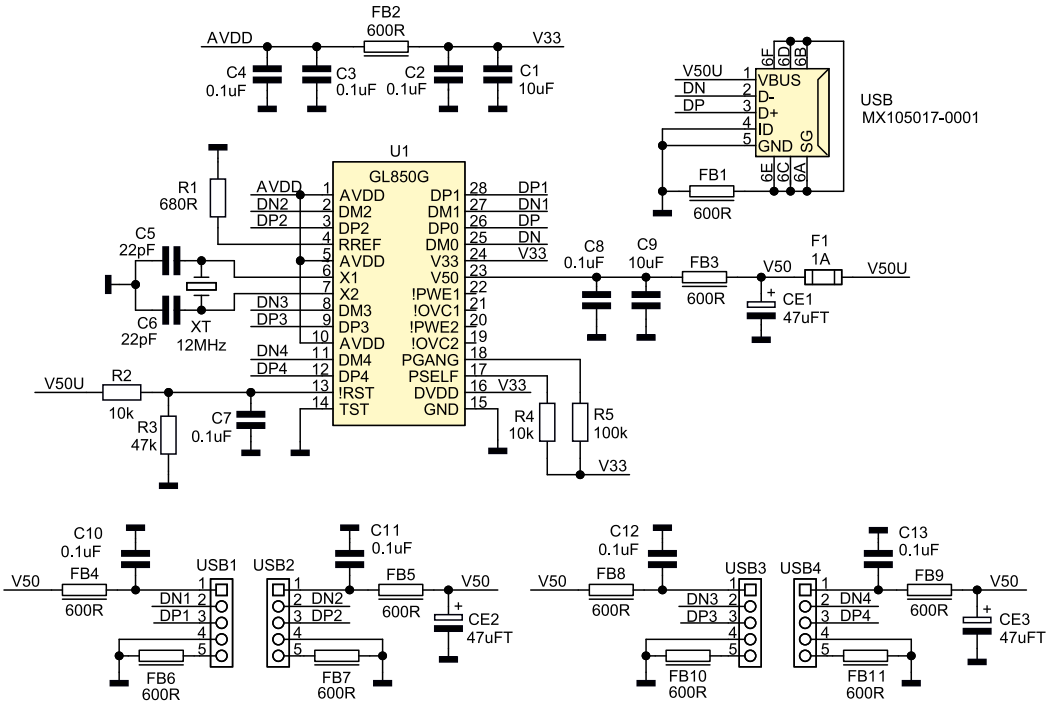
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1: 680 Ω
R2, R4: 10 kΩ
R3: 47 kΩ
R5: 100 kΩ

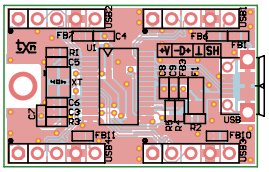
Kondensatory:
C1, C9: 10 µF SMD0603
C2...C4, C7, C8, C10...C13: 0,1 µF SMD0603
C5, C6: 22 pF SMD0603
CE1...CE3: 47 µF tantalowy A

Pozostałe:
F1: bezpiecznik 1A SMD1206
FB1...FB11: koralik ferrytowy 600 Ω SMD603
BLM18KG601SN1D
USB: złącze micro USB SMD
USB1, USB2, USB3, USB4: złącze SIP5 2,54 mm
XT: rezonator kwarcowy 12 MHz 3,2×2,5

Półprzewodniki:
U1: GL850G (SSOP28)



Rysunek 2. Schemat ideowy układu



Rysunek 3. Schemat płytki z rozmieszczeniem elementów

pokazany na **rysunku 2**. Hub zasilany jest z portu komputerka SBC poprzez złącze USB. Dla uproszczenia układu zrezygnowano z zarządzania zasilaniem, pozostawiając jedynie bezpiecznik zbiorczy F1 na szynie V50.

Dzielnik R2, R3 odpowiedzialny jest za restart GL850 po podłączeniu go do SBC. Rezystory R4, R5 wyprowadzeń PGANG/PSEL określają tryb pracy U1, kwarc XT zapewnia jego taktowanie. Złącza USB1...4 wyprowadzają porty *downstream* GL850G, pozostałe elementy odsprzęgają i filtrują zasilanie.

Montaż i uruchomienie

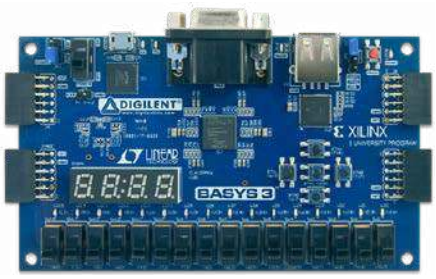
Układ został zmontowany na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat i rozmieszczenie elementów pokazano na **rysunku 3**. Układ po poprawnym montażu nie wymaga uruchamiania i po podłączeniu do PC powinien automatycznie zgłosić się jako Generic USB Hub. Stałe połączenia wewnętrzne z urządzeniami USB powinny być wykonane przewodem przeznaczonym do okablowania USB, wykonanym samodzielnie z odcinków przewodu TSK1160/TSK1161 i odpowiednich wtyków/gniazd lub z przewodów prefabrykowanych np. USBAJ-2 stosowanych w komputerach PC. Ze względu na uproszczone zarządzanie zasilaniem układ nie nadaje się do współpracy z dyskami HDD. W wielu przypadkach wydajność zasilania portu USB komputera SBC będzie niewystarczająca.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

Zestawy uruchomieniowe FPGA

Zestaw Basys 3 Artix-7 FPGA Trainer Board http://bit.ly/2MW1wFS



Kod handlowy: FPGA0001 • Producent: Digilent

Zestaw Basys 3 jest w szczególności polecany hobbystom i organizatorom kursów poświęconych układom programowalnym, oraz uczestnikom tych kursów. Oryginalny Basys 3 to zestaw do projektowania układów/systemów cyfrowych w środowisku Vivado Design Suite, z układem FPGA w wersji 35-T rodziny Artix 7 firmy Xilinx pozwalającym je praktycznie wdrożyć. Zestaw ten to najnowsza odsłona linii produktów Basys powstała specjalnie z myślą o osobach początkujących i studentach kierunków elektronicznych. W ich ręce producent oddaje gotowy do użycia produkt o dużej liczby peryferii zawierający niezbędne obwody. Tym samym nie ma potrzeby dołączania odrębnych komponentów, by stworzyć określone rozwiązanie. Ostatnie może być przy tym proste (np. bramki logiczne) lub bardziej złożone (np. namiastka domu inteligentnego). Zatem to sprzęt do zastosowań domowych oraz profesjonalnych, w tym do układów czasu rzeczywistego (RTOS).

AVT sklep

http://sklep.avt.pl

AVT SPV Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Sklep stacjonarny czynny jest od poniedziałku do piątku w godzinach: 8.00–16.00, tel. 22 257 84 66
e-mail: handlowy@avt.pl, tel. 22 257 84 51 (w godzinach: 9.00–15.00)

eprasa.pl 1ed9207c33

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5876

Podstawowe parametry:

- daje możliwość prostej aplikacji lub modyfikacji istniejących układów pod kątem zmniejszenia poboru mocy,
- zawiera łatwo dostępny przekaźnik bistabilny AZ850P2 z dwoma cewkami,
- sterowanie odbywa się w prosty sposób – stanem na jednym wejściu.

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

AVT-5794 Moduł przekaźnikowy z gasikami (EP 8/2020)
AVT-5710 8-kanałowy moduł przekaźnikowy z USB (EP 8/2019)
AVT-5682 Przekaźnik elektromagnetyczny 230 V sterowany optoelektronicznie (EP 6/2019)
AVT-5632 Moduł przekaźników z interfejsem USB (EP 3/2019)
AVT-5588 Sterownik-timer z 8 przekaźnikami (EP 6/2017)
AVT-1916 Konfigurowalny przełącznik 4-kanałowy (EP 8/2016)
AVT-1890 Moduł przekaźników z USB (EP 6/2016)
AVT-5538 Moduł załączający z triakami (EP 5/2016)
AVT-3130 Moduł I/O sterowany przez USB (EdW 5/2015)
AVT-5368 Programowalny moduł przekaźników (EP 11/2012)
AVT-1815 4-kanałowy przełącznik sterowany dowolnym pilotem IR (EP 8/2014)
AVT-5353 Moduł przekaźników z interfejsem USB (EP 07/2012)
AVT-1691 Uniwersalny moduł przekaźnikowy (EP 8/2012)
AVT-1679 Moduł wykonawczy z triakami (EP 6/2012)
AVT-1659 8-kanałowy miniaturowy moduł przekaźników (EP 1/2012)
AVT-1656 Uniwersalny moduł wykonawczy (EP 12/2011)
AVT-1560 8-kanałowa karta przekaźników (EP 2/2010)
AVT-1481 Przekaźnikowy moduł wykonawczy (EP 8/2008)
AVT-925 Karta przekaźników na USB (EP 4/2006)

* 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

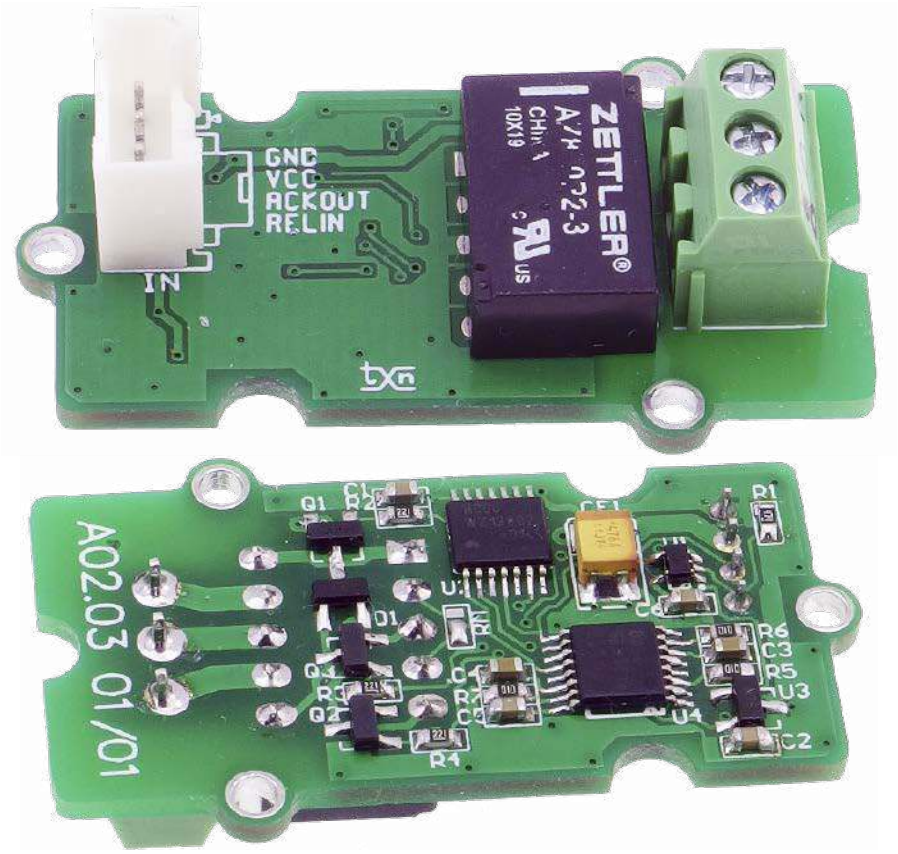
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Energooszczędny przekaźnik bistabilny

Najważniejszą zaletą przekaźnika bistabilnego jest niewielki pobór mocy, zredukowany tylko do czasu trwania impulsu niezbędnego do zmiany położenia styków. Jednak taki komponent wymaga innego sterowania niż klasyczny przekaźnik. Prezentowany moduł zawiera łatwo dostępny przekaźnik bistabilny AZ850P2 z dwoma cewkami, ale sterowanie odbywa się w prosty sposób, identyczny jak dla „klasycznego" przekaźnika – stanem na jednym wejściu.



Przekaźnik jest powszechnie znanym i stosowanym elementem przełączającym. Charakteryzuje się dobrym stosunkiem mocy sterującej do przełączanej, zapewnieniem separacji galwanicznej, niską ceną i przy prawidłowym doborze – wysoką niezawodnością. W ofertach producentów dostępnych jest mnóstwo typów różniących się parametrami styków, cewek oraz sposobów sterowania. Podgrupą przekaźników elektromagnetycznych są przekaźniki bistabilne, niezbyt często spotykane w urządzeniach elektronicznych, a powszechne w instalacjach elektrycznych np.: w sterowaniu oświetleniem lub ogrzewaniem.

Najważniejszą zaletą przekaźnika bistabilnego jest niewielki średni pobór mocy, zredukowany tylko do czasu trwania impulsu niezbędnego do zmiany położenia styków. Za utrzymanie stabilnej pozycji styków odpowiada konstrukcja przekaźnika zawierająca odpowiednią budowę obwodu magnetycznego lub dodatkowe elementy mechaniczne. W zależności od sposobu sterowania wyróżniamy przekaźniki jednocewkowe lub dwucewkowe. W przypadku jednocewkowych sterowanie polega na odwracaniu polaryzacji impulsu lub podawaniu kolejnych impulsów sterujących cewką w cyklu załącz/wyłącz. Przekaźniki dwucewkowe działaniem zbliżone są do przerzutnika SR, podanie impulsu na cewkę ustawiającą (*S, Set*) zwiera styk (NO), a podanie impulsu na cewkę zerującą (*R, Reset*) rozwiera styk (NO).

Jeżeli w układzie zmiany stanów przekaźnika nie są częste, dzięki krótkim czasom załączenia cewki (kilka do kilkuset ms) można zaoszczędzić sporo energii, co jest istotne szczególnie w układach zasilanych bateryjnie lub gdy sterujemy większą liczbą obwodów. Jednak oba sposoby nie rozwiązują istotnej wady przekaźników bistabilnych, jaką jest niejednoznacznie określone początkowe położenie styków. Wymaga to dodatkowego sygnału monitorującego ich położenie, w postaci np. styków pomocniczych współpracujących z układem sterowania cewkami.

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 1**. W module zastosowano przekaźnik typu AZ850P2-3, z cewkami 3 V i dwoma stykami przełącznymi. Jeden z nich dostępny jest dla użytkownika na złączu OUT, drugi służy do monitorowania stanu styków sygnałem ACK wyprowadzonym na złącze IN. Polaryzacja sygnału określona jest wyborem styku NO/NC za pomocą lutowanej zwory RM. W module sygnał służy tylko do dodatkowego monitorowania położenia styków, gdyż za stan styków zgodny z sygnałem sterującym odpowiada logika modułu.

Sygnał RELIN, aktywny stanem wysokim, poprzez bramkę AND układu U1, doprowadzony jest do inwertera U2-2, skąd steruje bramką tranzystora Q3 i inwerterem U2-3 sterującym bramką tranzystora Q2. Q2 odpowiada za aktywację cewki S (*Set*) przy stanie wysokim sygnału IN, Q3 za cewkę R (*Reset*) w stanie niskim IN.

eprasa.pl 1ed9207c33

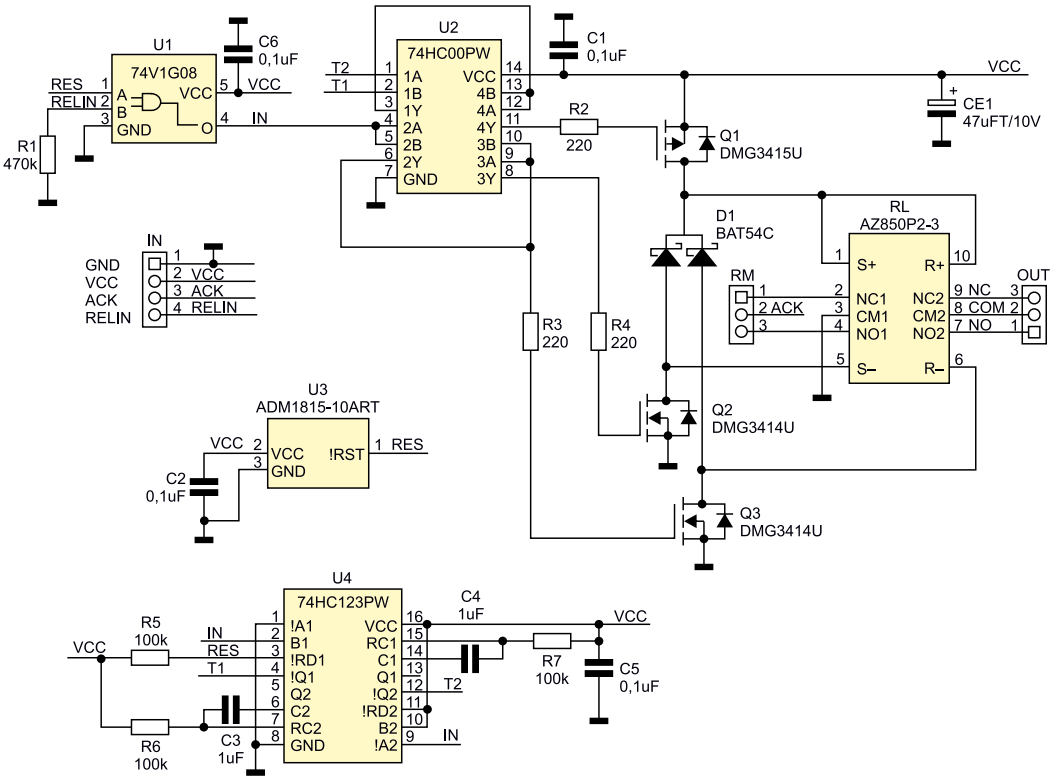
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1: 470 kΩ
R2, R3, R4: 220 Ω
R5, R6, R7: 100 kΩ

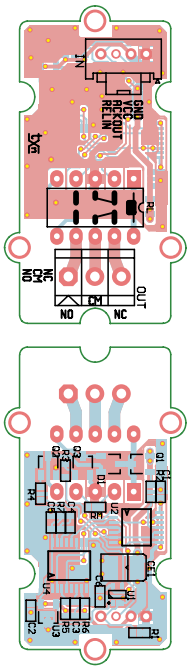
Kondensatory:
C1, C2, C5, C6: 0,1 μF SMD0603
C3, C4: 1 μF SMD0603
CE1: 47 μF/10 V tantalowy B

Półprzewodniki:
D1: dioda podwójna BAT54C (SOT-23)
Q1: tranzystor MOSFET DMG3415U (SOT-23)
Q2, Q3: tranzystor MOSFET DMG3414U (SOT-23)
U1: 74V1G08 (SC70-5)
U2: 74HC00PW (TSSOP14)
U3: ADM1815-10ART (SOT-23)
U4: 74HC123PW (SSOP16)

Pozostałe:
RL: przekaźnik bistabilny dwucewkowy 3,3 V AZ850P2-3
OUT: złącze śrubowe DG381 3 piny



Rysunek 1. Schemat modułu przekaźnika



Rysunek 2. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów

Sterowanie Q2, Q3 poprzez inwerter U2-3 zapobiega jednoczesnemu wysterowaniu obu cewek S/R. Układ U3 odpowiada za ustawianie przekaźnika w położenie OFF (rozwarte styki NO/CM), gdy napięcie zasilania spadnie poniżej 2,9 V.

Do generowania impulsu wyzwalającego cewki zastosowano dwa multiwibratory monostabilne U4-1, U4-2. U4-1 odpowiada za generowanie impulsu T1 po wykryciu zbocza narastającego sygnału IN (załączenie przekaźnika), podczas włączenia lub zaniku zasilania (wyłączenie przekaźnika) sygnalizowanego sygnałem RES. U4-2 generuje impuls T2 po wykryciu zbocza opadającego sygnału IN (wyłączenie przekaźnika). Iloczyn impulsów T1, T2 steruje bramką tranzystora Q1, który podaje napięcie zasilania na końcówki „+" cewek S/R. Dioda D1 tłumi przepięcia powstałe podczas wyłączania prądu cewek.

Rezystor R1 określa stan niski sygnału wejściowego RELIN w przypadku odłączenia przewodów sterujących. Kondensator CE1 buforuje zasilanie podczas przełączania przekaźnika. Zasilanie modułu powinno zawierać się w granicach 3...5 V, co umożliwia współpracę z Arduino, Raspberry Pi, STM32 itp. bez dodatkowych układów pośredniczących. Moduł pobiera podczas przełączania prąd ok. 73...110 mA zależnie od napięcia zasilania (rezystancja cewki 45 Ω). Podczas stanu ustalonego pobór nie przekracza 10 μA. Po wymianie układu U2 na ADM1815-20ART, możliwe jest używanie przekaźnika już od napięcia ok. 2,7 V (producent gwarantuje pracę od 2,1 V, ale trzeba jeszcze uwzględnić zapas na spadki tranzystorach kluczujących), warto w takim przypadku zwiększyć pojemności C3,4 do 2,2 μF wydłużając czas zasilania cewek.

Montaż i uruchomienie

Minimoduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat i rozmieszczenie elementów zostały pokazane na **rysunku 2**. Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania, należy tylko sprawdzić poprawność działania.

Adam Tatuś, EP

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?

Zajrzyj na
www.ep.com.pl/EPwtoku

eprasa.pl 1ed9207c33

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5877

Podstawowe parametry:

- do transmisji energii używane jest bezpośrednie sprzężenie magnetyczne dwóch cewek,
- sprawność zależy od dokładności zestrojenia obwodów rezonansowych oraz wzajemnego położenia cewek, w modelu oscylowała w zakresie 30...40 %,
- zintegrowana ładowarka i zabezpieczenie akumulatora LiPo/Li-Ion.

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

AVT-5694	Ładowarka akumulatorów 18650 z USB (EP 8/2019)
AVT-5655	Uniwersalny, rowerowy zasilacz/ładowarka USB (EP 12/2018)
AVT-1943	Miniaturowa ładowarka akumulatorów $LiFePo_4$ zasilana z USB (EP 1/2017)
AVT-1942	Uniwersalna ładowarka akumulatorów $LiFePo_4$ (EP 1/2017)
AVT-1929	Miniaturowa ładowarka akumulatorów Li-Po typu 18650 (EP 8/2016)
AVT-1911	Litowa dziewiątka (EP 7/2016)
AVT-1866	Zabezpieczenie akumulatora Li-Ion lub Li-Po (EP 8/2015)
AVT-1803	LiPo_833 – miniaturowa ładowarka Li-Po zasilana z USB (EP 6/2014)
AVT-1757	Miniaturowa ładowarka akumulatorów Li-Po zasilana z USB (EP 8/2013)
AVT-3056	Ładowarka Li-Ion z pomiarem pojemności (EdW 4/2013)
AVT-1732	Ładowarka akumulatorów Li-Ion i Li-Poly (EP 3/2013)
---	Zasilacz z akumulatorem Li-Po i wbudowaną ładowarką (EP 11/2012)
AVT-3034_2	Przetwornica i ładowarka do akumulatorów litowych (EdW 7/2012)
AVT-3034	Przetwornica i ładowarka do akumulatorów litowych (EdW 6/2012)
AVT-5348	Uniwersalna ładowarka akumulatorów modelarskich Ni-MH, Ni-Cd, Li-Po, Li-Fe (EP 6/2012)
AVT-1563	Stacjonarna ładowarka akumulatorów Li-Ion (EP 3/2010)

* 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

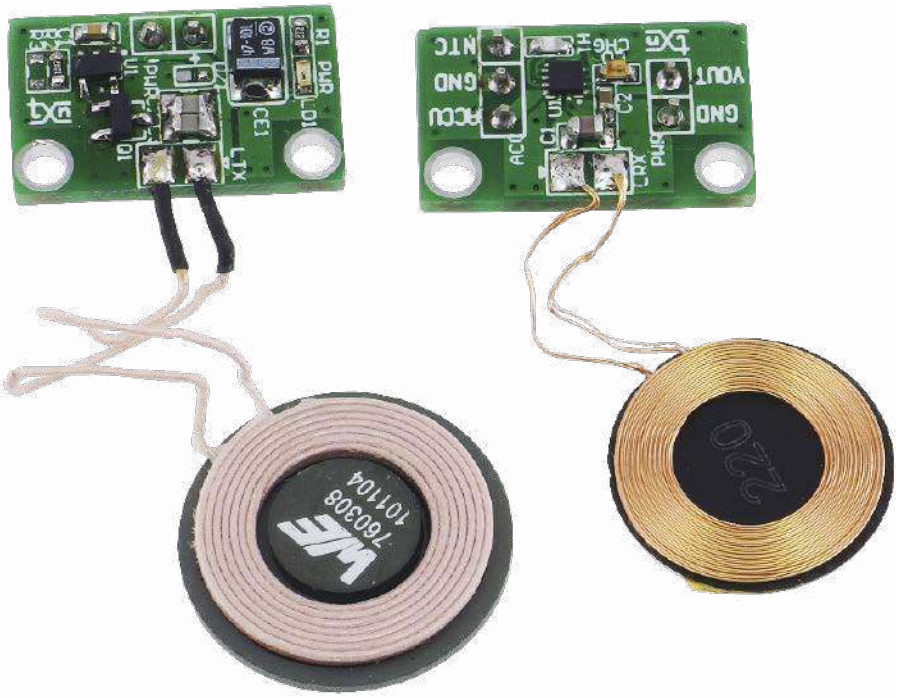
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Ładowarka bezprzewodowa z układem LTC4124

W artykule zaprezentowano moduł bezprzewodowego zasilacza z układem ładowania akumulatora LiPo/Li-Ion, z układem LTC4124 firmy Analog Devices. Do transmisji energii używane jest bezpośrednie sprzężenie obwodów magnetycznych cewki nadawczej i odbiorczej pracujących w rezonansie. Integracja ładowarki, zabezpieczeń akumulatora oraz klucza zasilania pozwala na kompleksowe rozwiązanie toru zasilającego urządzenia IoT lub wearables o niewielkim poborze mocy.



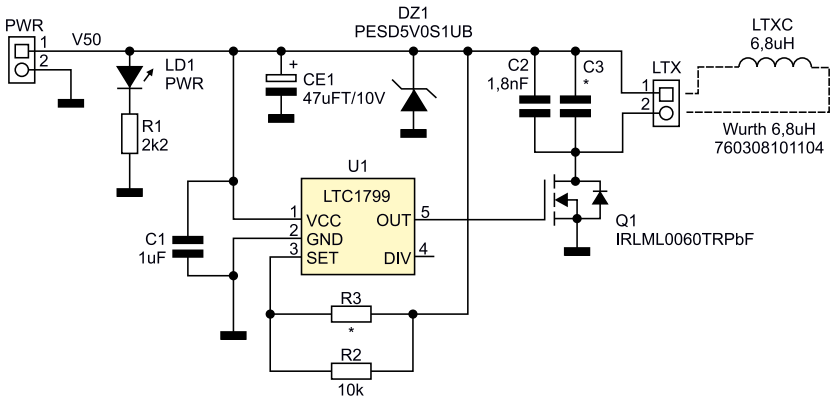
Budowa i działanie

Układ składa się z dwóch bloków, nadajnika sygnału w.cz. oraz odbiornika zintegrowanego z ładowarką akumulatora LiPo/Li-Ion wraz ze ścieżką zasilania. Schemat nadajnika został pokazany na **rysunku 1**, a odbiornika na **rysunku 2**.

Nadajnik zasilany jest z zasilacza 5 V/250 mA poprzez złącze PWR. Dioda LD1 sygnalizuje obecność zasilania. Układ U1 jest generatorem sygnału prostokątnego o wypełnieniu 50%. Częstotliwość generowania jest ustalona poprzez wartość R2||R3 na ok. 1 MHz. Opcjonalnym rezystorem R3 można dobrać jej dokładną wartość. Tranzystor Q1 kluczuje obwód rezonansowy, na który składają się elementy C2, C3, LTXC.

Rezonans obwodu jest ustalony na częstotliwość ok. 1,3 MHz, co zapewnia minimum strat w Q1. Dokładne zestrojenie częstotliwości obwodu rezonansowego ustalamy poprzez dobór opcjonalnego kondensatora C3. Cewka nadawcza podłączona jest bezpośrednio do pól lutowniczych LTX płytki nadajnika. Dla minimalizacji strat cewka obwodu nadawczego wykonana jest na rdzeniu ferrytowym licą w.cz. Dioda D1 pełni funkcję zabezpieczenia przepięciowego dla zasilania układu.

Odbiornik zasilany jest energią w.cz. z obwodu rezonansowego LRXC, C1 sprzężonego magnetycznie z cewką nadajnika. Cewka odbiorcza podłączona jest bezpośrednio do pól lutowniczych LRX płytki odbiornika. Układ U1 typu LTC4124, którego struktura została pokazana na **rysunku 3**, zawiera w sobie



Rysunek 1. Schemat nadajnika

eprasa.pl 1ed9207c33

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Odbiornik
Kondensatory:
C1: 1,8 nF SMD0805
C2: 2,2 µF SMD0603

Półprzewodniki:
LD: LED SMD0603
U1: LTC4124EV (LQFN12)

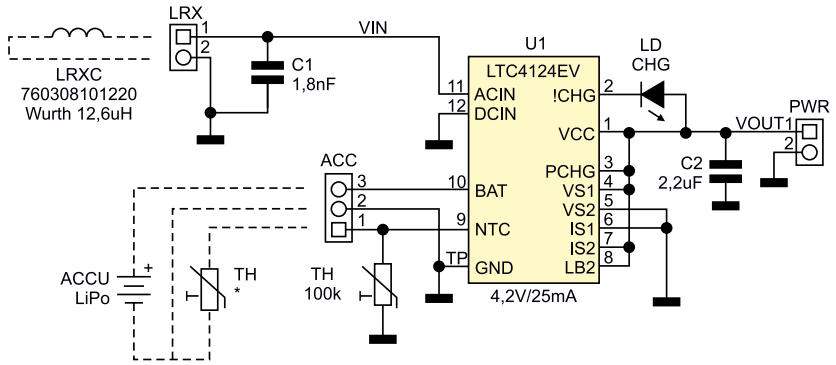
Pozostałe:
TH: 100 kΩ termistor NTC SMD0603
LRXC: cewka 12,6 µH Wurth Elektronik 760308101220
ACC: złącze SIP3
PWR: złącze SIP2

Nadajnik
Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1: 2,2 kΩ
R2: 10 kΩ
R3: uwagi w tekście

Kondensatory:
C1: 1 µF SMD0603
C2: 1,8 nF SMD0805
C3: uwagi w tekście, SMD0805
CE1: 47 µF/10 V tantalowy SMD3528

Półprzewodniki:
LD1: LED SMD0603
DZ1: dioda zabezpieczająca PESD5V0S1UB (SOD523)
Q1: tranzystor MOS IRLML0060 (SOT-23)
U1 LTC1799 (SOT-23-5)

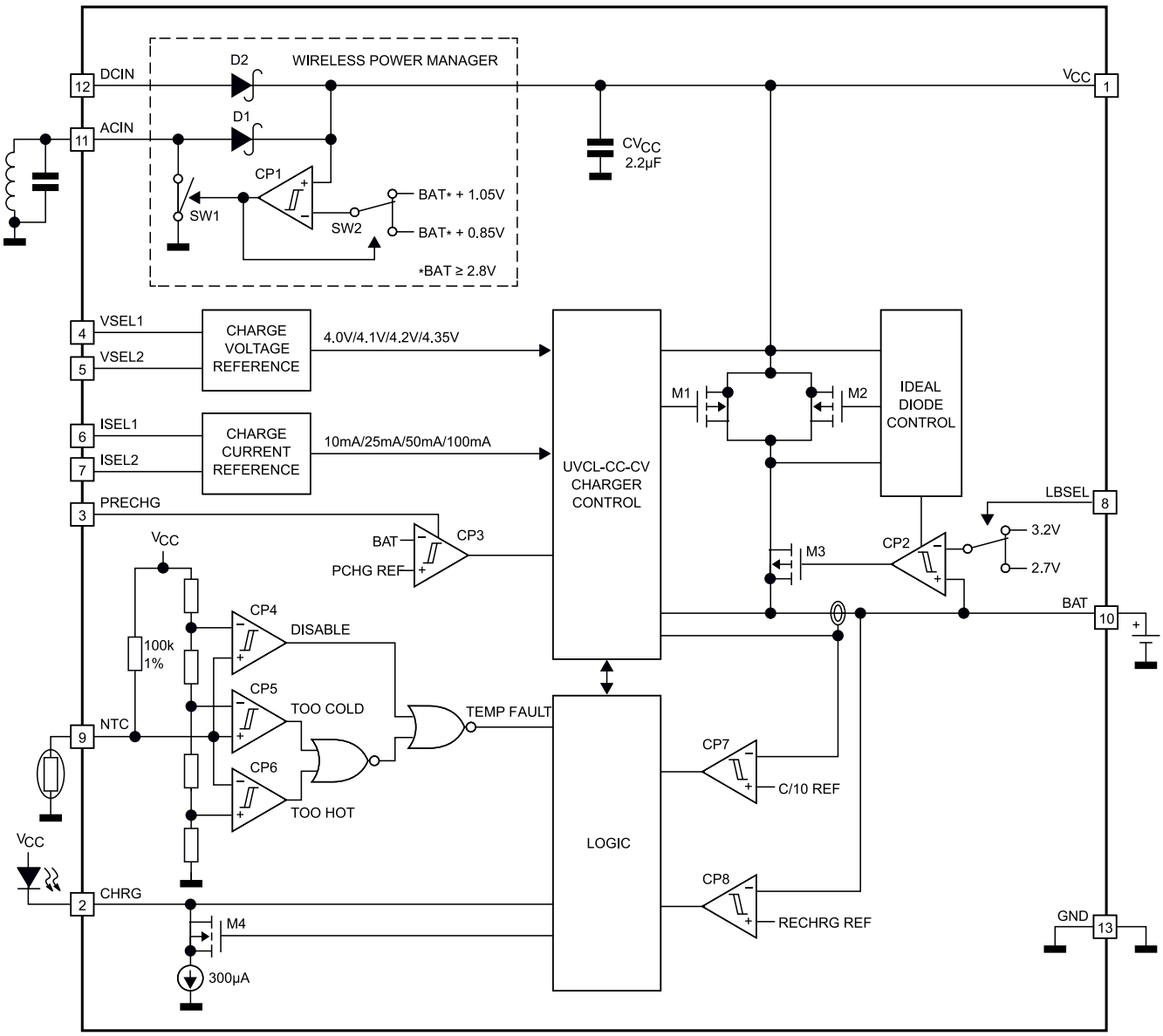
Pozostałe:
LTXC: cewka 6,8 µH Wurth Elektronik 760308101104
PWR: złącze SIP2



Rysunek 2. Schemat odbiornika

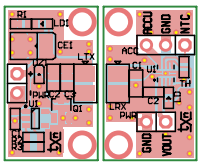
obwód prostowania sygnału w.cz., ładowarkę akumulatora litowego z możliwością parametryzacji napięcia i prądu ładowania, układ zabezpieczenia akumulatora przed nadmiernym rozładowaniem, timer ładowania, zabezpieczenie termiczne oraz klucz zasilania zasilanego układu.

Dzięki integracji kilku bloków funkcjonalnych LTC4124 jest w stanie zapewnić bezprzewodowe ładowanie i zasilanie wraz z podstawowymi obwodami zabezpieczającymi dla urządzeń IoT, wearable lub inteligentnych przetworników pomiarowych Smart



Rysunek 3. Struktura wewnętrzna układu LTC4124

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 4. Schemat płytek PCB wraz z rozmieszczeniem elementów

Metering. Model współpracuje z niewielkim akumulatorem typu 350926, 3,7 V/60 mAh. Akumulator podłączony do złącza ACC ładowany jest prądem 25 mA, końcowe napięcie ładowania wynosi 4,2 V. Prąd ładowania ustalany jest wyprowadzeniami IS1, IS2, a napięcie końcowe za pomocą wyprowadzeń VS1, VS2. Na wyprowadzeniu VCC, potencjał VOUT (złącze PWR) dostępne jest napięcie akumulatora, gdy układ jest poza zasięgiem nadajnika lub napięcie wyższe od napięcia akumulatora o ok. 1 V, gdy dostępny jest transfer energii z nadajnika. Napięcie VOUT nie jest stabilizowane.

Proces ładowania poprzedzony jest cyklem ładowania wstępnego prądem 2,5 mA (ok. 10% prądu ładowania), co aktywowane jest wyprowadzeniem PCHG=VCC. Napięcie odcięcia akumulatora podczas rozładowania ustalono na bezpieczną wartość 3,2 V, stanem wyprowadzenia LBS=VCC. Proces ładowania nadzorowany jest wbudowanym timerem o czasie 3 godzin oraz termistorem NTC umieszczonym na płytce odbiornika. Jeżeli zastosowany akumulator ma wbudowany termistor NTC 100 kΩ, TH jest zbędny. Jeżeli kontrola temperatury nie jest wymagana, TH może zostać zastąpiony rezystorem 100 kΩ.

Dioda LD sygnalizuje proces ładowania. Jeżeli LD nie świeci, układ sygnalizuje brak transferu energii, wolne miganie (ok. 0,8 Hz) sygnalizuje aktywny transfer energii i ładowanie akumulatora, szybkie miganie (6 Hz) awarię akumulatora lub zakłócenie ładowania, stałe świecenie oznacza zakończenie cyklu ładowania.

Ze względu na specyficzną konstrukcję wyjścia CHG, zastosowany LED musi świecić przy niewielkim prądzie ok. 300 μA. Rezystancja klucza podczas rozładowania akumulatora wynosi ok. 0,5 Ω, a dopuszczalny prąd rozładowania akumulatora to 1 A. Oczywiście dane te dotyczą układu LTC4124 i należy je zweryfikować pod kątem możliwości prądowych zastosowanego akumulatora.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwóch niewielkich dwustronnych płytkach drukowanych (nadajnik i odbiornik), których schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 4**. Montaż układu nie wymaga opisu, zastosowany układ U1 ma miniaturową obudowę LQFN z wkładką radiatorową. Należy zwrócić uwagę na poprawne przylutowanie wkładki do masy układu.

Prawidłowo zmontowany układ nie wymaga uruchamiania. Warto jednak sprawdzić napięcia i prąd ładowania. Do poprawnej pracy odstęp cewek nadawczej i odbiorczej powinien wynosić 2 mm. Dosyć istotne jest wzajemne położenie środków cewek, co wymaga uwzględnienia przy aplikacji ładowarki. Osiągnięta sprawność zależy od dokładności zestrojenia obwodów rezonansowych oraz wzajemnego położenia cewek, w modelu oscylowała w zakresie 30...40%.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5885

Podstawowe parametry:

- sterowanie wyświetlaczem OLED 2×16 za pośrednictwem magistrali I²C,
- umożliwia ustawienie 1 z 7 adresów na magistrali,
- pracuje poprawnie w zakresie napięcia zasilania 3,3...5 V.

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

AVT-5854	Przedłużacz magistrali I²C (EP 4/2021)
----	Izolator magistrali I²C (EP 3/2021)
AVT-5786	Translator adresu magistrali I²C (EP 8/2020)
----	Expander IO z interfejsem I²C (EP 6/2020)
AVT-5769	Podwójny potencjometr z interfejsem I²C (EP 5/2020)
----	Moduł wyjść dużej mocy z kontrolą poprzez I²C (EP 5/2020)
AVT-5751	I²C Extender – przedłużacz i rozdzielacz magistrali I²C (EP 3/2020)
AVT-5708	Przedłużacz magistrali I²C (EP 8/2019)
AVT-5687	Konwerter poziomów magistrali I²C (EP 7/2019)
AVT-5154	Wyświetlacz LCD sterowany magistralą I²C (EP 10/2008)
AVT-5147	Moduł wyświetlacza LED sterowany magistralą I²C (EP 9/2008)
AVT-1439	Sprzętowy konwerter RS232<->I²C (EP 8/2006)
AVT-816	Uniwersalne moduły I²C (EP 5/1999)
AVT-480	Mikroprocesorowy interfejs I²C (EP 12/1998)

* 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

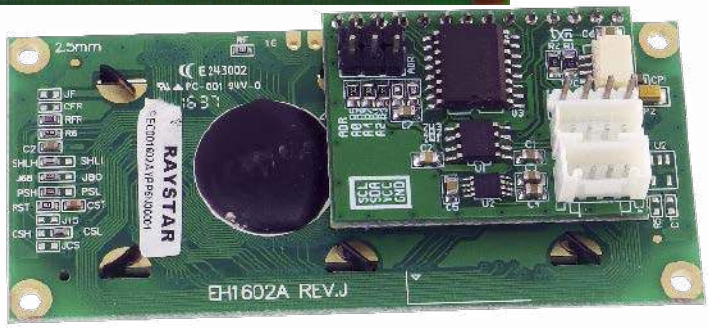
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Wyświetlacz OLED 2×16 z interfejsem I²C

Graficzne wyświetlacze OLED, dzięki niskiej cenie, stały się powszechne w konstrukcjach DIY. Dają przyjemny dla oka, jasny i ostry obraz... tylko czasem zbyt mały. Jeżeli chcemy większego ekranu i niespecjalnie zależy nam na grafice, warto wrócić do sprawdzonego wyświetlacza 2×16, ale wykonanego w technologii OLED.



Zaprezentowany moduł umożliwia sterowanie wyświetlaczem OLED 2×16 za pośrednictwem magistrali I²C. Dzięki dodatkowym układom pracuje poprawnie w zakresie napiecia zasilania 3,3...5 V i doskonale sprawdza się w prototypowaniu zarówno przy użyciu Raspberry Pi, jak i z klasycznym Arduino.

eprasa.pl 1ed9207c33

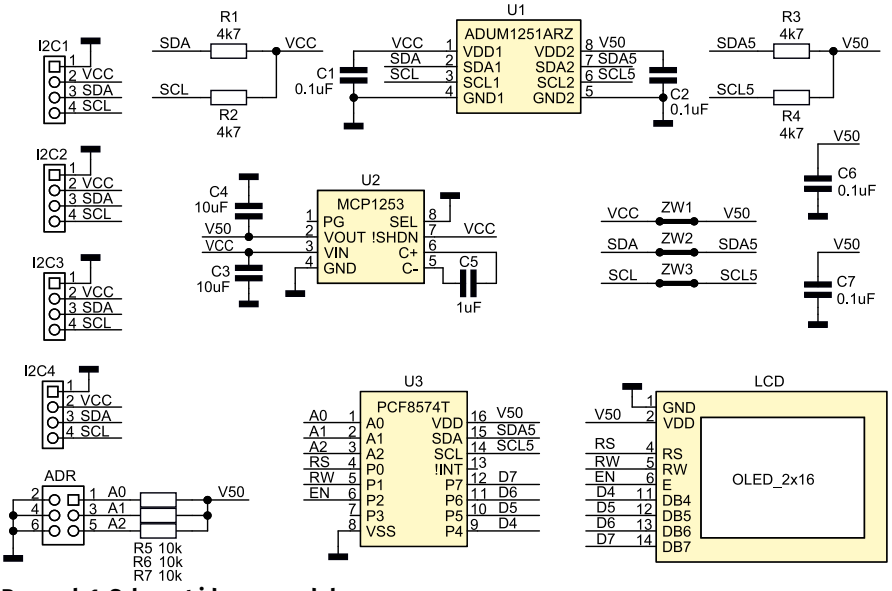
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0805, 1%)
R1...R4: 4,7 kΩ
R5...R7: 10 kΩ

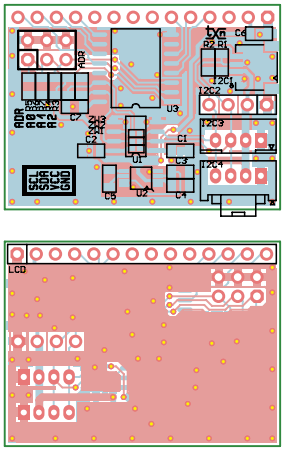
Kondensatory: (SMD0805)
C1, C2, C6, C7: 0,1 μF
C3, C4: 10 μF
C5: 1 μF

Półprzewodniki:
U1: ADUM1251ARZ (SO8)
U2: MCP1253 (MSOP8)
U3: PCF8574T (SO16W)

Pozostałe:
ADR: złącze IDC6 + zwora
I2C1: złącze JST 1 mm
I2C2: złącze PH 2 mm
I2C3: złącze SIP4 2,54 mm
I2C4: złącze Grove proste 110990030
LCD: złącze SIP14
ZW1...ZW3: zworka SMD0402



Rysunek 1. Schemat ideowy modułu



Rysunek 2. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów

Budowa i działanie

Schemat układu został pokazany na **rysunku 1**. Magistrala I²C poprzez złącza I²C1...I²C4, zapewniające zgodność z typowymi zestawami uruchomieniowymi, doprowadzona jest do układu U3, ekspandera I/O typu PCF8574. Jako wyświetlacz wybrano łatwo dostępny moduł EA W162-X3LG zasilany z 5 V i pracujący w trybie 4-bitowym zgodnym z HD44780. Aby zapewnić zgodność z systemami 3,3 V, płytka zawiera wbudowaną przetwornicę U2 typu MCP1253 zapewniającą zasilanie 5 V dla wyświetlacza przy napięciu wejściowym w zakresie 3,3...5 V.

W dość nietypowej roli zastosowany jest układ U2 izolatora I²C typu ADUM1251. Konieczność konwersji poziomów logicznych 3,3/5 V, w sytuacji gdy napięcie zasilania wynosi 5 V, nie pozwala spełnić warunku różnicy napięć pomiędzy stronami układu translatora. Większość translatorów poziomów pracuje w tej sytuacji niepoprawnie, a w skrajnym wypadku może ulec uszkodzeniu. Izolacja galwaniczna stron U1 pozwala uniknąć tego zagrożenia i ułatwia zastosowanie tylko jednego typu wyświetlacza w systemach 3,3/5 V, co jest szczególnie istotne podczas prototypowania, ponieważ moduły OLED nie należą do najtańszych.

Jeżeli moduł będzie stosowany w systemach jednonapięciowych, można nie montować układów U1, U2, w ich miejsce wlutować zwory ZW1...3, a wyświetlacz wybrać wśród modeli zasilanych z 3,3 V (WEH001602AWPP3N) lub 5 V (WEH001602AWPP3N lub EA W162-X3).

Montaż i uruchomienie

Moduł został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów pokazano na **rysunku 2**. Montaż jest typowy i nie wymaga szczegółowego opisu. Do połączenia z wyświetlaczem można użyć listwy i gniazda SIP. Wtedy możliwe jest łatwe rozłączenie i wymiana współpracującego wyświetlacza. W modelu zastosowano typowy, najczęściej używany wyświetlacz OLED wlutowany za pomocą listwy SIP bezpośrednio do płytki ekspandera.

Poprawnie zlutowany moduł nie wymaga uruchamiania. Zworami ADR należy ustawić wymagany w aplikacji adres ekspandera. Szybkiego sprawdzenia można dokonać za pomocą Raspberry Pi i bibliotek dostępnych w sieci (*i2c_lcd.py*). W przypadku niektórych bibliotek może być konieczna edycja procedur odpowiadających za inicjację wyświetlacza po włączeniu zasilania, gdyż pomimo deklarowanej zgodności z HD44780 zdarzają się problemy z prawidłowym wyświetlaniem.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

O projektach, miniprojektach, projektach soft i na wiele innych tematów dyskutuj na forum.ep.com.pl

eprasa.pl 1ed9207c33

Podstawowe parametry:

- sterowanie i monitorowanie stanu dwóch wyjść 12 V o maksymalnym obciążeniu 5 A,
- wbudowana przetwornica 5 V/1 A umożliwia zasilanie Raspberry Pi z obwodu docelowej aplikacji,
- zasilany jest napięciem 8...16 VDC.

W ofercie AVT*

AVT5882

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0603, 1%)
R1, R2: 4,7 kΩ
R3, R4: 100 kΩ
R5...R8, R13...R15: 10 kΩ
R9, R11: 100 Ω
R10, R12: 1 kΩ

Kondensatory:
C1...C3: 0,1 µF SMD0603
C4: 0,1 µF SMD0805
C5: 47 µF SMD1206
C6: 22 µF/25 V SMD1206
CE1: 47 µF/25 V elektrolityczny

Półprzewodniki:
DZ1: transil jednokierunkowy SM6T18A
LD1, LD2: dioda LED żółta SMD0603
LD3, PWR: dioda LED zielona SMD0603
Q1, Q2: tranzystor NPN BC846B (SOT-23)

PSU: przetwornica 5 V AMSRB-7805Z
U1: PCA8574PW (TSSOP16)
U2, U3: 74LVC1G06DCK (SC70-5)
U4: VND830SP-E (POWERSO10)

Pozostałe:
GPIO: złącze IDC40
OUT1, OUT2, PWR: złącze 2 piny DG381-3.5-2

* 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

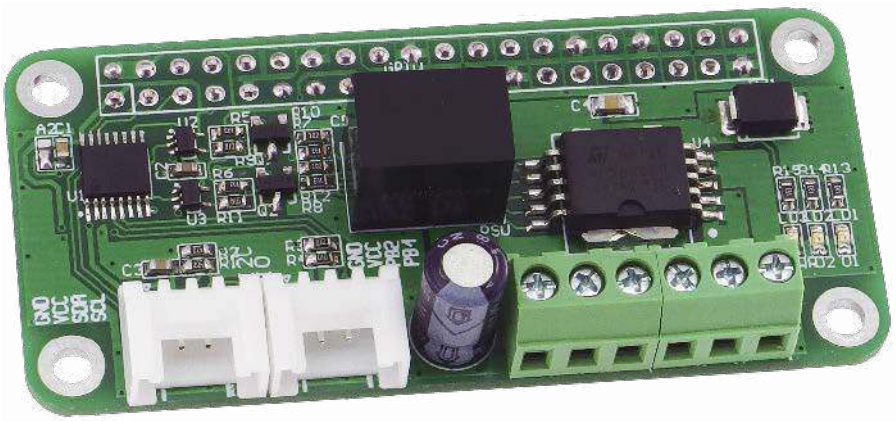
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Podwójny klucz zasilania High Side

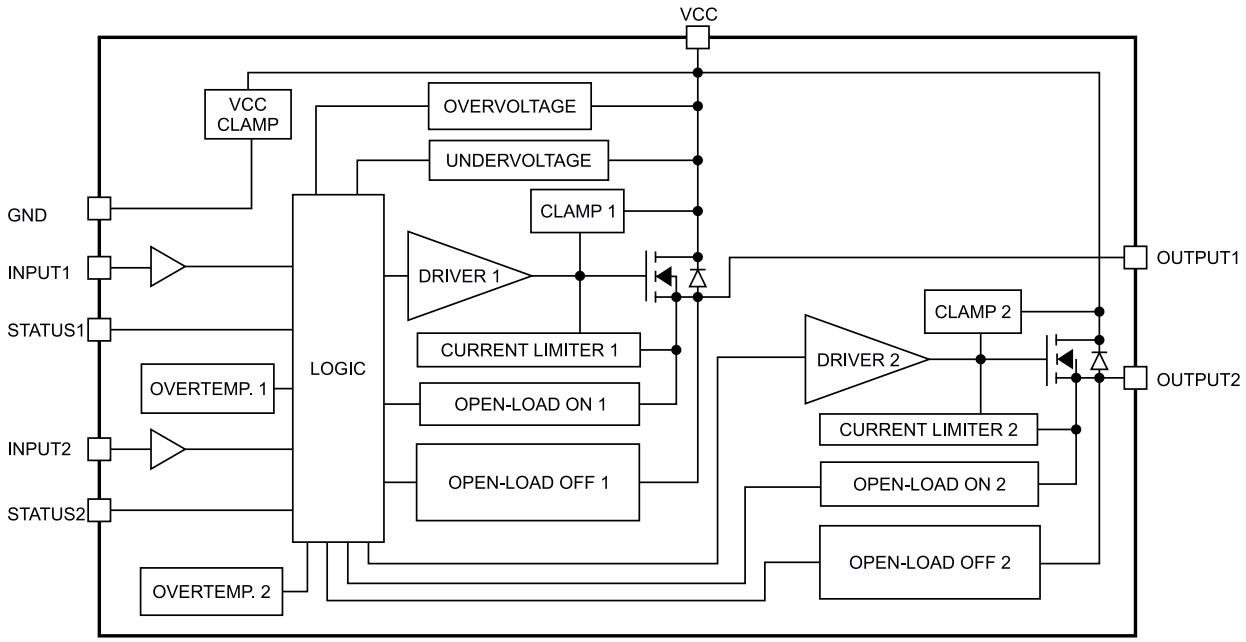
Zaprezentowana płytka rozszerza funkcjonalność Raspberry PI Zero (i nie tylko) o sterowanie i monitorowanie stanu dwóch wyjść 12 V o maksymalnym obciążeniu 5 A. Wbudowana opcjonalna przetwornica 5 V/1 A umożliwia zasilanie Raspberry Pi z obwodu zasilania docelowej aplikacji, a detekcja obciążenia pozwala sprawdzić, czy dany element wykonawczy rzeczywiście działa i wykonuje swoje zadanie.



W module zastosowano układ VND830, który w swojej strukturze zawiera dwa identyczne kanały kluczujące z tranzystorami MOSFET. Każdy kanał ma zabezpieczenie termiczne, blokadę podnapięciową i ograniczenie prądu obciążenia. Budowa wewnętrzna układu została pokazana na **rysunku 1**. Układ kontroli obciążenia umożliwia detekcję przerwy w aktywnym obwodzie obciążenia. Funkcja ta jest szczególnie przydatna przy współpracy z grzałkami, żarówkami lub cewkami siłowników.

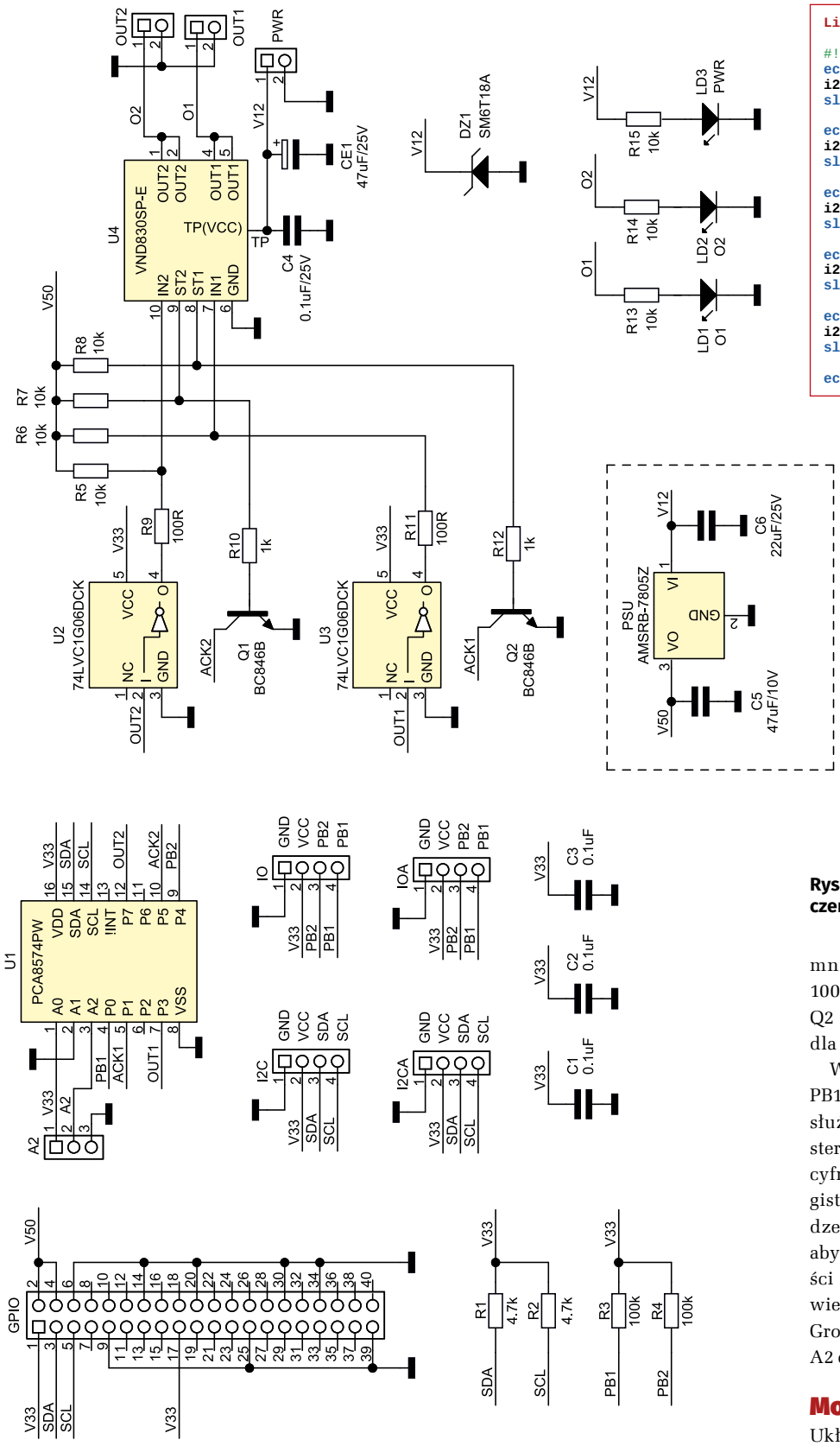
Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Moduł zasilany jest napięciem 8...16 VDC poprzez złącze PWR. Dioda DZ1 dodatkowo zabezpiecza układ przed skutkami przepięć, LD3 sygnalizuje obecność



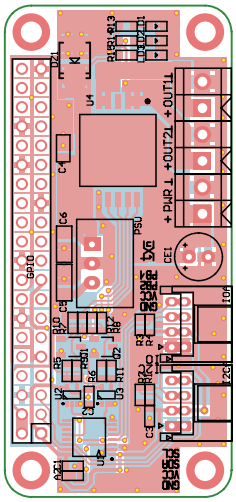
Rysunek 1. Struktura wewnętrzna układu VND830

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 2. Schemat modułu

```
Listing 1. Skrypt testowy hisw.sh

#!/bin/bash
echo 'PI Zero Hi Side Switch Example'
i2cset -y 1 0x21 0xFF
sleep 0.1

echo 'OUT1 ON'
i2cset -y 1 0x21 0xF7
sleep 3

echo 'OUT1 OFF'
i2cset -y 1 0x21 0xFF
sleep 1

echo 'OUT2 ON'
i2cset -y 1 0x21 0x7F
sleep 3

echo 'OUT2 OFF'
i2cset -y 1 0x21 0xFF
sleep 1

echo 'Quit'
```



Rysunek 3. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów

zasilania. Wbudowana opcjonalna przetwornica obniżająca PSU typu AMSRB-7805Z o obciążalności 5 V/1 A umożliwia zasilanie Raspberry Pi z obwodów obciążenia, co upraszcza aplikację. Obciążenia podłączone są do złączy OUT1 i OUT2. Diody LD1 i LD2 sygnalizują obecność napięcia na obciążeniu.

Układ U1 ekspandera GPIO magistrali I²C typu PCA8574 służy do sterowania i monitorowania stanu kluczy. Ustawienie stanów niskich sygnałów OUT1, OUT2 załącza napięcie na obciążeniu. Sygnały ACK1, ACK2 służą do monitorowania usterek obciążenia – stan wysoki sygnalizuje rozwarcie załączonego obciążenia (prąd obciążenia jest mniejszy niż typowe katalogowe dla U4 100 mA). Układy U2, U3 i tranzystory Q1, Q2 pełnią funkcje konwerterów poziomów dla sygnałów sterowania i sygnalizacji U4.

Wyprowadzenia GPIO U1 z sygnałami PB1, PB2 udostępniono na złączu IO. Mogą służyć do podłączenia przycisków ręcznego sterowania wyjść lub dowolnych sygnałów cyfrowych. Na złącze I²C wyprowadzono magistralę I²C ze złącza Raspberry. Wyprowadzenia I2C/IO są powielone na I2CA/IOA, aby można na płytce zastosować w zależności od preferencji złącza JST PH4 o rozstawie 2 mm lub złącza zgodne ze standardem Grove. Moduł umożliwia ustawienie zworą A2 dwóch adresów bazowych 0x21 lub 0x25.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 3**. Montaż nie wymaga dokładnego opisu, należy tylko poprawnie przylutować pady termiczne układu U4. Dla sprawdzenia działania można uruchomić prosty skrypt testowy *hisw.sh*, którego treść została pokazana na **listingu 1**.

Adam Tatuś, EP

eprasa.pl 1ed9207c33

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5881

Podstawowe parametry:

- spełnia funkcję podwójnego przełącznika 4:1,
- rezystancja załączonego klucza nie przekracza 2,5 Ω przy prądzie 10 mA,
- wymaga zasilania z zakresu 2,7...5,5 V.

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

AVT-5854	Przedłużacz magistrali I²C (EP 4/2021)
–––––	Izolator magistrali I²C (EP 3/2021)
AVT-5786	Translator adresu magistrali I²C (EP 8/2020)
–––––	Expander IO z interfejsem I²C (EP 6/2020)
AVT-5769	Podwójny potencjometr z interfejsem I²C (EP 5/2020)
–––––	Moduł wyjść dużej mocy z kontrolą poprzez I²C (EP 5/2020)
AVT-5751	I²C Extender – przedłużacz i rozdzielacz magistrali I²C (EP 3/2020)
AVT-5708	Przedłużacz magistrali I²C (EP 8/2019)
AVT-5687	Konwerter poziomów magistrali I²C EP 7/2019)
AVT-5154	Wyświetlacz LCD sterowany magistralą I²C (EP 10/2008)
AVT-5147	Moduł wyświetlacza LED sterowany magistralą I²C (EP 9/2008)
AVT-1439	Sprzętowy konwerter RS232<->I²C (EP 8/2006)
AVT-816	Uniwersalne moduły I²C (EP 5/1999)
AVT-480	Mikroprocesorowy interfejs I²C (EP 12/1998)

* 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

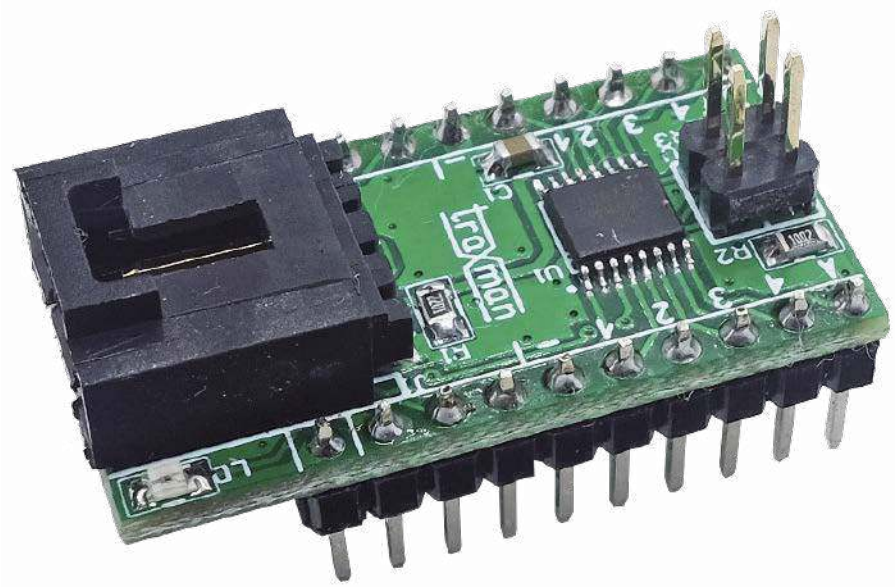
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

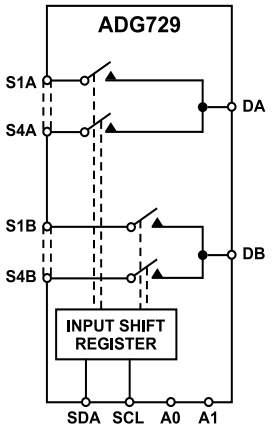
Multiplekser analogowy sterowany z magistrali I²C

Prezentowany minimoduł zawiera podwójną analogową matrycę przełączającą, sterowaną poprzez magistralę I²C. Dzięki niewielkiemu poborowi mocy, elastycznemu programowi łączeń realizowanych z algorytmem BBM (przerwa przed połączeniem) może służyć jako przełącznik wejść lub wyjść sygnału, klucz sterujący przełączanymi rezystancjami lub pojemnościami w filtrach analogowych oraz w wielu innych aplikacjach, gdzie wymagane jest kluczowanie sygnału, a zwykły multiplekser nie pozwala na łączenie kilku wyprowadzeń jednocześnie.



Budowa i działanie

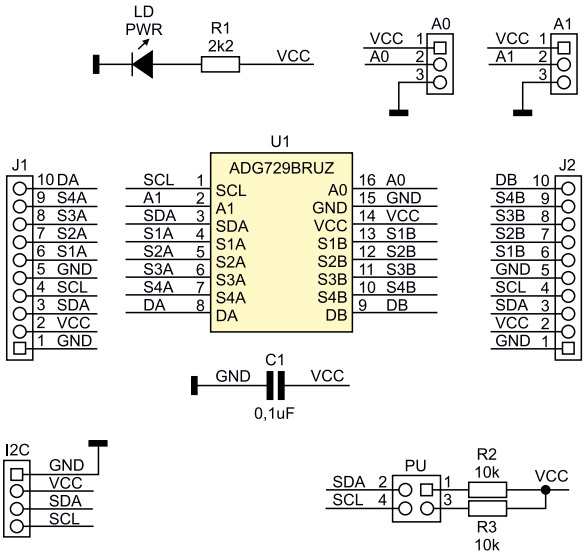
Moduł został zrealizowany na bazie układu ADG729, którego struktura została pokazana na **rysunku 1**. Układ spełnia funkcję podwójnego przełącznika 4:1 z niezależnym sterowaniem każdego z kluczy poprzez magistralę I²C. Typowo rezystancja złączonego klucza nie przekracza 2,5 Ω przy prądzie 10 mA.



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu ADG729 (za notą Analog Devices)

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Moduł jest zgodny ze standardem Arduino I²C, sygnały magistrali i zasilanie doprowadzone są do czteropinowego złącza typu EH, układ wymaga zasilania z zakresu 2,7...5,5 V. Rezystory R1, R2 podciągają magistralę I²C, zwora PU umożliwia ich odłączenie. Wyprowadzenia przełączników i magistrala dostępne są na złączu J1, J2 o rozstawie zgodnym z płytkami prototypowymi. Zwory A0, A1 umożliwiają wybór adresu bazowego układu, co dopuszcza pracę czterech układów na jednej magistrali. Układ ADG729 ma domyślnie ustawiony adres 0x44 (A0, A1=0).

Sekwencję zapisu ustalającą położenie kluczy pokazuje **rysunek 3**. Wartości A0, A1 to stan wyprowadzeń adresowych, klucze ADG729 – S8=S4B...S1=S1A, stan 1 zwiera klucz, stan 0 rozwiera klucz. Jeżeli realizujemy funkcję multipleksera, o jednoczesne załączenie tylko jednego klucza musimy zadbać programowo. Łącząc wyprowadzenia



Rysunek 2. Schemat ideowy układu

eprasa.pl 1ed9207c33

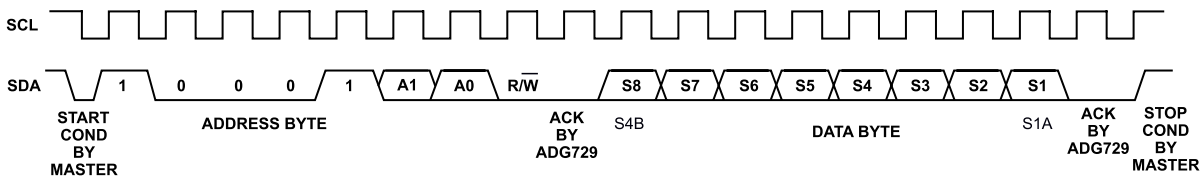
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1: 2,2 kΩ SMD0805
R2, R3: 10 kΩ SMD0805

Półprzewodniki:
LD: dioda LED SMD0805
U1: ADG729BRUZ (TSSOP16)

Kondensatory:
C1: 0,1 μF SMD0805

Pozostałe:
I2C: złącze EH kątowe EH4_254H
J1, J2: listwa SIP męska 1×10 pin 2,54 mm
PU: złącze IDC4 + zwory

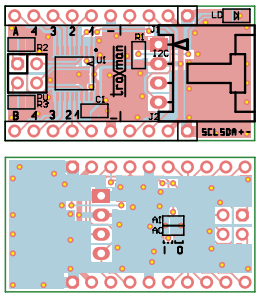


Rysunek 3. Sekwencja zapisu ADG729 (za notą Analog Devices)

Listing 1. Skrypt testowy dla układu ADG729

```
#!/bin/bash
echo 'ADG729 - test'

echo 'OUT OFF'
i2cset -y 1 0x44 0x00

x=1;

while [ $x -le 3 ] ; do

#OUT1
echo 'S1A -> S1B 0.0V'
i2cset -y 1 0x44 0x11
sleep 2.0

echo 'S2A -> S2B 1.1V'
i2cset -y 1 0x44 0x22
sleep 2.0

echo 'S3A -> S3B 2.2V'
i2cset -y 1 0x44 0x44
sleep 2.0

echo 'S4A -> S4B 3.3V'
i2cset -y 1 0x44 0x88
sleep 2.0

x=$[x + 1]
done

echo 'OUT OFF'
i2cset -y 1 0x44 0x00
```

DA z DB, otrzymujemy sterowaną matrycę 4:4 umożliwiającą elastyczne dwukierunkowe przełączanie jednego z czterech źródeł do jednego z czterech odbiorników sygnału. Odczyt przebiega identycznie, układ zwraca stany kluczy zgodnie z sekwencją zapisu. Aby zapewnić najniższy poziom zakłóceń podczas przełączania, producent sugeruje ustawianie kluczy tylko wymagających zmiany stanu, tj. w pierwszej kolejności odczytujemy bieżące położenie kluczy, porównujemy z wymaganym i ustawiamy lub kasujemy tylko bity wymagające zmiany, zapisując nową wartość do rejestru ADG729.



Rysunek 4. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów

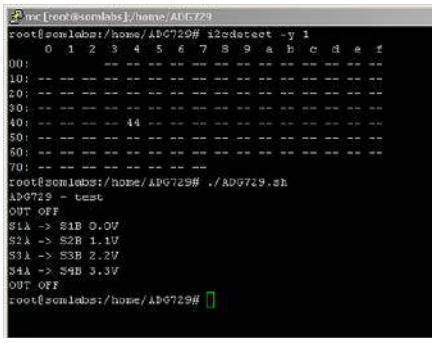
Montaż i uruchomienie

Moduł został zmontowany na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 4.** Dla sprawdzenia działania przełącznika można użyć dowolnego komputerka SBC. W tym przypadku zostanie podłączony moduł VisionSOM6UL z płytką bazową CB-STD z zainstalowanym systemem Linux i narzędziami i2ctools.

Moduł przełącznika umieszczony jest w płytce stykowej, połączone są wyprowadzenia DA z DB, wyprowadzenie S1A połączone jest z masą, S2A, S3A z wyprowadzeniami szeregowego dzielnika 3×10 kΩ, a S4A z zasilaniem 3,3 V. Powstaje dzielnik napięcia, którego napięcie wybierane jest kluczami S1A...S4A, które z kolei drugim zestawem kluczy może zostać doprowadzone do S1B...S4B. Magistrala I²C podłączona jest do złącza rozszerzeń zgodnego z Raspberry. Po załączeniu zasilania wszystkie klucze są rozłączone. W pierwszej kolejności sprawdzamy obecność układu na magistrali poleceniem:

```
i2cdetect -y 1
```

Dla dalszego sprawdzenia przygotowano skrypt (**listing 1**), łączący kolejno wejścia S1A...S4A z wyjściami S1B...S4B, podając na nie napięcie z dzielnika. Przebieg testu został pokazany na **rysunku 5**.



Rysunek 5. Wynik testowania modułu

Podczas użytkowania przełącznika należy pamiętać o dopuszczalnych napięciach na wyprowadzeniach układu oraz zwrócić uwagę na eliminację programową jednoczesnego zwarcia kilku kluczy, jeżeli może doprowadzić do uszkodzenia współpracującego układu lub ADG729.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- moduły dwukanałowe – stereo,
- mają popularny interfejs I²S,
- wszystkie moduły mają identyczne niewielkie wymiary 36×18 mm,
- zasilanie z zakresu 3,3...5,5 V

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

AVT-5869 Odtwarzacz sieciowy audio dla NanoPi (EP 7/2021)
AVT-5828 Moduł audio DAC z układem CS4344 (EP 12/2020)
AVT-5593 Pico DSP – zestaw ewaluacyjny i moduł z procesorem audio DSP (EP 7/2017)
--- Przetwornik audio DAC z interfejsem USB i układem scalonym AD1852 (EP 6/2016)
AVT-1906 Moduł audio DAC dla Raspberry PI z wyjściami I²S i S/PDIF (EP 5/2016)
AVT-5531 Przetwornik A/C audio z układem PCM5102A (EP 3/2016)
AVT-5524 Przetwornik audio DAC z AD1955 (EP 1/2016)
AVT-5492 HUB USB + USB Audio DAC (EP 2/2015)
AVT-5463 Przetwornik A/C audio z układem PCM1803 (EP 8/2014)
AVT-5449 USB Audio DAC – karta muzyczna z interfejsem USB (EP 5/2014)
AVT-5385 Przetwornik D/A z układem TDA1541 (EP 3/2013)
AVT-5359 1-bitowy przetwornik A/D wysokiej klasy (EP 9/2012)
AVT-5346 Wielobitowy przetwornik cyfrowo-analogowy audio z PCM1704 (EP 6-7/2012)
AVT-5335 DAC TDA1543 (EP 3/2012)
AVT-5188 Kompaktowy przetwornik C/A dla Audiofilów (EP 6/2009)
AVT-450 Przetwornik A/C z interfejsem ADAT (EP 11-12/2005)
AVT-384 Przetwornik audio analogowo-cyfrowy z wyjściem S/PDIF (EP 4/2005)
AVT-379 Audiofilski przetwornik C/A (EP 2/2005)
AVT-562 Przetwornik AC do PC (EP 1/2004)
AVT-5084 Audiofilski przetwornik C/A Audio (EP 10-11/2002)

W ofercie AVT*
AVT5878

* 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

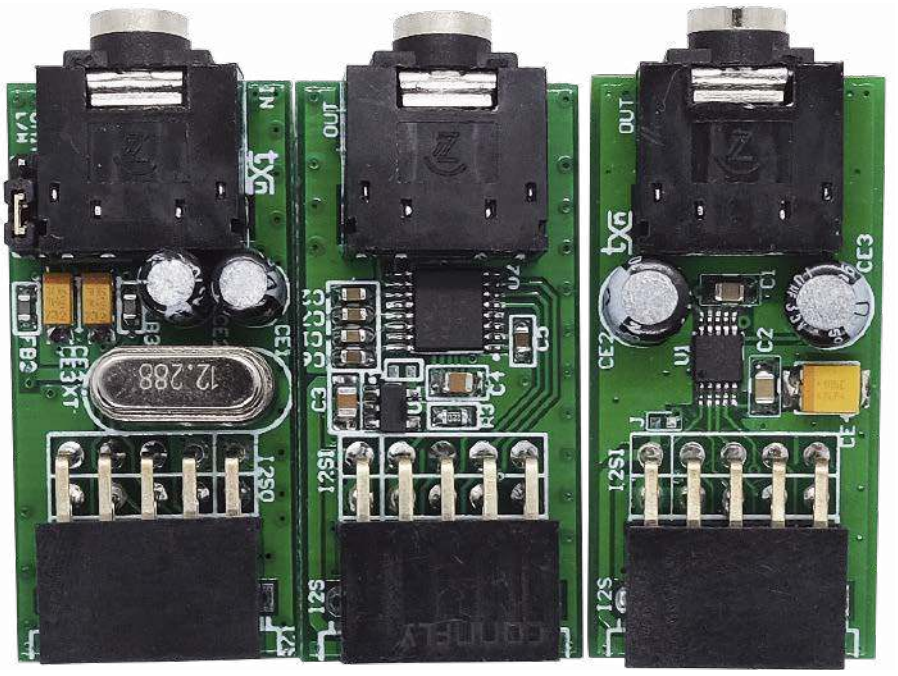
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Minimoduły cyfrowego audio – przetworniki ADC i DAC

W artykule opisano moduły cyfrowego audio zawierające przetworniki ADC i DAC, przydatne podczas uruchamiania aplikacji audio DIY. Wszystkie moduły są dwukanałowe (stereo) i mają popularny interfejs I²S. Ich niewielkie rozmiary oraz zasilanie z zakresu 3,3...5,5 V pozwalają na zastosowanie z komputerami SBC, STM, Arduino czy AudioDSP.



Moduł ADC AK5720

Pierwszy z przygotowanych modułów to przetwornik ADC z wbudowanym generatorem sygnału zegarowego MCLK. Schemat układu został pokazany na **rysunku 1**. Za przetwarzanie sygnału jest odpowiedzialny przetwornik U2 typu AK5720

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Moduł ADC AK5720

Rezystory:
R1: 2,2 MΩ SMD0402, 1%
R2: 1 kΩ SMD0402, 1%
R3: 22 Ω SMD0402, 1%
R4, R5: 100 kΩ SMD0603, 1%

Kondensatory:
C1, C2: 22 pF SMD0402
C3, C6, C7, C10: 0,1 μF SMD0603
C4: 0,47 μF SMD0603
C5: 1 μF SMD0603
C8, C9: 4,7 μF SMD0603
CE1, CE2: 10 μF elektrolityczny miniaturowy
CE3, CE4: 10 μF/6,3 V tantalowy SMD A

Półprzewodniki:
U1: SN74LVC1404DCUR (VSSOP8)
U2: AK5720VT (TSSOP16)
U3: ADM1815-5ART (SOT-23)
U4: ADP122AUJZ-3.3 (SOT-23-5)

Pozostałe:
XT: rezonator kwarcowy 11,2896 MHz HC49+podstawka (opis tekst)
J: zwora SMD0402 (opcja)
FB1, FB2, FB3: dławik ferrytowy 600 Ω, 50 mA SMD0603
GAIN: złącze SIP3, 2 mm + zwora
I2S: złącze SIP6 kątowe żeńskie (opcja)
I2SO: złącze IDC10 kątowe żeńskie
IN: gniazdo minijack 3,5 stereo

Moduł DAC AK4430

Rezystory:
R1, R2: 470 Ω 1% SMD0603
R3: 22 Ω 1% SMD0603

Kondensatory:
C1, C2: 0,1 μF SMD0603
C3, C4: 4,7 μF SMD0805
C5, C6: 1 μF SMD0603
C7: 2,2 μF SMD0603
C8, C9: 2,2 nF SMD0603
CE1, CE2: 10 μF/10 V tantalowy SMD A

Półprzewodniki:
U1: ADP122AUJZ-3.3 (SOT-23-5)
U2: AK4430ET (TSSOP16)

Pozostałe:
J: zwora (opcja) SMD0402
I2S: złącze SIP 6 kątowe żeńskie (opcja)
I2SI: złącze IDC10 kątowe żeńskie
OUT: gniazdo minijack 3,5 stereo

Moduł DAC CS4434

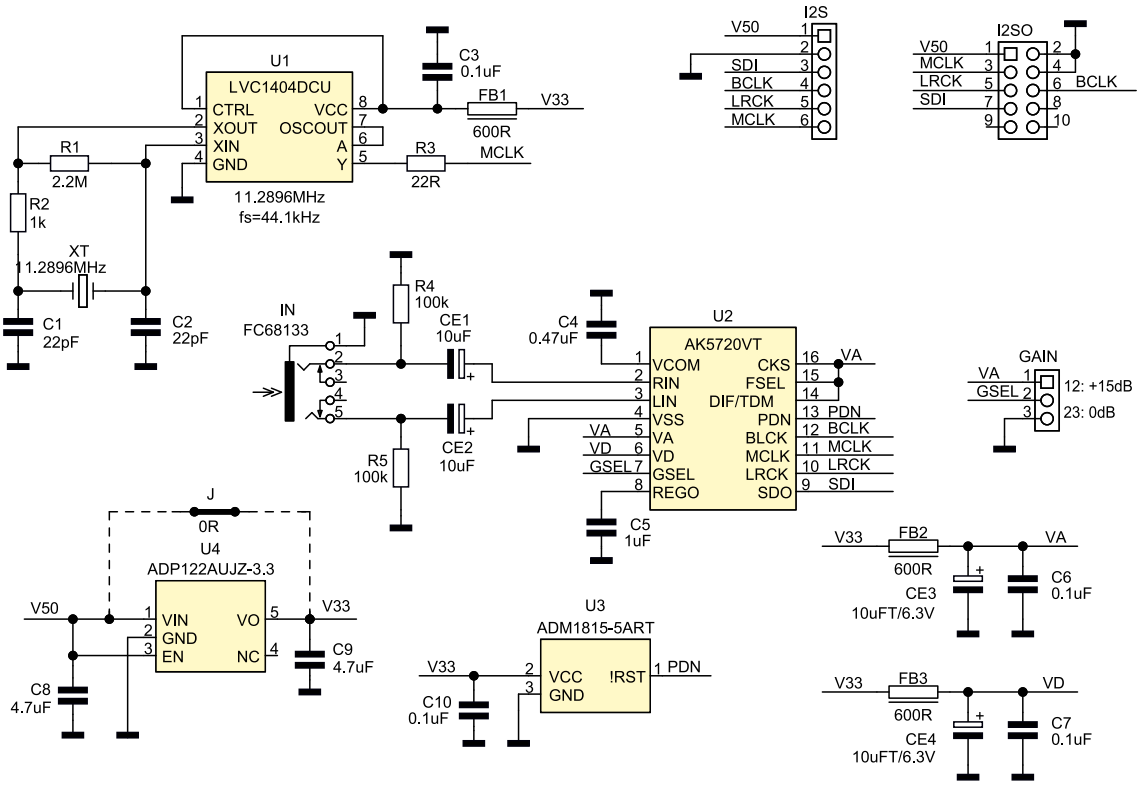
Rezystory:
R1, R2: 10 kΩ 1% SMD0805
R3, R4: 470 Ω 1% SMD0805

Kondensatory:
C1, C2: 0,1 μF SMD0805
C3, C4: 2,2 nF SMD0805
C5, C6: 4,7 μF SMD0805
CE1, CE4, CE5: 10 μF/10 V tantalowy SMD A
CE2, CE3: 10 μF elektrolityczny miniaturowy

Półprzewodniki:
U1: CS4344CZZ (TSSOP10)
U2: ADM7160AUJZ-3.3 (SOT-23-5)

Pozostałe:
J: zwora SMD0402 (opcja)
I2S: złącze szpilkowe kątowe 2,54 mm 6 pinów (opcja)
I2SI: złącze IDC10 kątowe żeńskie
OUT: gniazdo minijack 3,5 stereo

eprasa.pl 1ed9207c33



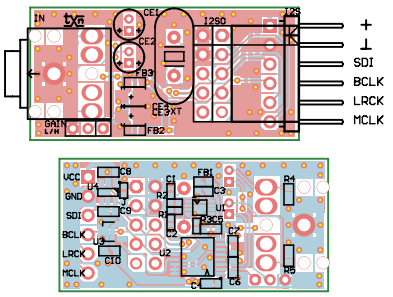
Rysunek 1. Schemat modułu przetwornika ADC z układem AK5720

obsługujący częstotliwości próbkowania do 96 kHz przy 24-bitowej rozdzielczości.

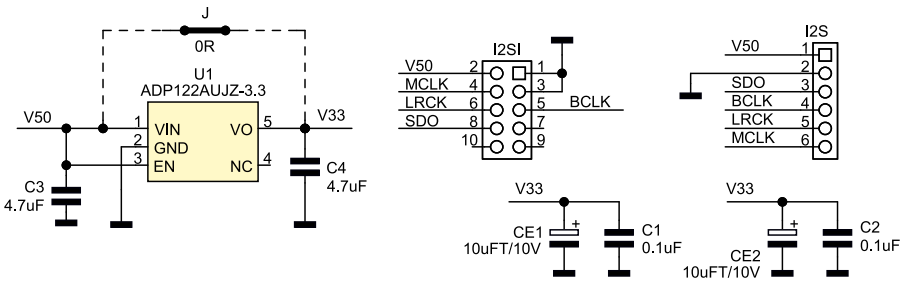
Sygnał analogowy doprowadzony jest do gniazda minijack IN i poprzez kondensatory separujące składową stałą CE1, CE2 do wejść AINL/R przetwornika. Zwora GAIN wybiera wzmocnienie sekcji analogowej, zwarta do masy ustala wzmocnienie na 0 dB (domyślne), zwarta do VA zwiększa wzmocnienie do +15 dB, co przydaje się przy współpracy ze źródłami o niższym poziomie (np. proste przedwzmacniacze mikrofonowe).

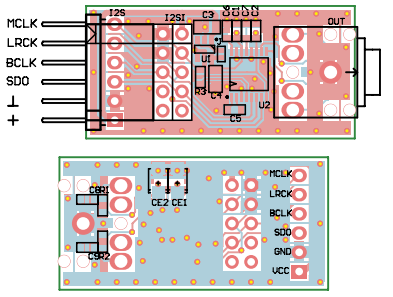
Przetwornik pracuje w trybie master magistrali I²S. Niezbędnego do pracy sygnału MCLK dostarcza układ U1 typu LVC1404. Zawiera on w swojej strukturze inwertery i bufor umożliwiający realizację oscylatorów o zakresie pracy ustalanym kwarcem. W modelu dla krotności 256 i częstotliwości próbkowania 44,1 kHz częstotliwość kwarcu wynosi 11,2896 MHz, dla 48 kHz kwarc musi być wymieniony na 12,288 MHz. Kwarc warto wyposażyć w podstawkę, ułatwia to szybką zmianę wartości MCLK w zależności od zastosowania układu. W przypadku współpracy z AudioDSP jest to też źródło sygnału zegarowego dla DSP.

Układ U3 zapewnia poprawny reset przetwornika po włączeniu zasilania. Wbudowany niskoszumowy stabilizator LDO U4 typu ADP122-3.3 zapewnia zasilanie przetwornika, jeżeli planujemy pracę tylko z zasilaniem 3,3 V, można układu U2 nie lutować, zwierając zworę J. Wszystkie niezbędne

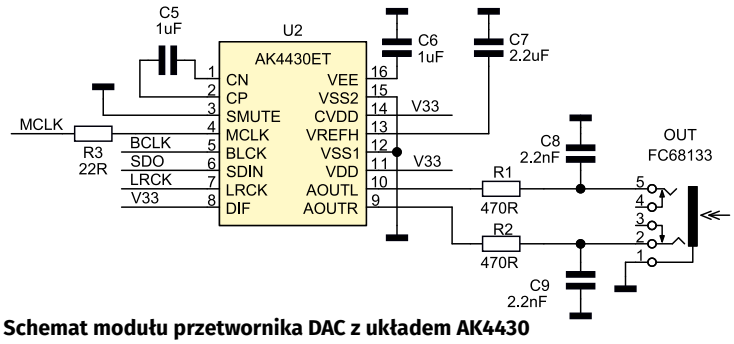


Rysunek 2. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów modułu przetwornika ADC z układem AK5720



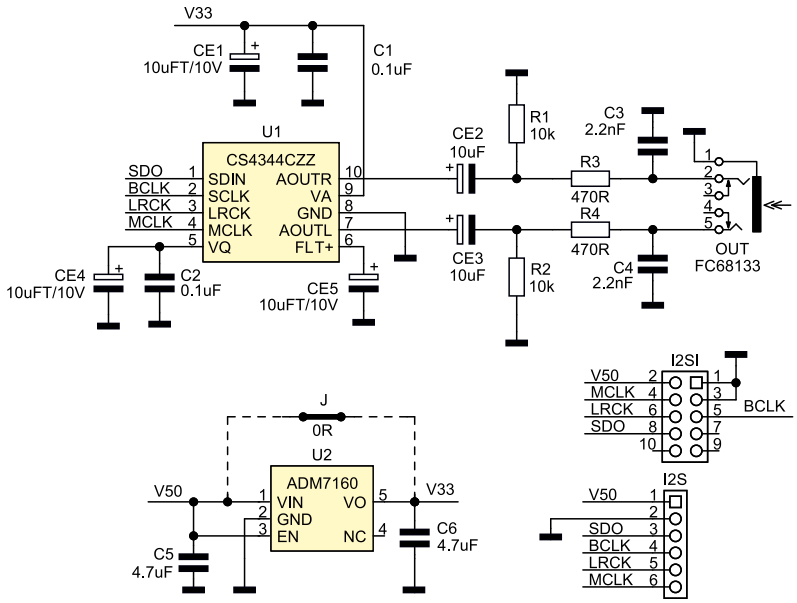


Rysunek 4. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów modułu przetwornika DAC z układem AK4430

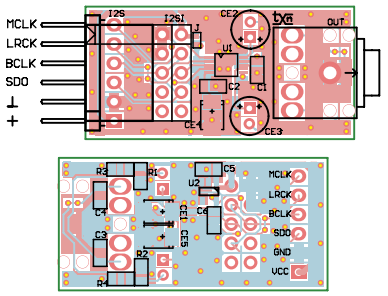


Rysunek 3. Schemat modułu przetwornika DAC z układem AK4430

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 5. Schemat modułu przetwornika DAC z układem CS4344



Rysunek 6. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów modułu przetwornika DAC z układem CS4344

sygnały wyprowadzone są na złącze szpilkowe I2S oraz złącze I2SO zgodnie z AudioDSP, standard napięciowy I²S to 3,3 V. Schemat płytki PCB modułu przetwornika ADC z układem AK5720 został pokazany na **rysunku 2**.

Moduł DAC AK443

Kolejnym modułem jest przetwornik DAC, którego schemat został pokazany na **rysunku 3**. Zawiera układ U1 typu AK4430 integrujący w sobie kompletny przetwornik audio 192 kHz/24 bity z interfejsem I²S, interpolator i filtr wyjściowy. Sygnał wejściowy ze złącza I²S lub I²SI zgodnego z AudioDSP doprowadzony jest do U2. Sygnał analogowy dostępny jest na złączu OUT mini jack.

Niskoszumowy stabilizator LDO U1 typu ADP122-3.3 zapewnia zasilanie układu, jeżeli planujemy pracę tylko z zasilaniem 3,3 V można układu U2 nie lutować, zwierając zworę J. Przetwornik U1 pracuje w trybie slave, oprócz sygnałów I²S wymaga doprowadzenia sygnału zegarowego MCLK. Standard napięciowy I²S to 3,3 V. Schemat płytki PCB modułu przetwornika DAC z układem AK4430 został pokazany na **rysunku 4**.

Moduł DAC CS4344

Ostatnim modułem jest przetwornik DAC, którego schemat został pokazany na **rysunku 5**. Przetwornik cyfrowo-analogowy bazuje na układzie U1 typu CS4344 integrującym w sobie kompletny przetwornik audio 192 kHz/24 bity z interfejsem I²S, interpolator i filtr wyjściowy. Sygnał wejściowy ze złącza I²S lub I²SI, zgodnego z AudioDSP, doprowadzony jest do U1. Sygnał analogowy po separacji składowej stałej poprzez kondensatory CE2, CE3 i filtracji z udziałem elementów R3, R4,C3, C4 dostępny jest na złączu OUT typu mini jack.

Stabilizator LDO U2 typu ADM7160-3.3 zapewnia zasilanie układu, jeżeli planujemy pracę tylko z zasilaniem 3,3 V, można układu U2 nie lutować, zwierając zworę J. Przetwornik U1 pracuje w trybie slave, oprócz sygnałów I²S wymaga doprowadzenia sygnału zegarowego MCLK, standard napięciowy I²S to 3,3 V. Schemat płytki PCB modułu przetwornika DAC z układem CS4344 został pokazany na **rysunku 6**.

Montaż i uruchomienie

Wszystkie moduły mają identyczne rozmiary 36×18 mm oraz rozmieszczenie złączy. Moduły zmontowane są na dwustronnych płytkach drukowanych, montaż układów jest klasyczny i nie wymaga dokładnego opisu. Rodzaj wlutowanego złącza I²S zależy od współpracującego zestawu uruchomieniowego, dla AudioDSP jest to ZL263-10DG, dla Pmod listwa kątowa SIP6 2,54 mm.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

KOMPUTERY RASPBERRY PI
I MODUŁY ARDUINO

ARDUINO

AVT SPV Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Sklep stacjonarny czynny jest od poniedziałku do piątku w godzinach: 8.00–16.00, tel. 22 257 84 66
e-mail: handlowy@avt.pl, tel. 22 257 84 51 (w godzinach: 9.00–15.00)

http://sklep.avt.pl

eprasa.pl 1ed9207c33

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5880

Podstawowe parametry:

- umożliwia niezależne sterowanie do 12 LED w trybie prądowym (wspólna anoda),
- prąd wszystkich diod LED jest określany wartością tylko jednego rezystora,
- pozwala na indywidualną płynną regulację jasności metodą PWM,
- zmiany jasności następują dla wszystkich LED jednocześnie (bez chwilowych wyświetleń fałszywych kombinacji kolorów przy współpracy z diodami RGB).

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

----	Sterownik LED RGB z układem AL1783 sterowany przez I²C (EP 6/2021)
AVT-5857	Liniowy sterownik LED 3 W (EP 4/2021)
AVT-5839	Minimoduły z driverem I2C do taśm LED RGBW (EP 1/2021)
AVT-5815	Sterownik taśmy LED przez DMX (EP 10/2020)
AVT-5789	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED z czujnikiem zbliżeniowym (EP 8/2020)
AVT-5788	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED sterowany włącznikiem (EP 8/2020)
AVT-5784	Wolnozmienny sterownik taśmy RGB (EP 8/2020)
AVT-5733	Programowany sterownik LED dużej mocy (EP 12/2019)
AVT-5706	Sterownik płynnego rozjaśniania i wygaszania oświetlenia LED (EP 8/2019)
Projekt 237	Wyłącznik taśmy LED – bariera podczerwieni (EP 12/2018)
AVT-1996	Bedlight – sterownik oświetlenia nocnego z czujką ruchu (EP 8/2018)
AVT-1975	Powolny rozjaśniacz do taśm LED 12 V (EP 7/2017)
AVT-5561	Efektowny sterownik oświetlenia (EP 12/2016)
AVT-5536	Sterownik taśmy LED ze zdalnym sterowaniem (EP 4/2016)
AVT-1881	Programowany sterownik LED (EP 8/2015)
AVT-1867	Sterownik zasilania taśm LED z wyłącznikiem czasowym (EP 8/2015)
AVT-3133	Sterownik oświetlenia LED sterowany dowolnym pilotem (EdW 4/2015)
AVT-5487	PWMLEDz: 10-kanałowy sterownik taśm LED z interfejsem Modbus lub SPPoB (EP 1/2015)
AVT-1800	LED Dimmer – regulator oświetlenia LED (EP 5/2014)
AVT-1669	Sterownik oświetlenia LED wewnątrz szafy (EP 3/2012)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie 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

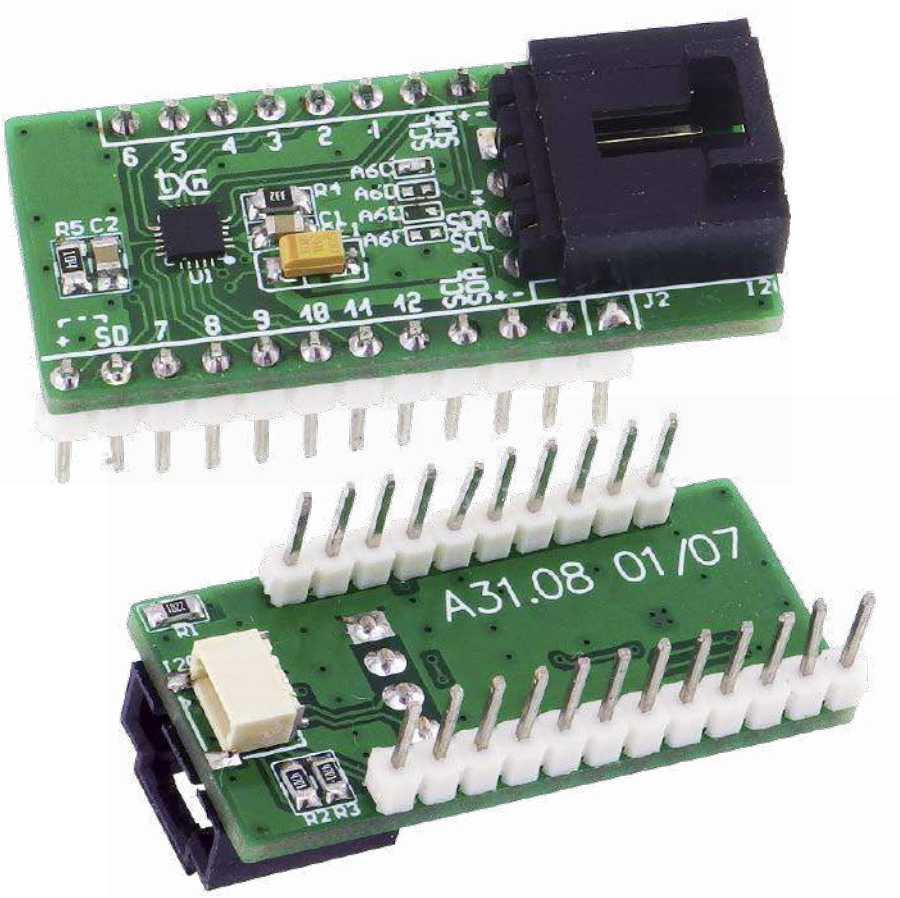
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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 12×LED z interfejsem I²C

Minimoduł umożliwia sterowanie i kontrolowanie jasności do 12 LED (4×RGB) poprzez magistralę I²C. Pozwala na łatwe łączenie kilku modułów dla uzyskania łańcucha do 48 diod LED z indywidualną regulacją jasności każdej z nich.

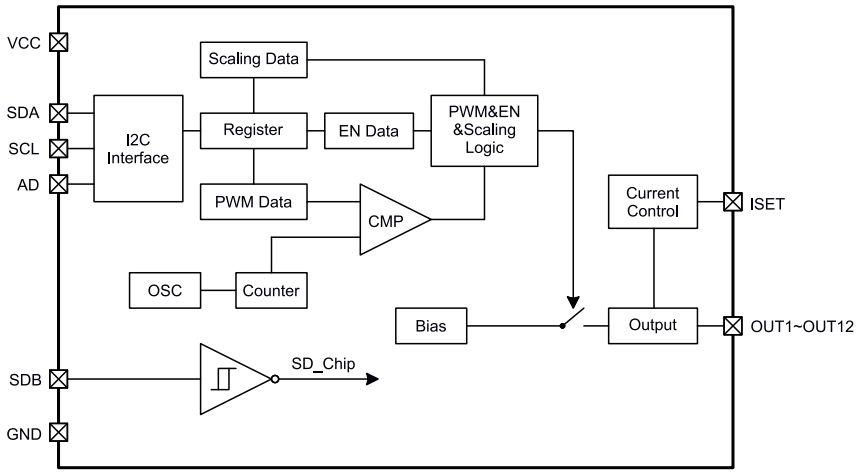


Moduł zawiera specjalizowany kontroler LED typu IS31FL3206 firmy ISSI. Umożliwia on niezależne sterowanie do 12 LED w trybie prądowym, z indywidualną płynną regulacją jasności PWM. Prąd wszystkich LED określany jest wartością tylko jednego rezystora. Struktura wewnętrzna IS31FL3206 została pokazana na **rysunku 1**. Komunikacja z układem odbywa się poprzez interfejs I²C z możliwością wyboru jednego z czterech adresów. Umożliwia to bezpośrednie sterowanie łańcuchem do 48 diod LED. Układ ma rejestry pośrednie, do których zapisywana jest indywidualna wartość PWM oraz rejestr odświeżania, co pozwala na jednoczesne zmiany jasności wszystkich LED, bez chwilowych wyświetleń fałszywych kombinacji kolorów przy współpracy z diodami RGB.

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Układ U1 steruje do 12 LED (w przypadku pasków lub diod RGB muszą mieć wspólne anody), prądem ustalonym poprzez wartość R4, zgodnie z uproszczonym wzorem I=76/R4. W modelu wynosi ok. 20 mA, a maksymalnie, dla R1=2 kΩ, może wynosić 38 mA dla każdej z LED. Prąd może zostać dodatkowo skalowany programowo ze współczynnikiem 1, 11:12, 9:19, 7:12.

Regulacja jasności odbywa się w 256 krokach z możliwością wyboru częstotliwości 3,6 kHz i 24 kHz. Wyjścia OUT1...12 pogrupowane są po 6 sygnałów (2×RGB) i wyprowadzone na złącza J1, J2 wraz z zasilaniem i magistralą I²C. Rozstaw złączy jest zgodny



Rysunek 1. Schemat blokowy układu IS31FL3206

eprasa.pl 1ed9207c33

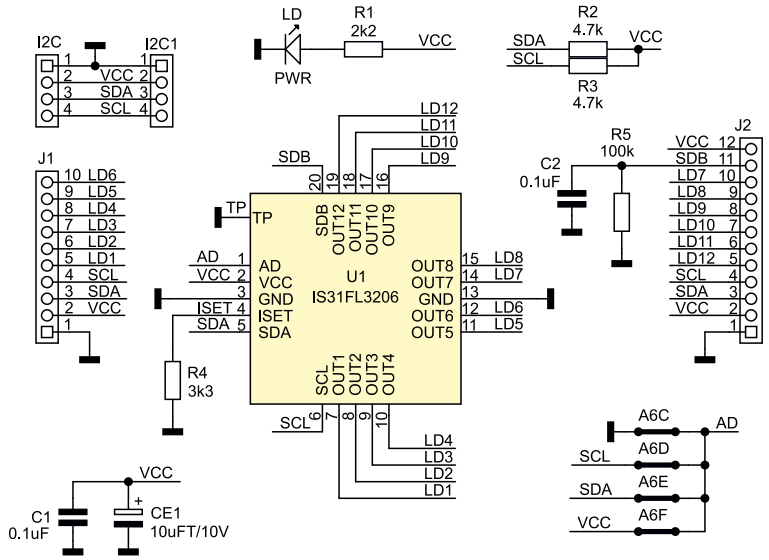
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (SMD0805, 1%)
R1: 2,2 kΩ
R2, R3: 4,7 kΩ
R4: 3,3 kΩ
R5: 100 kΩ

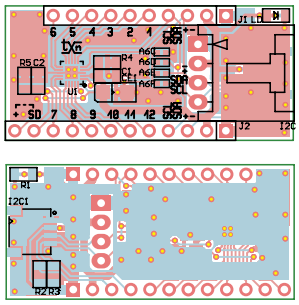
Kondensatory:
C1, C2: 0,1 µF SMD0805
CE1: 10 µF/10 V tantalowy SMD3216

Półprzewodniki:
LD PWR: dioda LED SMD0805
U1: IS31FL3206 (QFN20)

Pozostałe:
A6C, A6D, A6E, A6F: zwora SMD0402
I2C: złącze EH 4 piny kątowe
I2C1: złącze JST 1 mm 4 piny
J1: listwa SIP 10 pinów, 2,54 mm
J2: listwa SIP 12 pinów, 2,54 mm



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu



Rysunek 3. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów

Tabela 1. Rejestry układu IS31FL3206

Adres	Nazwa	Funkcja	Wartość domyślna
0x00	Shutdown Reg	Programowe wyłączenie układu	0x00
0x04...0x0F	PWM Reg	Rejestry PWM LED	0x00
0x13	Update Register	Rejestr aktualizacji LED	0x00
0x17...0x22	LED Control	Rejestr indywidualny kontrolny LED 1...12	0x00
0x26	Global Control Reg	Rejestr globalnej kontroli LED	0x00
0x27	Out Frequency Reg	Rejestr kontroli częstotliwości PWM	0x00
0x2F	Reset Register	Rejestr ustawiający wartości domyślne układu	0x00

Listing 1. Wynik sprawdzenia obecności układu IS31FL3206 na magistrali I²C

```
pi@raspberrypi:~$ i2cdetect -y 1
     0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  a  b  c  d  e  f
00:          03 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
10: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
20: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
30: -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
40: -- 41 -- -- -- -- -- -- 49 -- -- -- -- -- -- --
50: 50 51 52 53 54 55 56 57 -- -- -- -- -- -- -- --
60: 60 -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- 6c -- -- 6f
70: 70 -- -- -- -- -- -- --
```

z płytkami prototypowymi. Dodatkowo magistrala dostępna jest na złączach I²C, I²C1, co ułatwia podłączenie modułu z zestawami uruchomieniowymi. Na złącze J2 wyprowadzony jest sygnał SDB (Shutdown) aktywny stanem niskim, wyłączający układ U1. Zwory A6C...A6F umożliwiają wybór jednego z czterech adresów bazowych magistrali I²C: 0x6C...0x6F, jednocześnie może być wlutowana tylko jedna zwora.

Montaż i uruchomienie

Moduł został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat wraz z rozmieszczeniem elementów został pokazany na **rysunku 3**. Konfiguracja układu odbywa się przez rejestry, których adresację i funkcję zestawiono w **tabeli 1**. Pierwszym rejestrem, który należy zapisać, jest Shutdown Reg (0x00), znaczenie bitów rejestru jest następujące:

Listing 2. Skrypt testowy

```
import smbus
import time
from time import sleep

print "\nIS31FL3206 LED Test"

# Get I2C bus
bus = smbus.SMBus(1)

# IS31FL3206 Reset
print "IS31FL3206 Reset"
bus.write_byte_data(0x6c, 0x2F, 0x00)

# IS31FL3206 0x6C config
print "IS31FL3206 Turn On"
bus.write_byte_data(0x6c, 0x00, 0x01)

# IS31FL3206 PWM  Freq (24kHz)
print "IS31FL3206 PWM Freq 24kHz"
bus.write_byte_data(0x6c, 0x27, 0x00)

# IS31FL3206 Led1-12 PWM
print "IS31FL3206 PWM LED Set"
bus.write_byte_data(0x6c, 0x04, 0xFF)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x05, 0x7F)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x06, 0x3F)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x07, 0x0F)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x08, 0x88)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x09, 0x44)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x0A, 0x22)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x0B, 0x11)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x0C, 0x00)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x0D, 0x20)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x0E, 0x40)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x0F, 0x80)

# IS31FL3206 Led1-12 CTRL (Iout=Imax)
print "IS31FL3206 LED Current Set Imax"
bus.write_byte_data(0x6c, 0x17, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x18, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x19, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x1A, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x1B, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x1C, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x1D, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x1E, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x1F, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x20, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x21, 0x10)
bus.write_byte_data(0x6c, 0x22, 0x10)

# IS31FL3206 Global CTRL (LEDxx = On)
print "IS31FL3206 LED Global On"
bus.write_byte_data(0x6c, 0x26, 0x00)

# IS31FL3206 Update
print "IS31FL3206 LED Update"
bus.write_byte_data(0x6c, 0x13, 0x00)
time.sleep(5)

# IS31FL3206 Reset
print "IS31FL3206 Reset"
bus.write_byte_data(0x6c, 0x2F, 0x00)
bus.close()
print"\nQuit\n"
```


eprasa.pl 1ed9207c33

D7...D1=0, bez znaczenia, D0: SSD=1 praca, SSD=0 programowe wyłączenie (shutdown);

Rejestry PWM (0x04...0x0F):
ustalają indywidualną wartość PWM (256 kroków) dla każdego wyjścia OUT1...OUT12;

Rejestr Update (0x13):
zapis wartości 0x00 aktualizuje stan wyjść OUT1...OUT12 zgodnie z wartościami zapisanymi w rejestrach 0x04...0x0F, 0x17...0x22;

Rejestr LED Control (0x17...0x22) określa krotność prądu LED:

D7, D6 = 0, bez znaczenia,

D5...D0:

0x10: Iout = Imax (R4),

0x11: Iout = 11/12 Imax,

0x12: Iout = 9/12 Imax,

0x13: Iout = 7/12 Imax,

0x00: Iout = 0;

Rejestr Global Control Reg (0x26):

D7...D1 = 0,

D0: G_EN = 0 praca, G_EN = 1 wyłączenie wszystkich LED;

Rejestr Out Frequency (0x27) określa częstotliwość PWM:

D7...D1 = 0,

D0: OFS = 0 – 24 kHz, OFS=1 – 3,6 kHz;

Rejestr Reset (0x2F):
zapis 0x00 przywraca wartości domyślne we wszystkich rejestrach układu.

Dla szybkiego sprawdzenia działania modułu można użyć Raspberry Pi i biblioteki i2ctools. Przed podłączeniem modułu zwieramy sygnał SDB i VCC (złącze J2 pin 11 i 12), aktywując układ U1. Po wlutowaniu zwory adresowej (domyślnie A6C) poleceniem `i2cdetect -y 1` sprawdzamy obecność układu na magistrali (**listing 1**). Do wyjść modułu należy podłączyć LED (anody do VCC, „+"). Prosty skrypt testowy *FL3206.py* dla Raspberry Pi ustawi różną jasność świecenia każdej z LED i po pięciu sekundach wyłączy układ. Skrypt wymaga instalacji biblioteki smbus. Zawartość *FL3206.sh* została pokazana na **listingu 2**. Jeżeli wszystko działa poprawnie, można układ zastosować we własnej aplikacji.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- nadzoruje działanie bezszczotkowego wentylatora prądu stałego,
- nie wymaga dodatkowego sygnału impulsatora w postaci trzeciego przewodu,
- przystosowany do pracy z wentylatorami o poborze prądu do 600 mA,
- wy maga zasialnia napięciem z zakresu 3,0...5,5 V.

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

Projekt 246	Sterownik wentylatora wyciągu łazienkowego (kuchennego) (EP 10/2019)
AVT-5698	Sterownik wentylatorów 12 V dużej mocy (EP 8/2019)
AVT-5653	Sterownik mikrowentylatora (EP 11/2018)
-	Uniwersalny driver silnika małej mocy (EP 3/2018)
AVT-1981	Sterownik wentylatora z płynną zmianą obrotów (EP 1/2018)
AVT-5612	Dwukierunkowy regulator obrotów silnika prądu stałego (EP 12/2017)
AVT-5565	Sterownik silnika do napędu (EP 10/2016)
AVT-478	Regulator obrotów wentylatorów 12 V (EP 8/2016)
AVT-1855	Sterownik wentylatora z czujnikiem wilgotności powietrza (EP 5/2015)
AVT-3082	Zasilacz – sterownik miniwiertarki DC (EdW 1/2014)
AVT-1724	Uniwersalny sterownik silników DC (EP 2/2013)
AVT-1596	Regulator obrotów wentylatora (EP 10/2010)
AVT-1519	Sterownik silnika do modeli RC (EP 4/2009)
AVT-1469	Generator PWM – regulator mocy silnika DC (EP 8/2008)
AVT-2871	Bi-motor driver (EdW 7/2008)
AVT-1444	Dwukierunkowy regulator obrotów silników prądu stałego (EP 12/2006)
AVT-1564	Sterownik wentylatora 12 V (EP 8/2001)

W ofercie AVT*
AVT5879

* 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

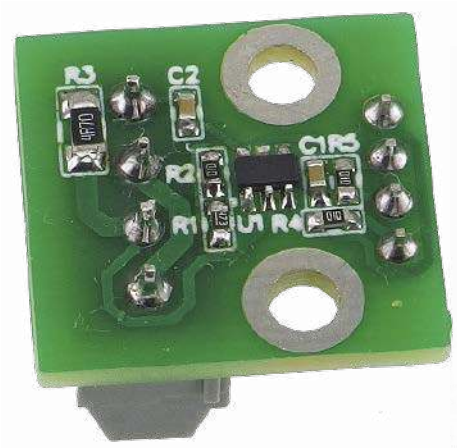
Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

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.

Monitor pracy wentylatora

W wielu aplikacjach wentylator jest niezbędny do efektywnego odprowadzania ciepła z elementów elektronicznych. Niestety, jako rozwiązanie elektromechaniczne potrafi w trakcie eksploatacji przestać funkcjonować. Awaria układu chłodzenia w skrajnym przypadku może zakończyć się uszkodzeniem przegrzanych elementów.

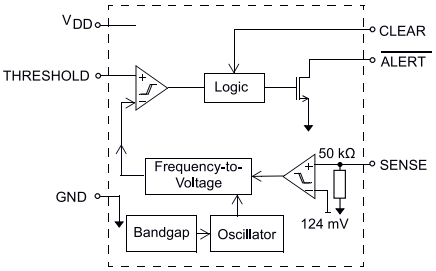


Zaprezentowany monitor nadzoruje działanie bezszczotkowego wentylatora prądu stałego poprzez pomiar obecności impulsów komutacji silnika i ostrzega o zmniejszeniu ich częstotliwości. Co ważne – układ nie wymaga dodatkowego sygnału impulsatora w postaci trzeciego przewodu, co ułatwia zastosowanie układu w już istniejących urządzeniach.

Budowa i działanie

Moduł oparty jest na specjalizowanym układzie TC670E firmy Microchip, którego schemat wewnętrzny został pokazany na **rysunku 1**. Układ mierzy obecność impulsów komutacji poprzez rezystor szeregowy wpięty w obwód wentylatora od strony masy układu. Częstotliwość impulsów odpowiada prędkości obrotowej wentylatora. Impulsy doprowadzone są do wyprowadzenia SENSE, a stąd do wewnętrznego komparatora o progu zadziałania 124 mV. Komparator zwiększa odporność układu detekcji na zakłócenia z obwodu wentylatora.

Impulsy z komparatora przetwarzane są w konwerterze f/U na odpowiadające



Rysunek 1. Schemat wewnętrzny układu TC670E

eprasa.pl 1ed9207c33

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1: 47 kΩ SMD0603 1%
R2, R4, R5: 100 kΩ SMD0603 1%
R3: 4,7 Ω/0,5 W SMD1206 1%

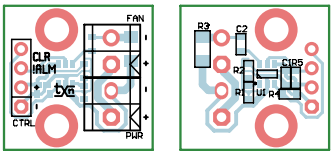
Kondensatory:
C1, C2: 0,1 μF SMD0603

Półprzewodniki:
U1: TC670ECH (SOT-23-6)

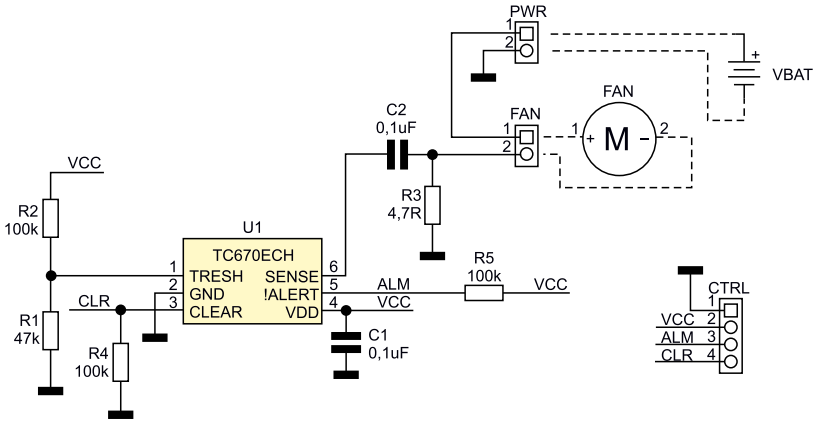
Pozostałe:
CTRL: złącze SIP4 2,54 mm
FAN, PWR: złącze śrubowe 3,5 mm

Tabela 1. Rekomendowane wartości rezystora R3

Prąd nominalny (mA)	R3 (Ω)
100	4,7
200	2,4
300	1,8
400	1,3
500	1,0
600	0,8



Rysunek 3. Schemat płytki PCB z rozmieszczeniem elementów



Rysunek 2. Schemat ideowy monitora wentylatora

prędkości obrotowej napięcie. Napięcie to porównywane jest z ustalonym przez użytkownika napięciem z dzielnika zewnętrznego. Jeżeli napięcie dzielnika jest wyższe od napięcia z przetwornika obrotów, co świadczy o zmniejszeniu prędkości obrotowej wentylatora, generowany jest alarm na wyjściu ALERT. Kasowanie alarmu odbywa się poprzez doprowadzenie stanu wysokiego do wejścia CLEAR. Alarm podtrzymywany jest do czasu ustąpienia zakłócenia prędkości wentylatora. Po odpowiednim doborze dzielnika monitor odpowiednio wcześniej może zasygnalizować problemy z chłodzeniem, zabezpieczając układ przed uszkodzeniem.

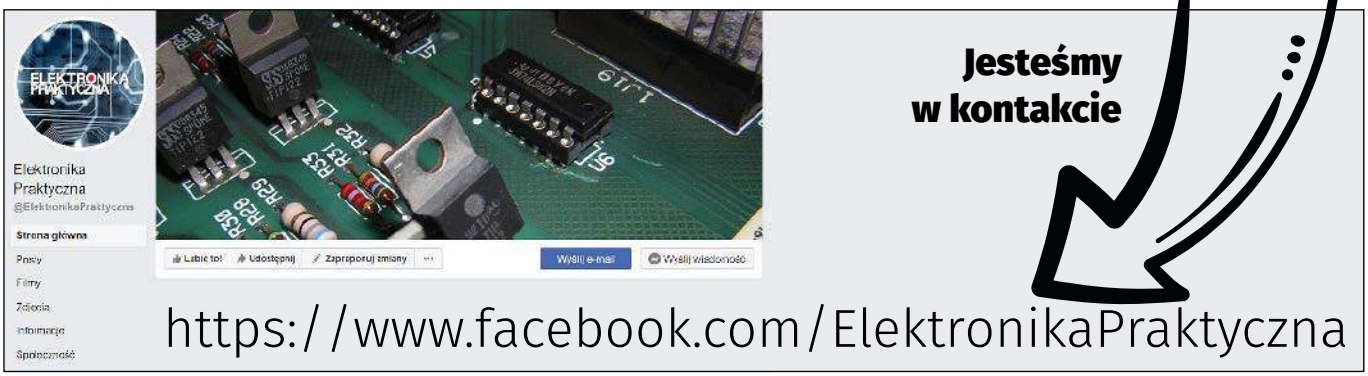
Schemat ideowy modułu monitora został pokazany na **rysunku 2**. Zasilanie wentylatora doprowadzone jest do złącza PWR, wentylator podłączony jest do złącza FAN z zachowaniem polaryzacji. W obwód masy wentylatora włączony jest rezystor pomiarowy R3. Wartość R3 zależy od prądu znamionowego wentylatora, rekomendowane wartości zestawiono w **tabeli 1**. Kondensator C2 separuje składową stałą z obwodu pomiarowego doprowadzoną do wejścia pomiarowego SENSE U1. Dzielnik R2,R1 ustala próg sygnalizacji uszkodzenia wentylatora. Jego wartość ustalana jest doświadczalnie podczas uruchomienia monitora. Zakres dopuszczalnych napięć na wyprowadzeniu TRESH przy zasilaniu 3 V ustalony jest na 0...2,4 V.

Wyjście ALERT typu otwarty dren wyprowadzone jest na złącze CTRL, rezystor R5 zapewnia polaryzację wyjścia i może zostać pominięty, jeżeli współpracujący układ ma inne progi napięciowe lub ma własne podwieszenie. Wejście CLEAR, aktywne stanem wysokim, kasuje wygenerowany sygnał ALERT. Stan wyjścia ALERT zostanie podtrzymany, jeżeli nie ustąpiły warunki jego wyzwolenia. Układ zasilany jest napięciem VCC z zakresu 3,0...5,5 V doprowadzonym do złącza CTRL. Napięcie zasilania wentylatora może mieć wartość różną od VCC, ważne, by zapewnić, aby na wejściu SENSE nie przekraczać parametrów katalogowych. W uproszeniu sygnał pomiarowy z R3 nie powinien być większy od napięcia zasilania VCC.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na niewielkiej jednostronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Moduł wymaga uruchomienia i dostrojenia pod posiadany typ wentylatora. W pierwszej kolejności dobieramy, zgodnie z tabelą 1, wartość rezystora pomiarowego R3, odpowiadającą znamionowemu prądowi wentylatora. Dla prądów większych od 200 mA należy zastosować rezystor 1206 o mocy 0,5 W. Wentylator zasilamy z regulowanego zasilacza DC i ustawiamy prędkość, przy której ma nastąpić sygnalizacja awarii wentylatora (obniżenie napięcia zasilania zmniejsza prędkość obrotową wentylatora, co dobrze symuluje zacieranie się łożysk). Zasilamy układ monitora docelowym napięciem zasilania VCC. Do wyjścia ALERT podłączamy woltomierz DC, zmieniając wartość R2, wyzwalamy stan niski wyjścia. Weryfikujemy działanie wejścia CLEAR, zwierając je do VCC, sygnalizacja powinna zostać chwilowo wyłączona. Po wlutowaniu dobranych elementów ponownie sprawdzamy działanie monitora, jeżeli wszystko działa poprawnie, układ można zamontować w docelowej aplikacji.

Adam Tatuś, EP



eprasa.pl 1ed9207c33

W ofercie AVT*

AVT5883

Podstawowe parametry:

- pracuje z aparaturą firmy FrSky, komunikuje się poprzez SmartPort,
- oferuje szeroki zakres pomiarowy 3...49 V (bez konieczności stosowania kilku czujników w przypadku pakietu składającego się z więcej niż 6 cel),
- nie umożliwia monitorowania napięć poszczególnych cel pakietu.

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

AVT-5290 3-kanałowa aparatura do zdalnego sterowania modeli (EP 5/2011)

* 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.

Telemetryczny czujnik napięcia do aparatur FRSKY

Gdy ponad 20 lat temu zaczynałem swoją przygodę z modelarstwem lotniczym RC, marzeniem każdego początkującego modelarza było posiadanie aparatury sterującej z „komputerem". Możliwość tych rozwiązań, patrząc z dzisiejszej perspektywy, były znikome, ale pozwalały m.in. na indywidualne ustawiania wychyleń serwomechanizmów, miksowanie kanałów, ustawienie timerów odliczających czas – to dawało poczucie lepszego panowania nad modelem. W ciągu ostatnich kilkunastu lat nastąpił prawdziwy przełom w zakresie aparatur RC...

Przede wszystkim, aparatury zaczęły pracować w paśmie 2,4 GHz oraz zastosowano skuteczne algorytmy pracy w szerokim zakresie widma radiowego. Do oczywistych zalet, takich jak odporność na zakłócenia, krótsze anteny, większy zasięg, dodano kolejną nowość – telemetrię. Telemetria umożliwia przesłanie do nadajnika informacji z czujników zamontowanych na statku powietrznym, np.: napięcie baterii zasilającej, pobór prądu, wysokość modelu z czujników barometrycznych czy dane z systemu GPS. Liczba informacji telemetrycznych zależy od producenta systemu RC i stale rośnie, ponieważ producenci starają się optymalizować oprogramowanie, aby w pełni wykorzystać ich możliwości.

Jednym z producentów szerokiej gamy aparatur RC wraz z telemetrią jest firma FrSky. Aparatury tej firmy są znane z jakości, niezawodności, dalekiego zasięgu i obsługi telemetrii. Kolejnym atutem aparatur tej firmy jest fakt, że działają one w oparciu na otwartym systemie OpenTX. System ten jest oprogramowaniem do aparatur RC, umożliwiającym bardzo elastyczne konfigurowanie modeli. Z racji tego, że system jest otwarty, bez problemu można skonstruować własny czujnik telemetryczny, chociażby do monitorowania napięcia akumulatora zasilającego.

W odbiornikach firmy FrSky do podłączenia czujników telemetrycznych przewidziany jest specjalny port o nazwie SmartPort. Jego cechą charakterystyczną jest jednoprzewodowy protokół typu *half duplex* do wymiany informacji pomiędzy odbiornikiem a podłączonymi czujnikami. Do odbiornika może być jednocześnie podłączonych wiele czujników pracujących niezależnie od siebie. W poniższym artykule pokrótce omówię ten protokół oraz zaprezentuję budowę czujnika napięcia pakietu zasilającego bazującego na nowoczesnym mikrokontrolerze STM32G031.

Opisany w artykule moduł umożliwia monitorowanie napięcia pakietu zasilającego model RC. W przeciwieństwie do oryginalnych czujników FLVSS nie umożliwia monitorowania napięć poszczególnych cel pakietu, ale w zamian oferuje szeroki zakres pomiarowy bez konieczności stosowania kilku czujników w przypadku pakietu składającego się z więcej niż 6 cel.

Protokół SmartPort

W warstwie fizycznej protokół SmartPort wykorzystuje interfejs szeregowy UART z zanegowanymi poziomami logicznymi, pracujący z ustawieniami: prędkość transmisji danych 57,6 kbps, 8 bitów danych, 1 bit stopu, bez bitów parzystości, jednoprzewodowy tryb half-duplex. Odbiornik radiowy pełni funkcję urządzenia master, zaś podpięte czujniki odgrywają rolę urządzeń slave. Cyklicznie, co około 12 ms odbiornik wysyła na port zapytania z identyfikatorami czujników i w ten sposób odpytuje czujniki, które są dołączone. Jeśli czujnik odpowie, odbiornik będzie na przemian odpytywał ten czujnik i szukał kolejnych, wysyłając następne identyfikatory. Opis najważniejszych identyfikatorów zestawiono w **tabeli 1**.

eprasa.pl 1ed9207c33

Tabela 1. Identyfikatory wybranych czujników SmartPort

Id	Opis
0xA1	Czujnik napięcia
0x22	Czujnik prądu
0xE4	RPM
0xBA	Czujnik temperatury
0x00	Vario

Tabela 2. Struktura ramki wysyłanej przez czujnik

Start Data Frame	Sensor Data Type[1]	Sensor Data Type[0]	Data[0]	Data[1]	Data[2]	Data[3]	CRC
0x10	1 Bajt	1 Bajt	1 Bajt	1 Bajt	1 Bajt	1 Bajt	1 Bajt

Sekwencja zapytania jest dwubajtowa i ma postać 0x7E Id. Czujnik odpowiada na każde zapytanie na swoim fizycznym identyfikatorze, aby zgłosić swoją obecność. Czujnik odpowiada ramką rozpoczynającą się bajtem 0x10, następne bajty zawierają jego typ, pakiet danych i sumę kontrolną CRC. Jeśli nie można przesłać aktualnych danych (bo np. nie zdążył odświeżyć danych), czujnik odpowiada pustym pakietem i fałszywym CRC (0xFF). Ramka odpowiedzi czujnika ma strukturę taką, jak pokazano w **tabeli 2**.

Przykładowa ramka wysłana przez czujnik FLVSS została pokazana na **rysunku 1**. Jak widać – na zapytanie odbiornika 0x7E 0xA1 czujnik odpowiedział sekwencją 0x10, 0x00, 0x03, 0x20, 0x7F, 0xB7, 0x77, 0x1E. Spróbujmy to rozłożyć na czynniki pierwsze. Pierwszy bajt 0x10 to znacznik początku ramki z odpowiedzią, jest on stały. Następnie mamy dwa bajty nazwane Sensor Data Type o wartościach 0x00, 0x03. Są to bajty przypisane do typu czujnika i właśnie dla czujników napięcia zawierać się one mogą w zakresie od 0x0300 do 0x030F. Dla czujników prądu zakres ten wynosi 0x0200 do 0x020F. Zakresy można znaleźć w dokumentacji OpenTX. Jeśli mamy podłączony tylko jeden czujnik napięcia, to będzie on zwracał wartość 0x0300. Zwróćmy uwagę, że najpierw jest wysyłany młodszy bajt, a następnie starszy. Kolejny bajt o wartości 0x20 zawiera dwie ważne informacje. Podzielmy go na dwa półbajty. Starszy półbajt mówi nam o liczbie cel w pakiecie zasilającym, który mierzymy, drugi półbajt mówi nam o numerach dwóch cel pakietu, które są zmierzone w aktualnej ramce – ale uwaga – liczone od 0! Każda bowiem ramka zawsze zawiera napięcie dwóch cel. W tym konkretnym przypadku mamy pakiet 2S, zaś 0 oznacza, że ramka zawiera napięcie pierwszych dwóch cel pakietu.

Gdyby wartość na pozycji Data[0] wynosiła np. 0x42, oznaczałoby to, że czujnik mierzy napięcie pakietu 4S, a aktualna ramka zawiera napięcia cel 3 i 4. Aby się przekonać czy tak jest na pewno, spójrzmy na **rysunek 2** pokazujący ramkę zawierającą napięcia cel 3 i 4 w pakiecie 5S. Jak widzimy, na polu Data[0] mamy wartość 0x52, co potwierdza, że mamy do czynienia z pakietem 5S, a ramka zawiera napięcia kolejnych 2 cel: 3 i 4. Uważny czytelnik zapyta: skoro w każdej ramce zawarte są napięcia dwóch cel, to jaka będzie wartość w polu Data[0] dla celi 5 w pakiecie 5S? To proste – 0x54, przy czym ramka taka zawierać będzie napięcie tylko jednej celi – nr 5.

W ten oto sposób docieramy do kolejnych 3 bajtów zawierających napięcia poszczególnych cel, gdzie napięcie każdej z cel zawarte jest na 12 bitach. Szybko dojdziemy do wniosku, że maksymalny zakres, jaki możemy przedstawić na 12 bitach, to 4095, więc jak w takim razie zapisać napięcie w pełni naładowanej celi, która ma napięcie 4,2 V? Obejściem problemu jest podział napięcia przez 2, dzięki czemu nie przekroczymy zakresu. Wróćmy do rysunku 1 i spróbujmy odczytać napięcia poszczególnych cel w pakiecie 2S, który był podłączony do czujnika. Wartości kolejnych pól w ramce wynoszą odpowiednio: 0x7F, 0xBF, 0x77. Dzielimy środkowy bajt pola Data[2] 0xBF na dwa półbajty. I teraz na napięcie celi 1 składa się bajt z pola Data[1] i młodszy półbajt bajtu z pola Data[2], zaś napięcie 2 celi to bajt z pola Data[3] oraz starszy półbajt z pola Data[2]. Ilustruje to **tabela 3**. Z 3 bajtów o wartościach 0x7F, 0xBF, 0x77 ostatecznie otrzymujemy napięcie celi pierwszej o wartości 0x7FF i celi drugiej 0x77B. Odpowiada to odpowiednio napięciom: 0x7FF → 2047·2=4094 mV oraz 77B → 1915·2=3830 mV.

Na końcu każdej ramki znajduje się bajt sumy kontrolnej, który jest zanegowaną sumą wszystkich składników ramki czujnika. Jeśli wyliczona suma przekracza wartość jednego bajta, to ponownie ją sumujemy i dopiero wtedy poddajemy negacji. Sprawdźmy, czy CRC dla ramki z rysunku 2 jest prawidłowa:

0x10+0x03+0x52+0x31+0xF8+0x82 =0x0210;

0x02+0x10=0x12;

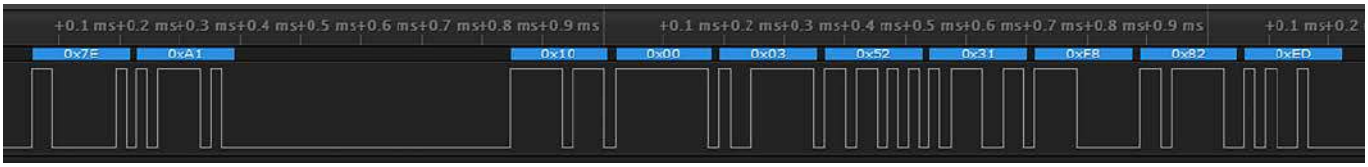
0x12^0xFF=0xED – czyli wszystko się zgadza.

W przypadku wspomnianego wcześniej pakietu 5S w ramce zawierającej napięcie ostatniej 5 celi ramka wygląda tak, jak na **rysunku 3**. Od razu rzuca się w oczy fakt, że napięcie celi 6 wynosi 0, co jest zgodne z prawdą, ponieważ pakiet składa się tylko

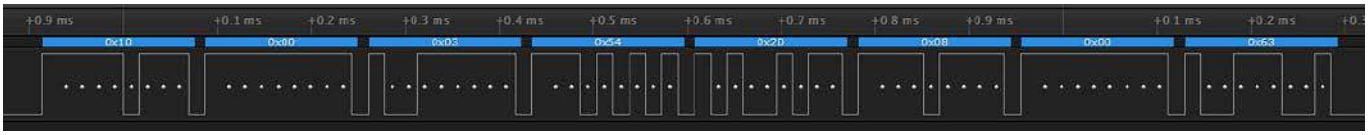
Tabela 3. Napięcia poszczególnych cel pakietu

0x7F	0xBF	0x77
0x7FF	0x77B	

Rysunek 1. Ramka z zapytaniem odbiornika i odpowiedzią czujnika napięcia FLVSS



Rysunek 2. Ramka zawierająca napięcia cel 3 i 4 w pakiecie 5S



Rysunek 3. Ramka zawierająca napięcie celi 5 w pakiecie 5S

eprasa.pl 1ed9207c33

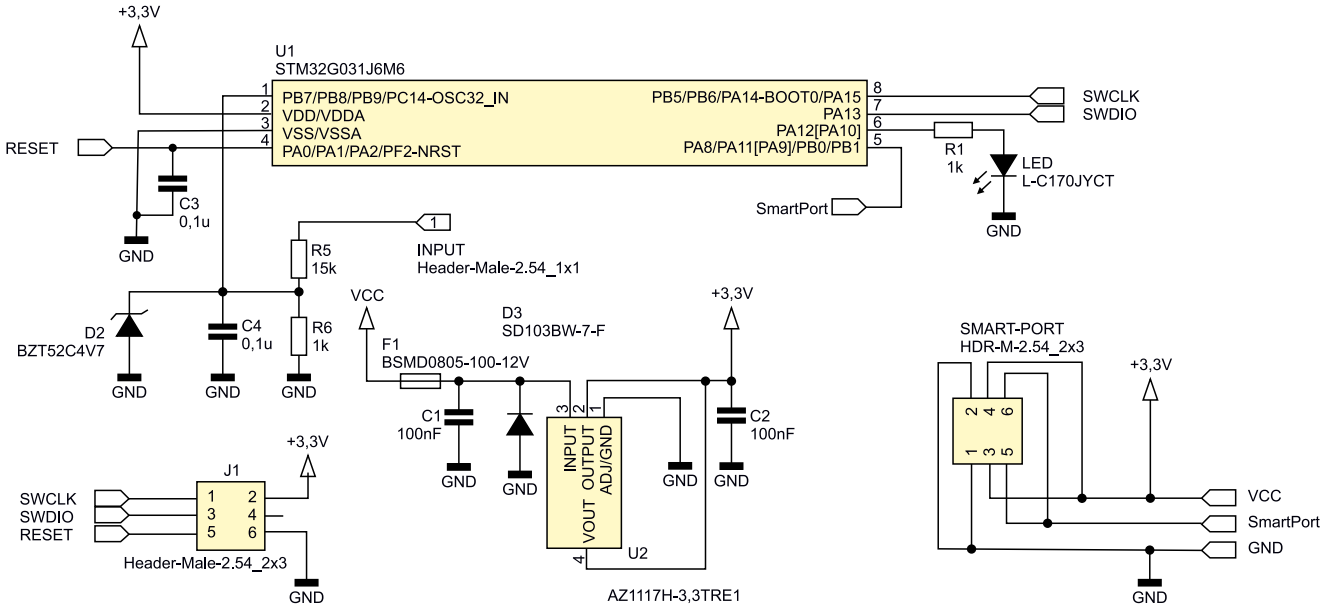
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1, R6: 1 kΩ SMD0805
R5: 15 kΩ SMD0805

Kondensatory:
C1, C2: 100 nF SMD0805
C3, C4: 0,1 μF SMD0805

Półprzewodniki:
LED: dioda LED czerwona SMD0805
D2: dioda Zenera BZT52C4V7 (SOD-123)
D3: dioda Zenera SD103BW-7-F (SOD-123)
U2: stabilizator napięcia AZ1117H-3.3TRE1 (SOT-223-3)
U1: STM32G031J6M6 (SOIC-8)

Pozostałe:
F1: bezpiecznik miniaturowy BSMD0805-100-12V SMD0805
INPUT: goldpin kątowy 1 szpilka
J1: goldpin 2×3 (nie montować)
SMART-PORT: goldpin 2×3



Rysunek 4. Schemat czujnika napięcia

z 5 cel. W ten oto sposób odbiornik nie tylko jest w stanie określić napięcie poszczególnych cel pakietu, ale również oblicza napięcie całego pakietu, sumując poszczególne wartości napięć.

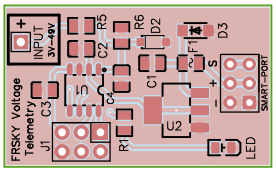
W prezentowanym urządzeniu wykorzystano ten fakt. Skoro maksymalne napięcie dla jednej celi może mieć wartość 4095, to można zadeklarować maksymalną dozwoloną, stałą liczbę cel i podawać napięcie na czujnik w bardzo szerokim zakresie. Zmierzone napięcie będzie równo podzielone na liczbę cel, zaś docelowo uzyskamy wskazanie napięcia całego pakietu zasilającego. Dzięki takiemu podejściu udało się uzyskać zakres pomiarowy mieszczący się w zakresie 3...49 V.

Budowa i działanie

Czujnik napięcia bazuje na mikrokontrolerze STMicroelectronics typu STM32G031J6 w obudowie SO8N, z rodziny Cortex-M0+. Ma on wszystkie niezbędne peryferia, jest łatwy w lutowaniu i tani w zakupie. Dzięki możliwości konfiguracji interfejsu UART w trybie half-duplex wraz z negacją poziomów nie trzeba stosować dodatkowych układów konwertujących. Schemat modułu został pokazany na **rysunku 4**, a projekt płytki PCB na **rysunku 5.** Schemat i projekt płytki zostały narysowane w programie EasyEDA. Jest to darmowy edytor z bogatą biblioteką elementów, zaś sama obsługa jest dość intuicyjna. Wymiary PCB to 21×35 mm. Montaż elementów SMD nie powinien nastręczać trudności, ponieważ wszystkie elementy są w obudowach łatwych do lutowania.

Schemat elektryczny jest zredukowany do niezbędnego minimum. Oprócz samego procesora zawiera stabilizator napięcia 3,3 V, oraz dzielnik napięcia zrealizowany na elementach R5 i R6 wraz z diodą Zenera zabezpieczającą port przed wystąpieniem zbyt wysokiego napięcia. Dioda LED sygnalizuje poprawną komunikację na porcie SmartPort. W projekcie użyto stabilizatora typu LD1117S33, dzięki czemu czujnik może być zasilany napięciem powyżej 5 V bezpośrednio z odbiornika zasilanego np. z akumulatorów litowych.

Oprogramowanie mikrokontrolera zostało napisane w języku C w środowisku STM32CubeIDE. W procedurze przerwania od UART sprawdzane są odebrane dane i wyszukiwana jest sekwencja 0x7E 0xA1. Jeśli taka sekwencja zostanie odebrana, następuje przygotowanie ramek z danymi do odesłania na port. Przy użyciu DMA następuje seria pomiarów napięcia podanego



Rysunek 5. Projekt płytki PCB

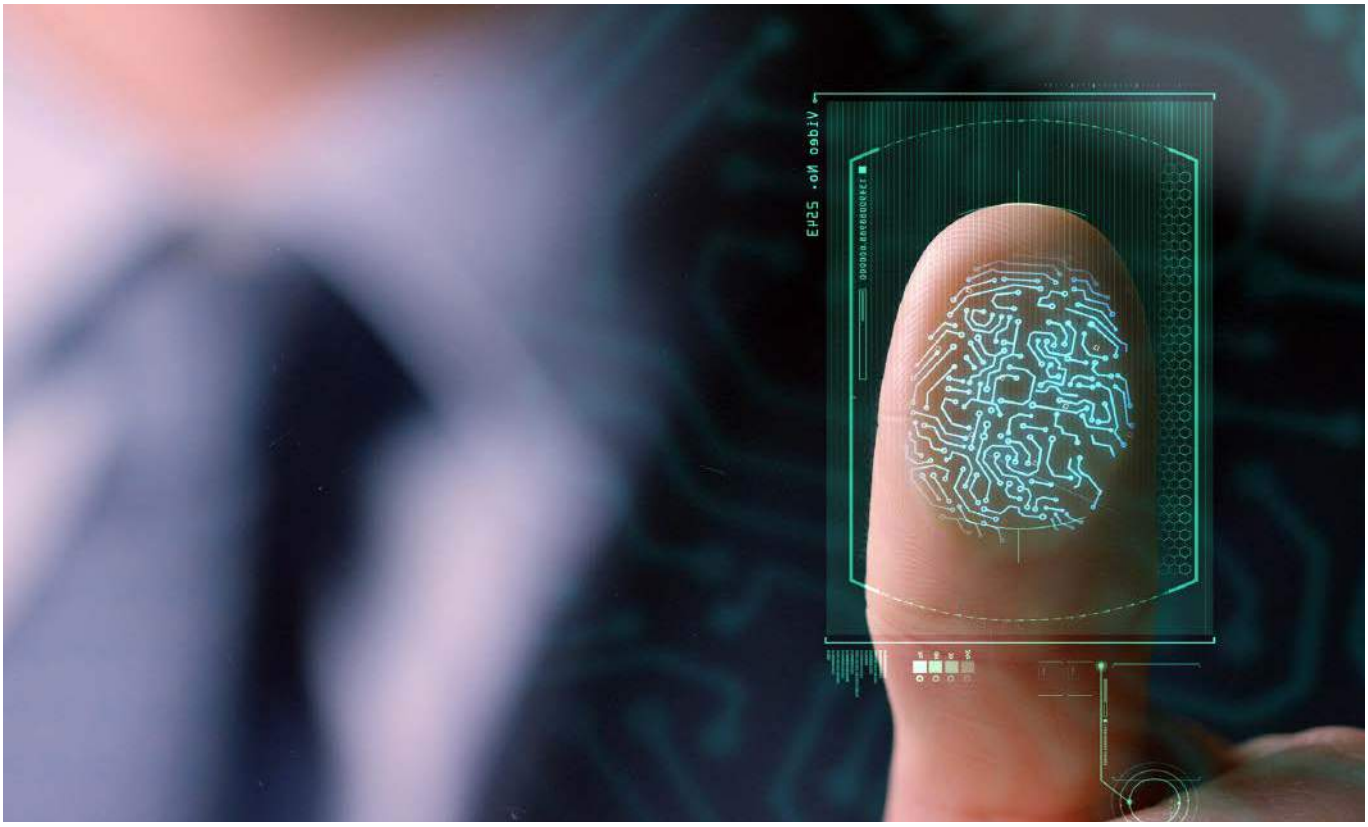
na wejście pomiarowe INPUT, a następnie w pętli głównej obliczana jest średnia, dzięki czemu pomiary są stabilne.

Do zaprogramowania procesora niezbędny jest programator. Po prawidłowym zmontowaniu i zaprogramowaniu układ jest gotowy do pracy. Szybkie miganie diody LED sygnalizuje poprawne dekodowanie danych na SmartPorcie z odbiornika. Jeśli napięcie podane na wejście INPUT będzie poniżej progu 3 V, czujnik zaprzestaje wysyłania danych z napięciem, co aparatura zasygnalizuje po kilku sekundach brakiem danych. Po podaniu napięcia z zakresu pracy dane ponownie będą przysyłane przez moduł. Procedura dodawania czujnika do systemu telemetrii jest standardowa i polega na uruchomieniu procedury wykrywania czujników w menu TELEMETRY aparatury, gdzie czujnik zostanie wykryty jako parametr CELLS.

Grzegorz Burzyński
sp5ein@gmail.com

AVT wydawnictwo
Wydawnictwo AVT podejmie współpracę z tłumaczami fachowych tekstów dla elektroników z języka angielskiego. Kontakt: anna.cember@avt.pl

eprasa.pl 1ed9207c33



Elektroniczne zabezpieczenia biometryczne

Biometria to technika pozwalająca na dokonywanie pomiarów istot żywych. W artykule skupimy się na jednym z jej praktycznych zastosowań – metodzie rozpoznawania osób na podstawie ich cech fizycznych. Przez wiele lat zagadnienie to było chętnie eksplorowane przez twórców filmów science fiction i nierzadko znaczna część fabuły zawierała brutalne metody pozyskania materiału biologicznego ofiary. W ten sposób podkreślano bardzo ważną cechę nowej technologii – niepowtarzalny, przypisany tylko do jednej osoby i niezwykle trudny do podrobienia „klucz". W rzeczywistym świecie biometria od dawna nie jest fikcją – towarzyszy nam na co dzień, a w różnych dziedzinach elektroniki zajmuje realny obszar konkretnych aplikacji.

Zanim przejdziemy do opisu konkretnych technik rozpoznawania biometrycznego, warto przez chwilę zastanowić się nad ich ogólną definicją i podziałem – zwłaszcza z uwagi na fakt, że pojęcie „biometryczny" często stosowane jest w sytuacjach zupełnie niezwiązanych z zabezpieczeniami, które stanowią temat niniejszego artykułu.

Słownik Języka Polskiego (sjp.pwn.pl) definiuje termin „biometria" jako:

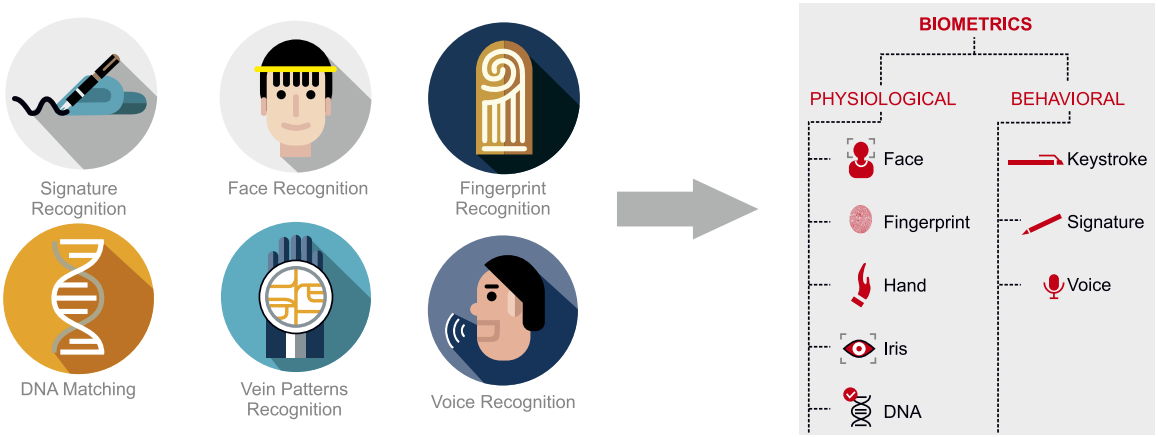
- nauka zajmująca się badaniem prawidłowości kierujących zmiennością cech populacji organizmów żywych, posługująca się metodami statystyki matematycznej;
- technika dokonywania pomiarów istot żywych.

W świetle tej definicji wszelkie pomiary biomedyczne – np. badanie rytmu serca, saturacji krwi tętniczej czy też parametrów oddechowych można zakwalifikować jako biometrię. Nie dziwi zatem określenie kontrolera MAX32664 firmy Maxim jako Biometric Sensor Hub – ten niskomocowy układ scalony przeznaczony jest bowiem do przetwarzania danych z czujników biomedycznych (tętno, saturacja, estymowane wartości ciśnienia krwi) i jako taki nie ma większego związku z zabezpieczeniami czy też szeroko pojętym rozpoznawaniem osób.

Jednak nieformalnie przyjęło się, że terminy „biometria" i „biometryczny" stosowane są zwykle w odniesieniu do **rozpoznawania pewnych mierzalnych, unikalnych cech biologicznych**, pozwalających odróżnić jedną osobę od innych. Konieczny jest zatem dobór takich cech, które:

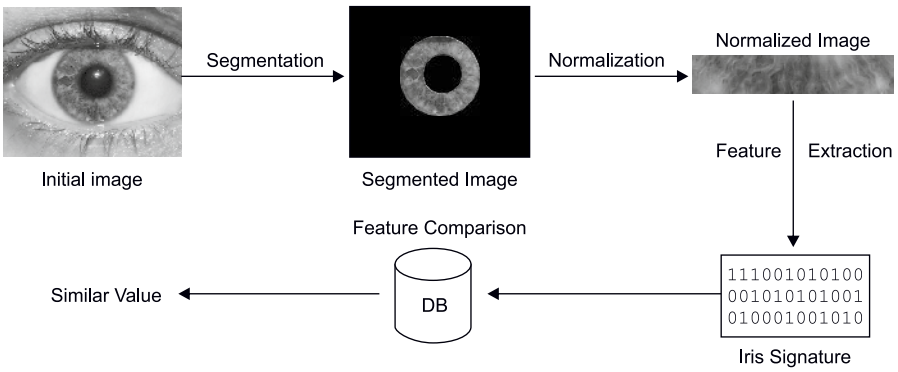
- wykazują dużą zmienność osobniczą
- oraz pozostają niezmienne przez cały czas życia jednostki lub ewentualnie nieznacznie zmieniają się z upływem wielu lat.

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 1. Podział metod biometrycznych

Jak zawsze w przypadku współpracy urządzeń elektronicznych z człowiekiem niezbędne staje się zapewnienie daleko idących uproszczeń danych wejściowych i użycie takich technik analizy, które pozwolą zniwelować wpływ artefaktów, powstających podczas pomiaru, na wynik identyfikacji. Nietrudno bowiem domyślić się, że nie sposób pobrać np. dwóch identycznych skanów twarzy lub odcisku palca, nawet w przypadku tej samej osoby, zbadanej dwa razy z rzędu w tych samych warunkach otoczenia.



Rysunek 2. Typowe etapy identyfikacji osób na podstawie analizy podobieństwa cech tęczówki

Klasyfikacja metod biometrycznych

Podstawowa klasyfikacja metod identyfikacji i weryfikacji biometrycznej opiera się na źródle danej cechy i dzieli dostępne obecnie techniki na:

- **Fizjologiczne** – oparte na detalach anatomicznych lub biochemicznych danej jednostki. Do tej grupy zaliczamy rozpoznawanie odcisków palca, kształtu twarzy lub dłoni, topologii naczyń krwionośnych, wzoru tęczówki, a nawet… cech kodu DNA. Rzadziej można trafić na informacje o próbach wykorzystywania odcisku całej dłoni, a nawet… kształtu małżowiny usznej lub zębów.
- **Behawioralne** – wykorzystujące obserwację pewnych określonych zachowań człowieka, bez uwzględniania budowy jego ciała lub parametrów biologicznych. Do najczęściej wymienianych metod należy rozpoznawanie podpisu (zarówno statyczne, jak i dynamiczne), cech głosu oraz sposobu (dynamiki) chodu lub pisania na klawiaturze komputerowej.

Podany wyżej podział schematycznie zobrazowano na **rysunku 1**.

Fotografia 1. Przykładowy zespół zamka drzwiowego ze skanerem odcisku palca i klawiaturą numeryczną

Wady i zalety biometrii

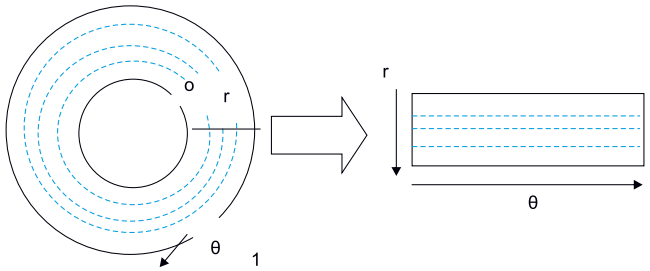
Wspomniana wcześniej zmienność osobnicza, będąca fundamentem wszystkich metod biometrycznych, pozwala z doskonałą dokładnością odróżniać cechy charakterystyczne poszczególnych osób. Pod względem bezpieczeństwa teleinformatycznego biometryczne metody kontroli dostępu do systemów komputerowych lub pomieszczeń (**fotografia 1**) są daleko bardziej niezawodne i trudniejsze do złamania niż konwencjonalne systemy oparte na hasłach oraz loginach użytkowników. Dużym ułatwieniem jest też fakt, że osoby wpisane do biometrycznej bazy danych nie muszą obciążać swojej pamięci kolejnymi ciągami alfanumerycznymi, gdyż swój biologiczny „paszport" mają zawsze przy sobie.

Do wad systemów biometrycznych, w pierwszej kolejności, należy stopień skomplikowania technicznego. Podczas gdy od strony sprzętowej większość metod opiera się na dość konwencjonalnych urządzeniach (kamery z oświetlaczami, czujniki pojemnościowe lub liniały optyczne czy też tory audio z mikrofonami), to ciężar implementacji spoczywa głównie na oprogramowaniu. Wspomniane wcześniej artefakty, związane z niejednakowymi warunkami akwizycji sygnałów, w powiązaniu z dużą złożonością badanych cech sprawiają, że twórcy algorytmów biometrycznych stają przed wyzwaniem oddzielenia nieistotnych danych z informacyjnego szumu i wyłowienia tylko tych cech, które w deterministyczny sposób pozwalają zidentyfikować danego osobnika.

Ogólny schemat przepływu danych w systemie biometrycznym

Pomimo dość sporego zróżnicowania biometrycznych metod identyfikacji osób, można wyróżnić pewne charakterystyczne etapy, wspólne

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 3. Sposób rozwinięcia obrazu tęczówki metodą Daugmana

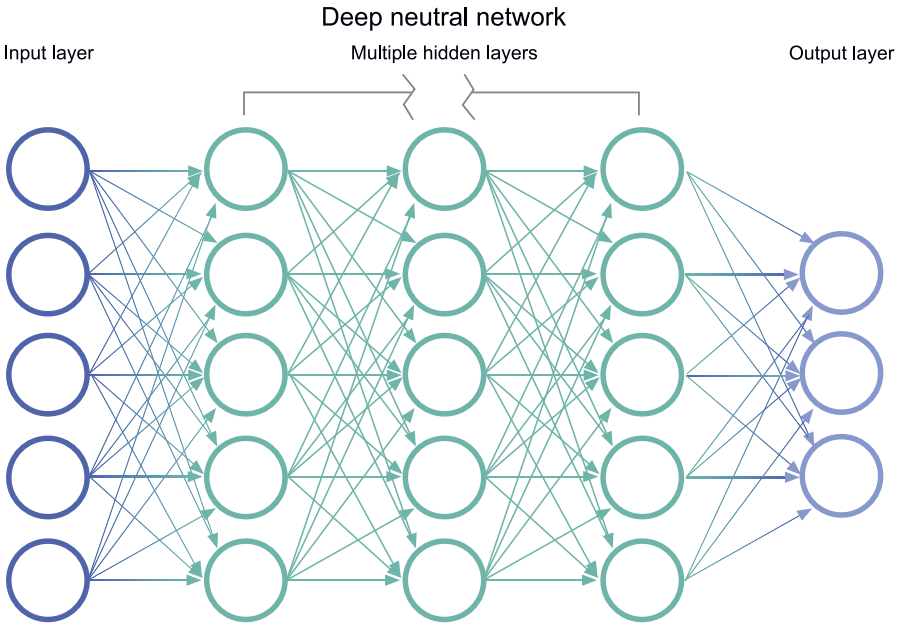
dla praktycznie wszystkich tego typu systemów. Zagadnienie opiszemy na przykładzie analizy tęczówki (**rysunek 2**).

1. **Akwizycja danych** – pobranie informacji, w przypadku analizy obrazu tęczówki, polega na sfotografowaniu oka za pomocą kamery wyposażonej w obiektyw makro i system oświetlenia bezcieniowego.
2. **Wstępna obróbka danych (kondycjonowanie i segmentowanie)** – metody oparte na obrazowaniu dwuwymiarowym wymagają dostosowania informacji pozyskanych z kamery do potrzeb wysokopoziomowych algorytmów rozpoznawania wzorca. Z tego też względu zdjęcie oka jest poddawane segmentacji w celu odseparowania tęczówki od źrenicy, powiek i pozostałych elementów anatomicznych w otoczeniu regionu zainteresowania. Oprócz podstawowych operacji geometrycznych (np. obrotu, skalowania i korekcji proporcji) wykorzystywane są także filtry kontekstowe (np. do wykrywania krawędzi), tymczasowe progowanie, algorytmy detekcji okręgów, itd. Potrzebna może być ponadto globalna korekcja kontrastu i jasności.
3. **Transpozycja i normalizacja** – kolejnym etapem pracy jest przetworzenie danych do postaci zgodnej z formatem zapisu wzorca. W przypadku obrazu tęczówki dokonuje się transformacji z biegunowego do kartezjańskiego układu współrzędnych, czyli rozwinięcia obrazu tęczówki (o kształcie pierścienia) do podłużnego, prostokątnego obrazu o odpowiedniej rozdzielczości i proporcjach, np. z użyciem algorytmu *Daugman's Rubber Sheet Model* (**rysunek 3**).
4. **Ekstrakcja cech** – to jeden z najbardziej zaawansowanych etapów, do którego stosowane są m.in. algorytmy transformacji falkowej. Celem tej części przetwarzania danych jest konwersja obrazu do postaci zestawu określonych przez programistę cech, co pozwala na znaczną redukcję ilości danych (często także ich wymiarowości, np. gdy obraz dwuwymiarowy przetworzony zostaje do postaci prostszych ciągów jednowymiarowych).
5. **Porównanie ze wzorcem** – etap ten w wielu implementacjach intensywnie korzysta z algorytmów sztucznej inteligencji (np. sieci neuronowych – **rysunek 4**), gdyż dopiero na tym poziomie zadaniem algorytmu jest określenie stopnia podobieństwa danych do zapamiętanego (nauczonego) wzorca. Oczywista przewaga metod AI nad sztywnymi algorytmami proceduralnymi polega bowiem właśnie na zdolności tych pierwszych do podejmowania pewnych uogólnień, niezbędnych w aplikacjach pracujących z rzeczywistymi – a więc nierzadko silnie zakłóconymi – informacjami wejściowymi.

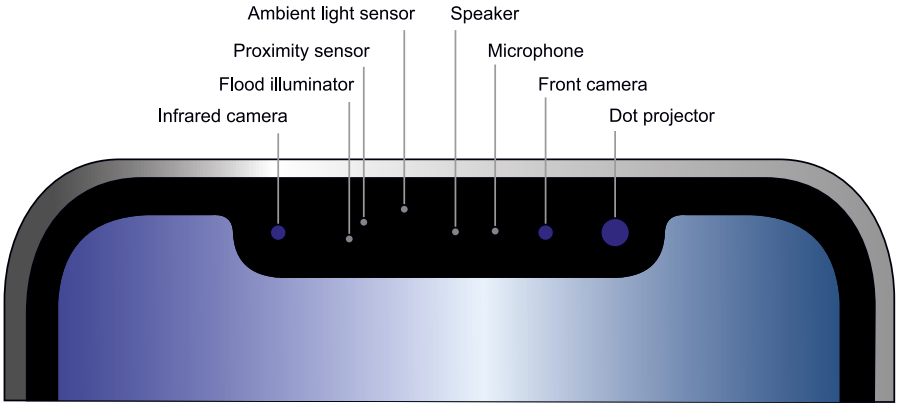
Analiza kształtu twarzy

Interesującym przykładem metody obrazowania biometrycznego, która w pewnym zakresie trafiła pod strzechy, jest identyfikacja na podstawie kształtu twarzy. Podobnie jak w przypadku opisanego wcześniej rozpoznawania cech tęczówki, także tutaj mamy do czynienia z porównywaniem określonego zbioru cech, wyekstrahowanych na podstawie obrazu pobranego z kamery. Typowe techniki identyfikacji twarzy opierają się na analizie zbioru punktów, wyznaczonych na podstawie modelu anatomii – poszukiwane mogą być punkty odpowiadające obrysowi twarzy, nosa i ust, położeniu oczu, itd. Przykład został pokazany na **fotografii 2**.

Prawdopodobnie jednym z popularniejszych zastosowań metod identyfikacji biometrycznej na podstawie obrazu twarzy będzie funkcja FaceID, służąca do odblokowywania najnowszych telefonów z serii iPhone poprzez skan twarzy. Co ciekawe, funkcja ta wykorzystuje już nie zwyczajną kamerę, ale… niezwykle złożony system

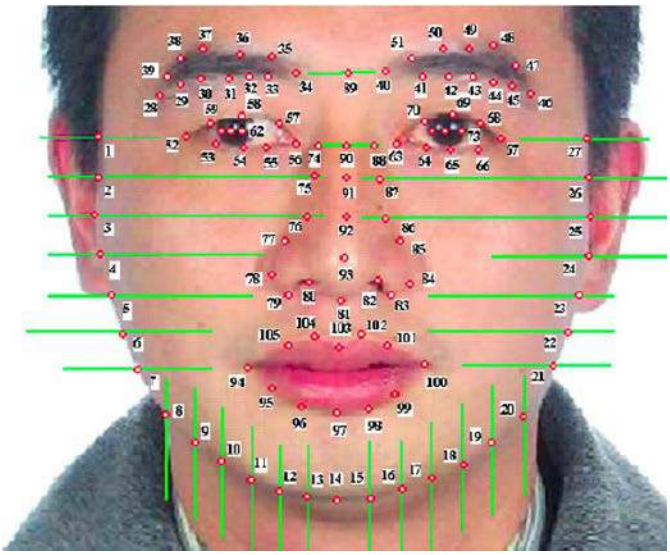


Rysunek 4. Schematyczne przedstawienie sztucznej sieci neuronowej. Dane z warstwy wejściowej (input layer) są przetwarzane równolegle przez kolejne warstwy ukryte (hidden layers), aby na końcowym etapie otrzymać zestaw danych o zredukowanym rozmiarze, dopasowanych według wzorca zapamiętanego przez wagi poszczególnych połączeń neuronów (węzłów) sieci

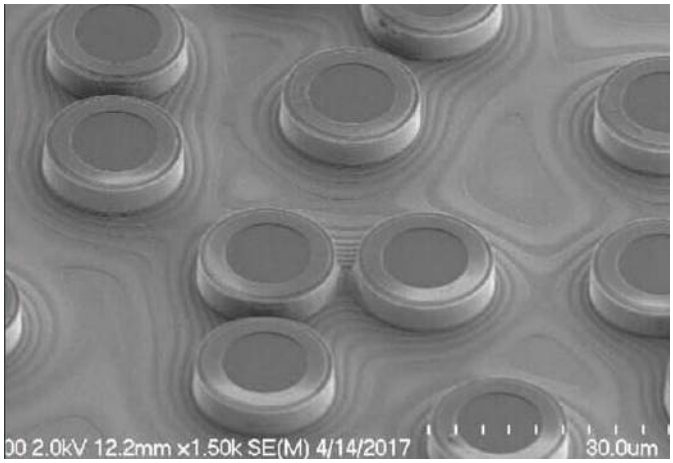


Rysunek 5. Rozmieszczenie elementów frontowych w telefonach iPhohe najnowszej generacji. System skanowania twarzy FaceID korzysta z kamery (infrared camera), oświetlacza (flood illuminator) oraz projektora światła strukturalnego (dot projector)

eprasa.pl 1ed9207c33



Fotografia 2. Przykład rozmieszczenia punktów tworzących zbiór cech poddawanych analizie w aplikacjach biometrycznego rozpoznawania twarzy, źródło: https://tinyurl.com/2z9rbb73



Fotografia 3. Mikrofotografia przykładowej struktury wielopunktowego lasera typu VCSEL (Vertical-cavity surface-emitting lasers), stanowiącego bazową technologię do budowy mikroprojektorów światła strukturalnego

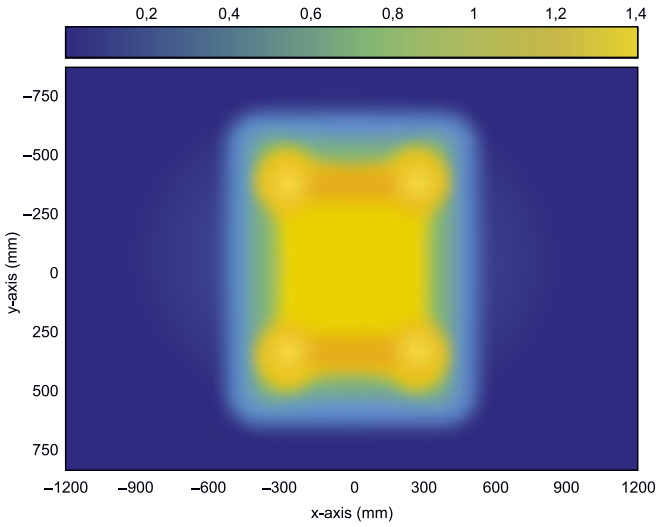
Fotografia 4. Porównanie rozmiaru oświetlacza typu flood illuminator (MERANO PD marki AMS) ze standardowym rezystorem przewlekanym

mikroskopijnej optyki, korzystający z najnowocześniejszych technologii optoelektronicznych (**rysunek 5**). Zestaw tego typu składa się z kamery podczerwieni, projektora zdolnego do generowania światła strukturalnego (matrycy kilkudziesięciu tysięcy kropek – **fotografia 3**) oraz specjalnego oświetlacza, zwanego *flood illuminator*, którego celem jest pokrycie obrazowanego obszaru możliwie jednorodnym światłem podczerwonym przez matrycową kompensację jasności poszczególnych punktów (**rysunek 6** i **fotografia 4**).

Analiza topologii układu naczyniowego

O ile obrazowe metody identyfikacji, polegające na badaniu kształtu twarzy bądź dłoni na podstawie zwykłego zdjęcia wydają się (przynajmniej w podstawowych założeniach) dość oczywiste (wszak to właśnie twarz stanowi naturalną wizytówkę człowieka w społeczeństwie), o tyle warto zwrócić szczególną uwagę na inną grupę technik biometrycznych, wymagającą nie tylko zaawansowanych algorytmów, ale także dość szczególnego osprzętu.

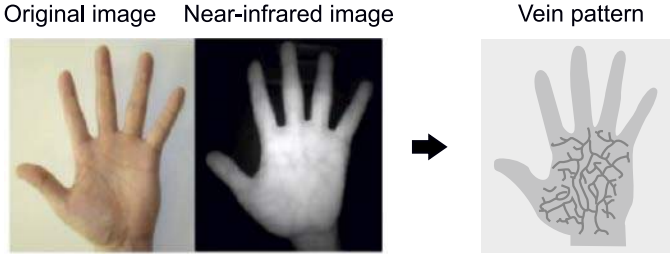
Układ naczyniowy człowieka, rozpatrywany na poziomie makroskopowym, czyli w zakresie relatywnie dużych naczyń (od głównych pni tętniczych i żył głównych, aż po mniejsze naczynia obwodowe widoczne gołym okiem) cechuje się dużą zmiennością osobniczą. Co ciekawe, wbrew pozorom i potocznym opiniom, zmienność ta występuje nie tylko na poziomie układu żylnego (choć istotnie jest zdecydowanie większa niż w przypadku układu tętniczego); nawet w obrębie samego tylko łuku aorty odejścia dużych tętnic wykazują aż kilkanaście (!) odmian, znanych anatomom i chirurgom naczyniowym. O ile jednak wykorzystanie anatomii wielkich pni tętniczych do identyfikacji biometrycznej jest pozbawione sensu i niemożliwe, o tyle inżynierowie zajmujący się zabezpieczeniami elektronicznymi z powodzeniem wykorzystują inne obszary układu naczyniowego, co ważne – dostępne z zewnątrz w sposób całkowicie nieinwazyjny i wygodny dla użytkowników.



Rysunek 6. Rozkład względnego natężenia światła na planarnym obszarze obrazowania, uzyskany za pomocą oświetlacza typu flood illuminator (na przykładzie modelu MERANO PD marki AMS)

Obrazowanie żył powierzchownych

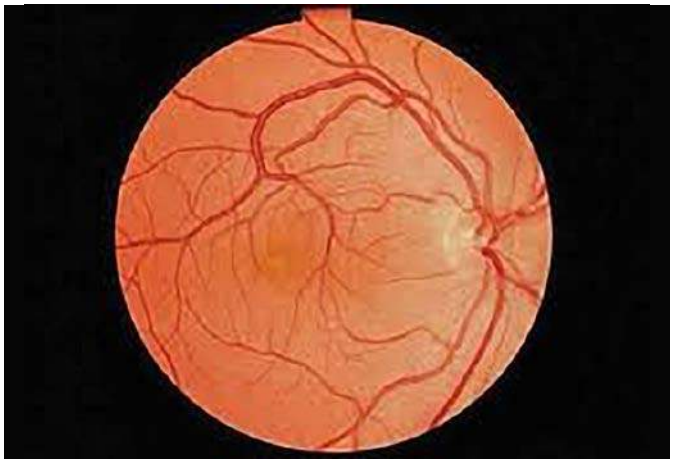
Zastosowanie podstawowych zjawisk interakcji promieniowania podczerwonego z tkankami człowieka pozwala na nieinwazyjne, a nawet bezdotykowe rozpoznawanie struktury żył, położonych relatywnie płytko pod powierzchnią naskórka. Firma iDentyTech wdrożyła pierwszy na świecie bezkontaktowy system autoryzacji, składający się z kamery czułej na światło widzialne oraz oświetlacza IR. Urządzenie oświetla powierzchnię dłoni (wewnętrzną stronę ręki) wiązką podczerwieni, a relatywnie wysoki poziom absorpcji tej części pasma



Fotografia 5. Oświetlenie powierzchni dłoniowej ręki człowieka światłem podczerwonym pozwala wyekstrahować z obrazu sieć unaczynienia powierzchownego w celu dalszej analizy numerycznej

eprasa.pl 1ed9207c33

Fotografia 6. Bezdotykowy, biometryczny skaner unaczynienia marki iDentyTech, źródło: https://identytech.com/palm-vein-recognition



Fotografia 8. Przykładowy obraz naczyń siatkówki oka, wykorzystywany do identyfikacji biometrycznej

optycznego przez krew żylną sprawia, że naczynia są widoczne w obrazie jako ciemne pasma na tle dość jasnego otoczenia, jakie stanowi powierzchnia skóry (**fotografie 5** i **6**). To samo zjawisko jest stosowane w połączeniu z miniaturowym projektorem laserowym, także w zdobywających coraz większą popularność skanerach (lokalizatorach) żył, stosowanych do poszukiwania najlepszego miejsca dla wykonania procedur medycznych wymagających nakłucia żył u pacjentów z tzw. trudną anatomią (**fotografia 7**).

Obrazowanie siatkówki oka

Inną techniką biometryczną, często myloną z opisanym wcześniej rozpoznawaniem wzoru tęczówki, a korzystającą ze zmienności osobniczej układu naczyniowego, jest skanowanie siatkówki oka (*retinal scan*). Ściślej rzecz ujmując, obrazowaniu podlega sieć cienkich naczyń, które widoczne są doskonale po oświetleniu dna oka przez jego źrenicę – dokładnie tak, jak podczas konwencjonalnego obrazowania oka w badaniu okulistycznym (**fotografia 8**). Metoda ta okazuje się kosztowna i wymagająca pod względem technicznym, z uwagi na konieczność zastosowania obiektywu o silnym powiększeniu i odpowiedniego (bezpiecznego) oświetlacza. Ogromną zaletą metody jest natomiast jej niezawodność i odporność na oszukanie przez osoby niepowołane, stąd wymienia się ją wśród technik przeznaczonych do najwyższej klasy zastosowań (np. wojskowych systemów identyfikacji osób).

Skanowanie 3D naczyń krwionośnych palca

Identyfikacja biometryczna wykracza już poza obszar metod dwuwymiarowych, a najlepszym przykładem będzie tutaj jedna z najnowocześniejszych i najbardziej złożonych technologicznie technik, bazująca na trójwymiarowej tomografii fotoakustycznej (**fotografia 9**). Metoda opiera się na skanowaniu badanego obszaru ciała (w tym przypadku palca) modulowaną wiązką lasera, co powoduje delikatne, lokalne podgrzewanie tkanek w rytm przebiegu modulującego. Termoelastyczne właściwości tkanek powodują generowanie fal ultradźwiękowych, wykrywanych następnie przez czułe detektory akustyczne. Technika jest kosztowna i trudna w realizacji, ale wykazuje istotne zalety – redukuje błędy związane ze zróżnicowaniem położenia palca w obszarze detekcji, korzysta z niewidocznych z zewnątrz i niemożliwych do sfałszowania cech anatomicznych, a dodatkowo pozwala powstrzymać próby oszukania systemu za pomocą palca pozbawionego przepływu krwi, czyli – najprościej rzecz ujmując – amputowanego ofierze, pod którą podszywa się przestępca.

Fotografia 7. Lokalizator żył wykorzystujący technikę obrazowania IR analogiczną do tej, z której korzystają niektóre systemy identyfikacji biometrycznej, źródło: https://bit.ly/3rd6AoZ

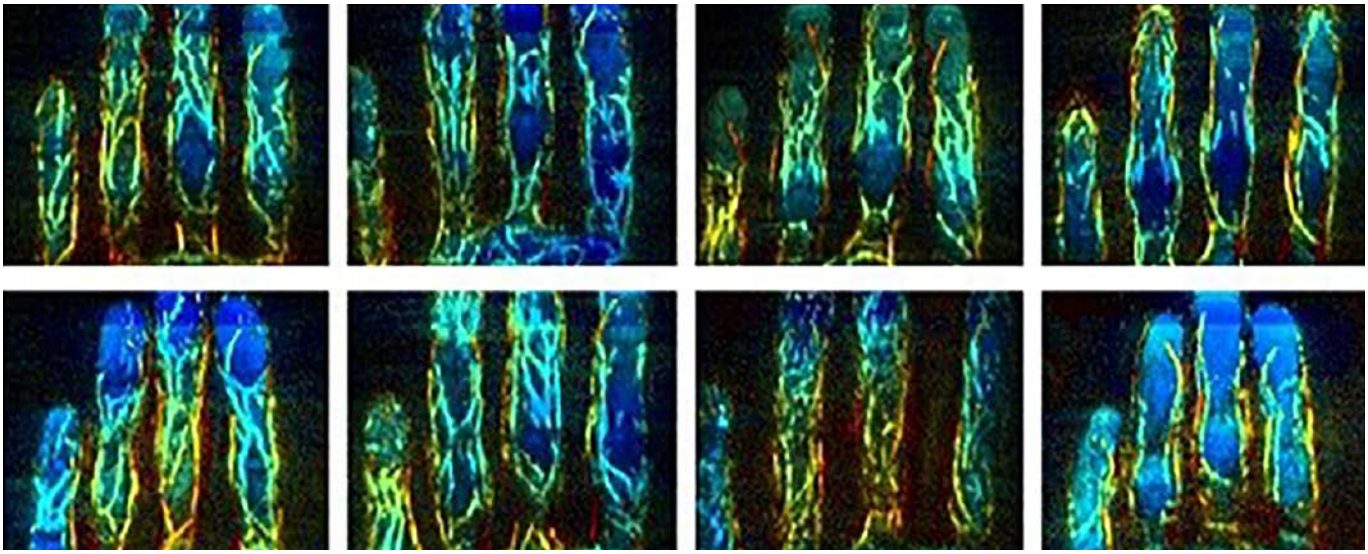
Analiza odcisków palców

Na koniec opisu metod biometrycznych pozostawiliśmy najszerzej stosowaną, najtańszą i jedną z najstarszych technik identyfikacji osób – analizę odcisku palca. Metoda ta różni się od wszystkich zaprezentowanych wcześniej technik także stopniem złożoności obliczeniowej. O ile analiza obrazu – naczyń siatkówki lub palca, kształtu twarzy bądź jej elementów, wymaga dużej mocy obliczeniowej i jest praktycznie niewykonalna przy użyciu małego mikrokontrolera, o tyle odcisk palca może być oceniany nawet przez niewielki procesor ARM.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że systemy bazujące na odciskach palców nie należą do grupy najmocniejszych zabezpieczeń biometrycznych. Ich sfałszowanie może być realne przy użyciu pewnych środków technicznych, pozwalających na odtworzenie dokładnego modelu linii papilarnych w postaci swego rodzaju precyzyjnej pieczęci. Pomimo to skanery odcisków weszły do kanonu zabezpieczeń w różnych gałęziach elektroniki (w tym także konsumenckiej), gdyż i tak stanowią o wiele bardziej niezawodne rozwiązanie niż konwencjonalne loginy, hasła czy numery PIN. Warto przy tej okazji zwrócić uwagę na fakt, że w aplikacjach dostępnych dla zwykłych śmiertelników wzór linii papilarnych jest zwykle zabezpieczeniem o poziomie niezawodności w zupełności wystarczającym.

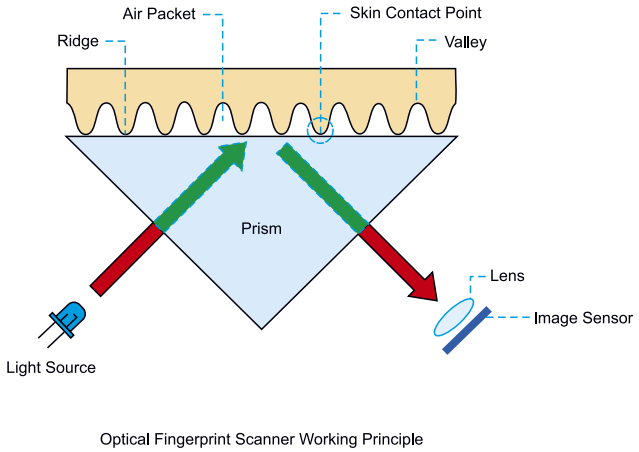
Obecnie dostępne techniki skanowania odcisków palców opierają się na czterech podstawowych topologiach sprzętowych – różnice polegają jedynie na sposobie akwizycji obrazu linii papilarnych, gdyż późniejsza jego analiza opiera się na bliźniaczych metodach i założeniach. Opisane dalej wersje czujników obejmują sensory działające statycznie (tj. po jednokrotnym przyłożeniu badanego palca na krótki czas) – warto jednak pamiętać, że na analogicznych technikach oparte zostały także czujniki dynamiczne, tj. wymagające przesunięcia palcem po niewielkim liniale pomiarowym (tego typu czujniki są szczególnie popularne w laptopach), a docelowym efektem działania wszystkich wspomnianych metod jest uzyskanie obrazu, poddawanego dalszemu przetwarzaniu metodami DSP.

eprasa.pl 1ed9207c33



Fotografia 9. Różnorodne skany 3D naczyń palców uzyskane za pomocą wysokorozdzielczej tomografii fotoakustycznej

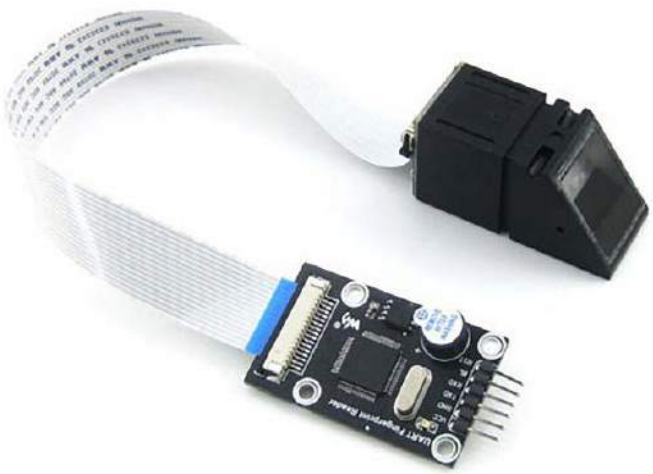
Czujniki optyczne – w swojej podstawowej wersji wykorzystują niewielką kamerę i oświetlacz, które są połączone za pomocą pryzmatu w jeden tor optyczny. Pozwalają na akwizycję obrazu całego wymaganego obszaru skóry palca za pomocą pojedynczego zdjęcia. Czujniki tego typu należą do najtańszych i są dostępne w postaci modułów, kompatybilnych z popularnymi platformami systemów wbudowanych (w tym Arduino czy Raspberry Pi). Wizualną cechę rozpoznawczą większości sensorów optycznych tego typu stanowi charakterystyczny, wydłużony kształt z pryzmatycznie pochyloną powierzchnią frontową (**rysunek 7**).



Rysunek 7. Schemat funkcjonalny klasycznego, optycznego skanera linii papilarnych

Za wzór gotowego systemu, dostępnego w handlu detalicznym, może posłużyć moduł Waveshare 8552 (**fotografia 10**), składający się z zespołu czujnika optycznego oraz połączonego z nim za pomocą taśmy FPC modułu, bazującego na mikrokontrolerze STM32F205 i odpowiadającego za przetwarzanie sygnałów pozyskanych z kamery. Do dyspozycji użytkownika jest interfejs UART, za pośrednictwem którego możliwy staje się dostęp zarówno do ID zapamiętanego wcześniej użytkownika, jak i do obrazu uzyskanego z kamery, a nawet… zestawu wyekstrahowanych przez algorytm cech. Bardziej zaawansowane wersje czujników radzą sobie nawet z odróżnianiem sfałszowanego fantomu od oryginalnego, żywego palca – przykładem takiego rozwiązania może być czujnik SFM5000 marki Suprema (**fotografia 11**), który dzięki obecności wydajnego procesora potrafi porównywać pozyskany z kamery obraz ze wzorcem z zawrotną prędkością 5000 wzorców/sekundę. Warto wspomnieć, że czujnik jest zgodny z normą ISO19794-2, określającą formaty danych stosowane do zapisu informacji o anatomicznych szczegółach odcisków palca.

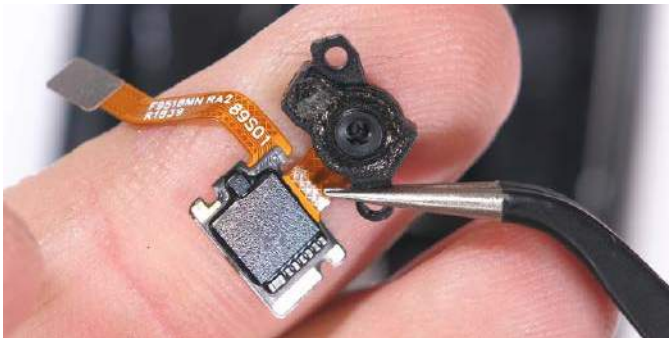
Nowsze wersje skanerów wykorzystują natomiast czujniki zintegrowane z matrycą OLED (AMOLED) – technologia określana jako *in-display-camera* lub *in-display sensor* pozwala bowiem na oglądanie obrazu linii papilarnych przez kamerę umieszczoną tuż pod powierzchnią samego ekranu (**fotografia 12**). Co więcej, w tej odmianie techniki optycznej rolę oświetlacza przejmują… zielone piksele matrycy wyświetlacza, umieszczone w obszarze nad kamerą



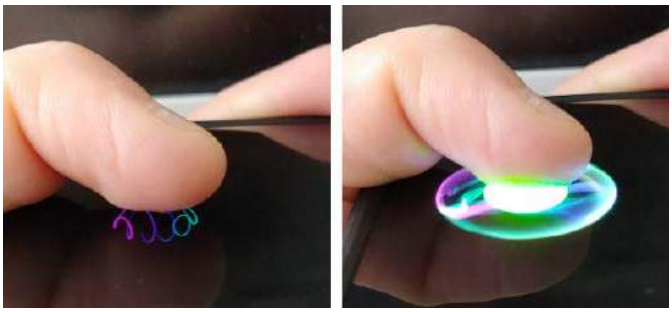
Fotografia 10. Moduł OEM z optycznym czytnikiem linii papilarnych marki Waveshare

Fotografia 11. Zaawansowany moduł skanera linii papilarnych marki Suprema, zgodny z normą ISO19794-2

eprasa.pl 1ed9207c33



Fotografia 12. Mikrokamera ukryta pod ekranem AMOLED smartfona OnePlus 6T



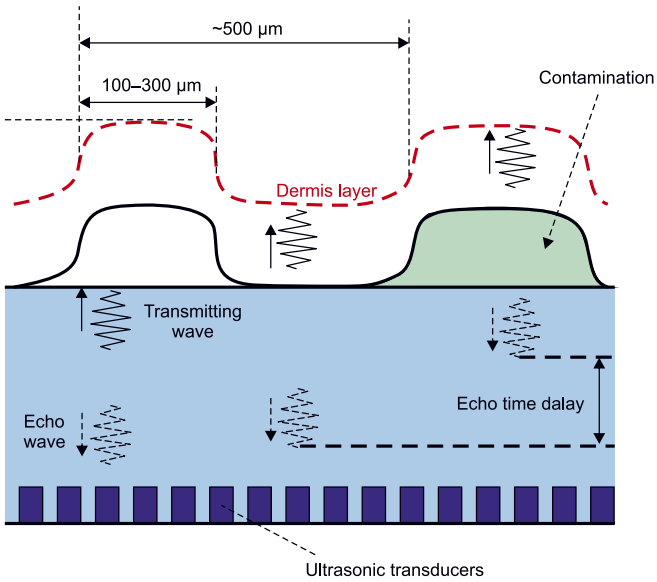
Fotografia 13. Działanie skanera biometrycznego w telefonie LG Velvet. Po lewej – znak zachęty w postaci delikatnej animacji, wyświetlanej nad czujnikiem optycznym. Po prawej – silne, zielone światło generowane przez piksele po dotknięciu ekranu oświetla powierzchnię palca, umożliwiając akwizycję obrazu wbudowanej kamerze, znajdującej się pod ekranem

(**fotografia 13**). Takie rozwiązanie pozwala na ukrycie sensora obrazu w sposób całkowicie niewidoczny dla użytkownika i to bez degradacji jakości obrazu prezentowanego przez wyświetlacz w rejonie samej kamery.

Dość istotną wadą najprostszych sensorów optycznych jest ich podatność na złamanie zabezpieczenia za pomocą… dokładnego obrazu (lub tzw. protezy) palca ofiary, który – zaprezentowany kamerze, pozostaje dla niej niemożliwy do odróżnienia od oryginalnych linii papilarnych. Dlatego też uwaga konstruktorów została w międzyczasie przekierowana na rozwiązania hybrydowe (pojemnościowo-optyczne), pozwalające na stwierdzenie, czy obserwowany przez kamerę obraz rzeczywiście przedstawia palec identyfikowanej osoby, czy też jego podróbkę.

Czujniki pojemnościowe – bazują na półprzewodnikowej matrycy mikroskopijnych elektrod, działających podobnie do klasycznych sensorów dotykowych. Mikrometrowe różnice odległości pomiędzy zagłębieniami i fałdami skóry a powierzchnią czujnika są wykrywane dzięki różnicom pojemności wypadkowej poszczególnych

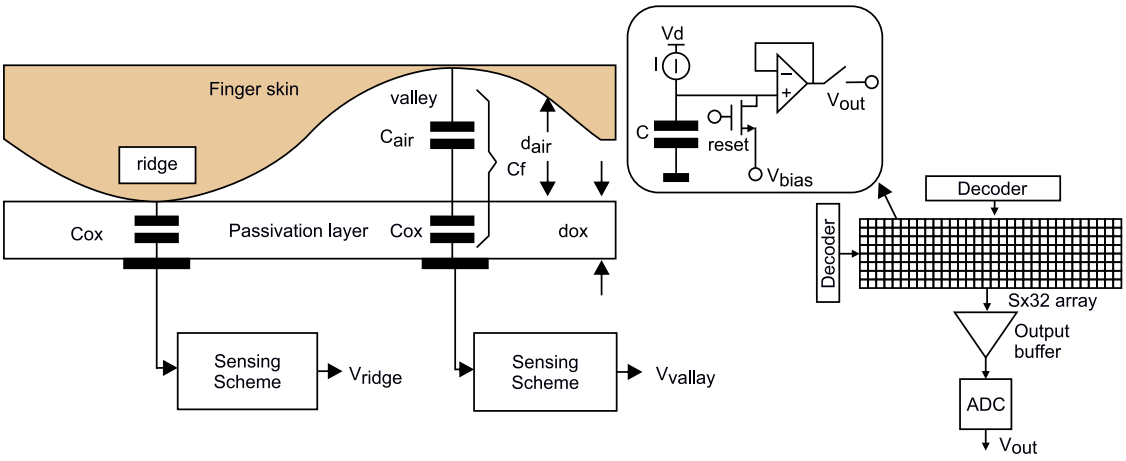
Fotografia 14. Moduł pojemnościowego skanera odcisków palca OEM – rozwiązanie opracowane przez firmę Seeedstudio



Rysunek 9. Zasada działania ultradźwiękowego skanera odcisków palców

komórek matrycy (**rysunek 8**). Do zalet tego typu sensorów należą: stosunkowo niski koszt wytworzenia i dobra odporność na próby fałszerstw, a także małe wymiary czujników – często spotykanych jako niskoprofilowe moduły, łatwe do zamontowania w większości urządzeń. Najistotniejszą wadą rozwiązań pojemnościowych jest, jak to zwykle bywa w przypadku wszelkiego rodzaju czujników i ekranów tego typu, mała odporność na wilgoć, co sprawia, że czujniki pojemnościowe nierzadko nie radzą sobie np. z palcami pokrytymi potem.

Przykładem gotowego rozwiązania OEM z tej kategorii jest moduł marki Seeedstudio, wyposażony w okrągły sensor pojemnościowy o średnicy 14,9 mm i rozdzielczości 160×160 px (**fotografia 14**). Co ciekawe, modułowi wystarczy wbudowana pamięć nieulotna 2 kB do przechowywania danych aż 100 wzorów odcisku palca. Jest to najlepszy dowód na to, jak efektywna pod względem zasobów



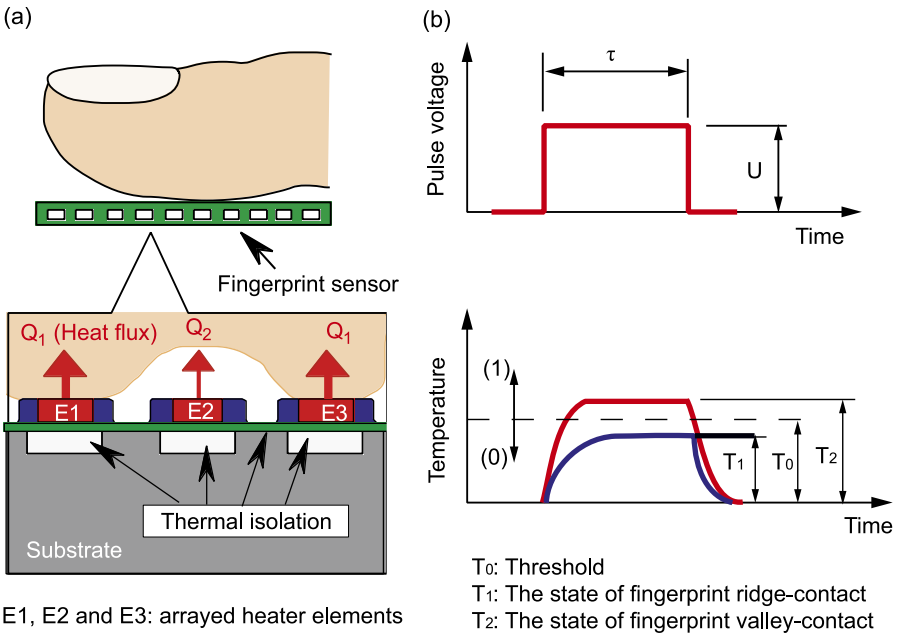
Rysunek 8. Konstrukcja typowego, pojemnościowego skanera odcisków palca

eprasa.pl 1ed9207c33

sprzętowych może okazać się algorytmiczna redukcja ilości danych biometrycznych, dokonana dzięki ekstrakcji cech do postaci numerycznej.

Czujniki ultradźwiękowe – bazują na zjawisku odbicia (echa) wiązek ultradźwięków, generowanych przez matrycę miniaturowych przetworników i wysyłanych do powierzchni czujnika w kierunku prostopadłym do powierzchni elementu, za którym ukryty jest sensor – np. ekranu smartfona (**rysunek 9**). Z tego też względu czujniki ultradźwiękowe należą do klasy rozwiązań typu in-display sensor i co ciekawe, w mediach pojawiają się już doniesienia o zastosowaniu tej nowoczesnej technologii w komercyjnie dostępnych urządzeniach mobilnych.

Czujniki termiczne – podobnie jak czujniki ultradźwiękowe i pojemnościowe, także bazują na matrycy mikrosensorów, które jednak w tym przypadku mają postać miniaturowych grzałek (**rysunek 10**). Im lepszy kontakt ma dana grzałka z obszarem skóry, tym niższą osiąga temperaturę, co pozwala na stworzenie mapy termicznej analizowanego obszaru. Czujniki termiczne nie zdobyły jak na razie popularności porównywalnej z ich optycznymi i pojemnościowymi odpowiednikami.



Rysunek 10. Zasada działania termicznego skanera odcisków palców

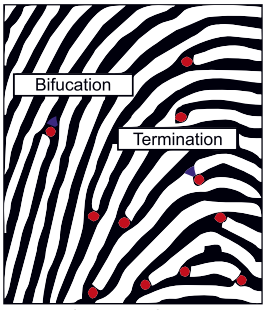
Parametry analizowane przez skanery odcisków palców

W przypadku odcisków palców najważniejszym zbiorem cech podlegających analizie porównawczej są pewne charakterystyczne kształty i zespoły linii papilarnych, które w nomenklaturze biometrycznej zyskały nawet swoje nazwy (**rysunek 11**):

- **arch** – linie papilarne układają się w formę koncentrycznych łuków o dość dużym kącie rozwarcia,
- **loop** – linie tworzą otwarte pętle, jednak wolne końce poszczególnych linii zbiegają się w tym samym obszarze,
- **whorl** – linie papilarne układają się w kształt wiru,
- **core** – można go rozpatrywać jako „środek" wzoru w przypadku wszystkich trzech powyższych topologii,
- **delta** – stanowi rozwidlenie linii w kształcie „trójnika".

Dodatkowo czujniki wyższej rozdzielczości mogą wykorzystywać położenie porów skóry, rozmiaru wzoru, a nawet mikroblizn, jednak te detale można uznać jedynie za dodatek do zbioru cech, w którym i tak główną rolę odgrywają najbardziej widoczne elementy wyszczególnione w powyższej liście. Jeżeli do dyspozycji programisty są obrazy o relatywnie wysokiej rozdzielczości, możliwe jest także charakteryzowanie odcisków na podstawie zakończeń (termination) poszczególnych linii oraz ich rozwidleń (bifurcation) – przykład został pokazany na **rysunku 12**.

Rysunek 11. Podstawowe topologie linii papilarnych



Rysunek 12. Drobne szczegóły linii papilarnych, które mogą być poddawane analizie w przypadku obrazów wysokiej rozdzielczości

Podsumowanie

Biometryczne metody identyfikacji osób przeżywają obecnie intensywny rozkwit. Źródeł tej ekspansji należy poszukiwać zarówno w rosnącym trendzie do upraszczania oraz uprzyjemniania obsługi urządzeń konsumenckich, jak i w znacznym wzroście popularności usług internetowych i aplikacji mobilnych, które wymagają wysokiego poziomu bezpieczeństwa teleinformatycznego (aplikacje bankowe, e-dowody osobiste, dane medyczne, itd.). Niezależnie od przyczyn tego stanu rzeczy, jedno jest pewne – biometria stała się faktem i nieodwracalnie wkroczyła w nasze życie codzienne, pomimo licznych wątpliwości związanych z ograniczeniami prywatności jednostek przez wszechobecną technologię. Czy należy obawiać się negatywnych skutków rozwoju technik identyfikacji i skanowania twarzy bądź odcisków palców? Odpowiedź na to pytanie pozostawiamy Czytelnikom, jak zawsze jednak warto pamiętać o zdrowym rozsądku i stratyfikacji ryzyka w świetle korzyści, jakie może przynieść nowoczesna technologia biometryczna.

inż. Przemysław Musz, EP

Chcesz czytać nasze najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP?
Zajrzyj na www.ep.com.pl/EPwtoku

eprasa.pl 1ed9207c33

Automatyczny dyspenser karmy

Wakacje to okres, gdy często wyjeżdżamy z domu na dłuższy czas. Jeśli nie mamy nikogo, kto może zająć się naszymi zwierzętami domowymi w pełnym zakresie godzin, to automatyczny karmnik może być idealnym rozwiązaniem, aby nasz pupil bezpiecznie czekał do naszego powrotu.

Automatyczne dyspensery do karmy dla zwierząt, które wydają im w określonych momentach pewną ilość karmy, to nic nowego. Tego rodzaju urządzenia dostępne są komercyjnie na rynku już od dłuższego czasu. To świetne rozwiązanie dla zapracowanych właścicieli zwierząt domowych. W poniższym projekcie prezentujemy modyfikację klasycznego dozownika karmy. Ten zaprezentowany w tym artykule sterowany jest przez Twittera – karmnik automatycznie dozuje jedzenie w odpowiedzi na aktywność na skojarzonym koncie na Twitterze. Projekt jest kontrolowany przez Arduino i wykorzystuje moduł (shield) Arduino Ethernet do odbierania danych z Twittera.

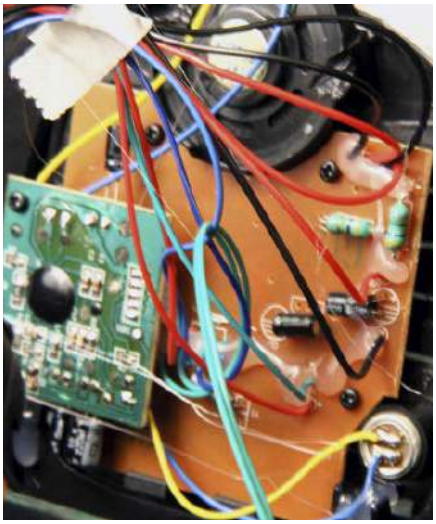
Potrzebne elementy

W pierwszej kolejności potrzebny będzie elektroniczny karmnik. Wystarczy każdy, który pozwala na elektryczne sterowanie dozownikiem karmy. Autor zastosował prosty dozownik, który sterowany jest za pomocą przycisków. Jedynym problemem, jaki pozostał do rozwiązania, było naciskanie przycisków. Zostało to zrealizowane za pomocą fotorezystorów.

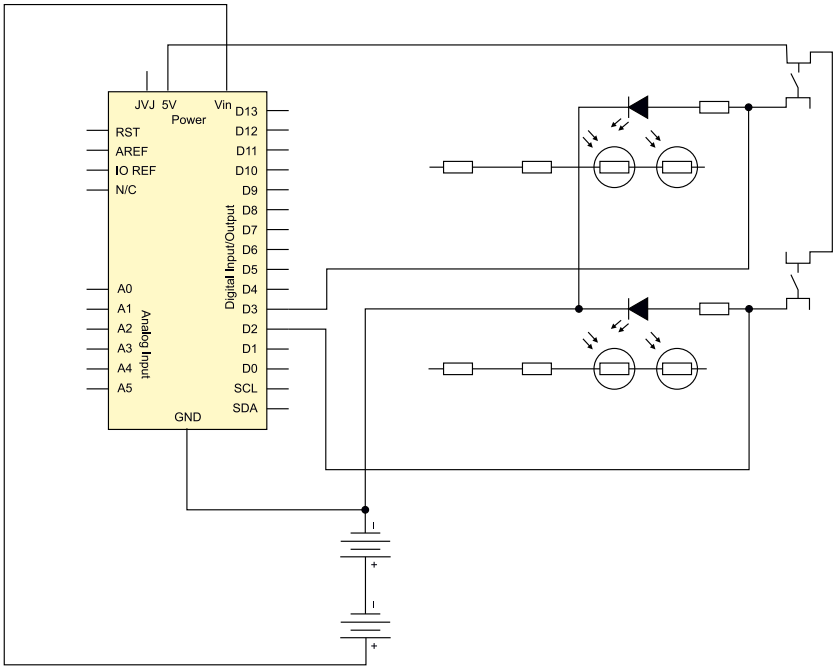
Do zestawienia prostego układu, sterującego dwoma przyciskami dyspensera, potrzebne będą:

- cztery fotooporniki CdS lub podobne, o rezystancji odwrotnie proporcjonalnej do natężenia oświetlenia,
- dwa oporniki 10 kΩ oraz dwa oporniki 4,7 kΩ,
- dwie superjasne białe diody elektroluminescencyjne,
- oporniki do ograniczenia prądu diod LED,
- dwa microswitche.

eprasa.pl 1ed9207c33



Fotografia 1. Elektronika w dyspenserze karmy



Rysunek 1. Schemat elektryczny układu sterującego

Aby obliczyć wartość rezystancji opornika, ograniczającego prąd diod LED, musimy znać dwa parametry diod LED – prąd pracy oraz spadek napięcia. Dla użytych przez autora białych diod parametry te wynoszą odpowiednio, 30 mA oraz 3,6 V. Aby obliczyć wartość rezystora, korzystamy ze wzoru:

$$R = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

Gdzie VCC to napięcie zasilania (w naszym przypadku 5 V), V_{LED} to spadek napięcia na diodzie (3,6 V), a I_{LED} to prąd diody, jaki chcemy ustawić w naszym systemie (30 mA). Zatem (5 V–3,6 V)/(0,03)≈47 Ω. Zaokrąglając wartość opornika do najbliższej z szeregu (na ogół E24 – ±5%), warto zaokrąglać w górę, aby nie przekroczyć zadanego prądu, co mogłoby doprowadzić do uszkodzenia diody LED.

Oprócz powyższych elementów potrzebne będą jeszcze:

- moduł Arduino UNO lub inny, kompatybilny moduł z mikrokontrolerem,
- płytka Arduino Shield,
- płytka uniwersalna,
- goldpiny,
- baterie lub zasilacz 5 V do zasilania Arduino, diod LED itd.

Jeśli chodzi o narzędzia, potrzebne będą lutownica do wykonania połączeń poszczególnych elementów oraz wiertarka do wykonania przeróbek w obudowie i elektronice dyspensera do karmy.

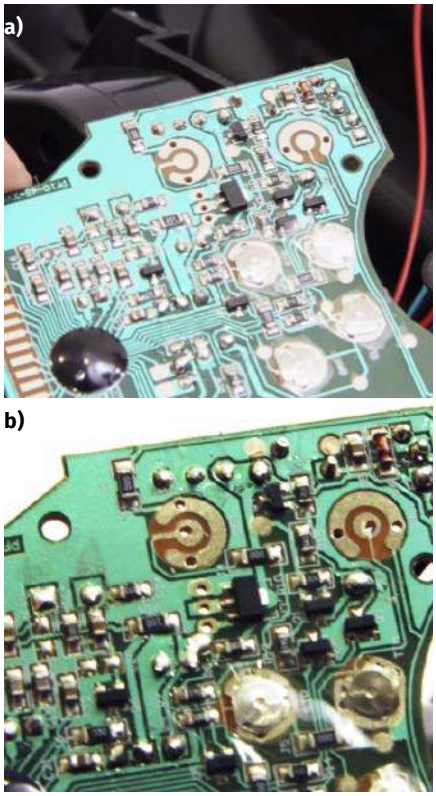
Adaptacja komercyjnego dozownika karmy

Autor konstrukcji do swojego projektu wybrał niedrogi dyspenser, który zakupił przez internet, pokazany na fotografii tytułowej. Najpierw należy dostać się do jego wnętrza. Model ten otwiera się po odkręceniu ośmiu śrub z podstawy karmnika i ostrożnym uniesieniu dolnego panelu dyspensera. Podczas zdejmowania dolnego panelu trzeba uważać – w systemie znajduje się kilka przewodów, które na stałe łączą dolny panel z korpusem. Uważajcie, aby ich nie nadwerężać czy nie uszkodzić.

Następnie z systemu możemy odkręcić płytkę drukowaną z elektroniką, kontrolującą urządzenie. Należy wykręcić sześć małych śrubek z płytki sterującej. Jedna ze śrub jest ukryta pod małą płytką drukowaną na górze głównej płytki drukowanej. Elektronikę od strony tej małej płytki pokazano na **fotografii 1**. Po wykręceniu wszystkich śrub płytki powinno być możliwe łatwe zdjęcie plastikowej obudowy. Można teraz przystąpić do modyfikacji elektroniki.

Na **rysunku 1** został pokazany schemat elektryczny układu. Podajnik zastosowany w projekcie jest przeznaczony do ręcznego dozowania żywności, gdy przyciski „ustaw" i „objętość" są wciśnięte w tym samym czasie. Podłączając światłoczułe rezystory do tych przycisków, możliwe jest symulowanie zadziałania przycisku w bardzo prosty sposób. Gdy fotorezystory nie są wystawione na działanie światła, ich opór jest bardzo wysoki – tak właśnie jest w stanie domyślnym, ponieważ w obudowie urządzenia jest ciemno. Procesor w podajniku będzie uznawał, że przyciski nie są naciśnięte. Gdy poprzez Arduino zostanie zaświecona dioda LED w pobliżu fotorezystora, opór tego elementu zmniejszy się na tyle, aby procesor podajnika odczytał to jako naciśnięcie przycisku. Do diod LED dołączone są również dwa dodatkowe microswitche. Pozwalają one ręcznie włączać diody LED w celu testowania i debugowania systemu. Te przyciski nie są niezbędne w projekcie, ale są przydatne podczas pierwszego uruchamiania urządzenia.

Całość zasilana jest z baterii dozownika. Wykorzystuje on cztery baterie rozmiaru D (LR20) połączone szeregowo, co daje około 6 V, z których można zasilać Arduino i jego peryferia. Jeśli nie chcemy stosować dodatkowego zasilacza, może to być dostateczne źródło prądu.



Fotografia 2. Oryginalna płytka drukowana dyspensera karmy (a) i wykonane przeróbki (b)

Modyfikacja przycisków

Aby podłączyć się do przycisków sterujących dyspenserem, należy zlokalizować je na płytce drukowanej. Najprościej zrobić to, porównując rozkład przycisków na PCB

eprasa.pl 1ed9207c33

z podpisami na obudowie. Na przyciskach znajdują się drobne, metalowe blaszki, które pełnią funkcję przycisku, zwierającego ze sobą dwa pola pod naciskiem. Aby zmodyfikować urządzenie, należy w pierwszej kolejności usunąć te blaszki. Na **fotografii 2a** pokazano płytkę drukowaną urządzenia. W górnej części PCB widać pola lutownicze ze zdjętymi blaszkami. Każdy zewnętrzny pierścień pod przyciskiem ma wywiercone dwa otwory, w których osadzone są blaszki. W płytce drukowanej należy wywiercić dwa dodatkowe otwory – po jednym w każdym z wewnętrznych okrągłych pól przycisku, tak jak pokazano na **fotografii 2b**. Następnie do płytki należy przylutować cztery przewody tak, aby każdy z czterech odsłoniętych padów przycisków miał jeden przewód podłączony do niego. Teraz można płytkę zainstalować z powrotem na jej oryginalnym miejscu i podłączyć do Arduino.

Emulowane przyciski

W następnej kolejności należy budować emulator przycisków, wykorzystujący fotooporniki. W tym celu zastosowana zostanie płytka uniwersalna z wlutowanymi goldpinami, taka jak pokazano na **fotografii 3a**. Następnie zostaje ona umieszczona na module z Ethernetem (**fotografia 3b**). Płytka prototypowa zawiera obwody, które umożliwiają modułowi Arduino sterowanie przyciskami. Goldpiny połączone są do pinów 0...7 linii zasilania, analogowych i cyfrowych. Większość z nich nie jest wykorzystywana przez system i jest wlutowana tam tylko po to, aby ustabilizować płytkę uniwersalną na module sieciowym.

Następnie należy wlutować dwa oporniki ograniczające prąd diod LED – w naszym przypadku 47 Ω. Z jednej strony rezystory te łączymy z cyfrowymi wyjściami Arduino – 2 oraz 3. Następnie zaginamy diody LED i lutujemy je na płytce, łącząc ich anody z wcześniej wlutowanymi opornikami 47 Ω. Katody diod łączymy z masą obwodu. Diody LED muszą być zamontowane tak, jak pokazano na **fotografii 4**. Następnie należy zainstalować fotooporniki – po dwa, połączone szeregowo, na każdą diodę LED. Należy zainstalować je na płytce uniwersalnej naprzeciwko diod LED. Dodatkowo, do fotooporników dołączane są szeregowo rezystory 4,7 kΩ oraz 10 kΩ.

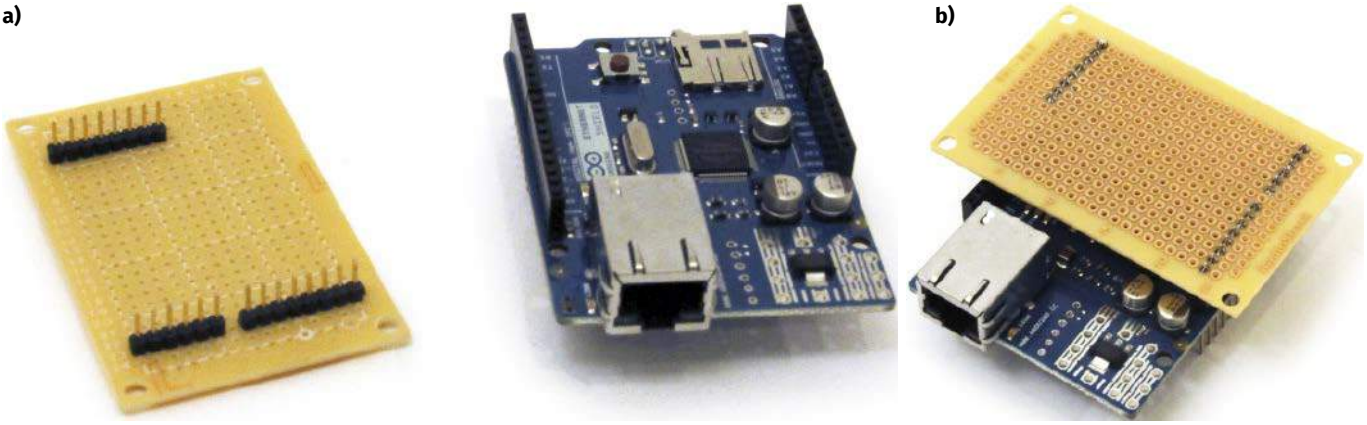
Teraz do płytki można dołączyć zasilanie z baterii w urządzeniu i finalnie przylutować przewody z przycisków na oryginalnej płytce dyspensera. Na tym etapie można zmontować

Listing 1. Oprogramowanie dyspensera sterowanego z Twittera

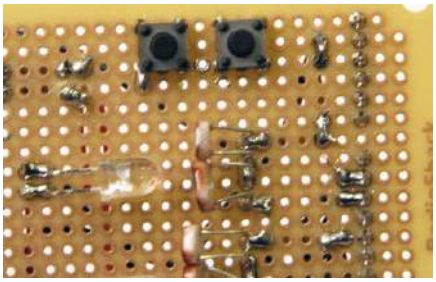
```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

boolean justFed = 1;                        //zmienna zapobiegająca przekarmieniu

byte mac[] = { 0x00, 0xAA, 0xBB, 0xCC, 0xDE, 0x01 };          // Adres MAC
IPAddress ip(190,298,34,132);              // Adres IP

EthernetClient client;                      // inicjalizacja biblioteki

const int requestInterval = 60000;          // opóźnienie pomiędzy zapytaniami
char serverName[] = "api.twitter.com";      // URL Twittera
boolean requested;                          // flaga zapytania
long lastAttemptTime = 0;                   // licznik czasu od ostatniego zapytania
String currentLine = "";                    // bufor dla linijki pobranej z serwera
String tweet = "";                          // bufor całego tweeta
boolean readingTweet = false;               // flaga czytania tweeta

void setup() {
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(3, OUTPUT);
  // rezerwacja pamięci dla buforów
  currentLine.reserve(256);
  tweet.reserve(150);
  Serial.begin(9600);                       // inicjalizacja portu szeregowego
  if (!Ethernet.begin(mac)) {               // próba inicjalizacji DHCP
    Ethernet.begin(mac, ip);                // stałe IP w przypadku niepowodzenia
  }
  connectToServer();                        // połączenie z serwerem Twittera
  testing();                                // autotest sprzętu
}

void loop() {
  if (justFed){
    if (client.connected()) {
      if (client.available()) {
        char inChar = client.read();        // odczytaj nadchodzące bity
        currentLine += inChar;              // dodaj odczytane bity do linii
        if (inChar == '\n') {               // nowa linia
          currentLine = "";
        }
    // jeśli linia kończy się tagiem <text>, dalej znajduje sę tweet
        if ( currentLine.endsWith("<text>")) {
          readingTweet = true;              // początek tweeta
          tweet = "";
        }
        // jeśli czytane są bity tweeta, dodawane są do bufora tweeta
        if (readingTweet) {
          if (inChar != '<') {
            tweet += inChar;
          }
          else {
            // znak "<" oznacza koniec tweeta
            readingTweet = false;
            Serial.println(tweet);
            if(tweet == ">feed me!"){
             digitalWrite(2, HIGH);
             digitalWrite(3, HIGH);
             Serial.println("LED ON!");
             delay(1000);                   // włącz na 1 sekundę
             digitalWrite(2, LOW);
             digitalWrite(3, LOW);
             justFed = 0;
            }
            if(tweet != ">feed me!"){
             digitalWrite(2, LOW);
             digitalWrite(3, LOW);
             Serial.println("LED OFF!");
            }
            client.stop();                  // zatrzymaj połączenie z serwerem
          }
        }
      }
    }
    else if (millis() - lastAttemptTime > requestInterval) { // cykliczne powtarzanie zapytania
      connectToServer();
    }
  }
  else if (millis() - lastAttemptTime > 14400000){     // jeżeli minęły 4 h od ostatniego karmienia
    justFed = 1;
  }
}

void testing(){
  digitalWrite(2, HIGH);
  digitalWrite(3, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(2, LOW);
  digitalWrite(3, LOW);
}

void connectToServer() {
  Serial.println("connecting to server...");   // spróbuj się połączyć i poczekaj 1 ms
  if (client.connect(serverName, 80)) {
    Serial.println("making HTTP request...");
  // zapytanie HTTP GET do serwera Twittera
    client.println("GET /1/statuses/user_timeline.xml?screen_name=nomnomnomfeeder&count=1 HTTP/1.1");
    client.println("HOST: api.twitter.com");
    client.println();
  }
  lastAttemptTime = millis();                  // zapisz czas wysłania zapytania
}
```


eprasa.pl 1ed9207c33

a) b)



Fotografia 3. Płytka uniwersalna emulatora przycisków (a), zamontowana do modułu z Ethernetem (b)



Fotografia 4. Płytka emulatora przycisków z wlutowanymi diodami LED i fotorezystorami

całość oraz wykonać otwory w obudowie do podłączenia kabla ethernetowego oraz USB do Arduino.

Firmware

Oprogramowanie będzie odczytywać dane przychodzące z Twittera, więc jeśli na wskazanym koncie (*nomnomnomfeeder*) pojawi się tweet „feed me!", Arduino zapali dwie diody LED podłączone do pinów 2 i 3 na 1 sekundę, powodując rozpoczęcie sekwencji dostarczania żywności. Kod programu pokazano na **listingu 1**. Program działa w dużej pętli, kontrolowanej flagą, która sygnalizuje, czy dyspenser wydał posiłek, czy nie.

Flaga jest zerowana co cztery godziny. Jeśli flaga pozwala na kolejne karmienie, system łączy się z Twitterem, pobiera nowego tweeta i parsuje go. Jeśli nie ma tweeta lub ma on inną treść niż ustalona, nie dzieje się nic, a system oczekuje przez ustalony czas (domyślnie 1 minuta), przed wysłaniem kolejnego zapytania.

Autor do kompilacji swojego firmware wykorzystał Arduino 1.0, ale nowsze wersje powinny równie dobrze działać. Firmware korzysta z dwóch bibliotek, które w wersji 1.0 są domyślnie zainstalowane:

- Ethernet (dla nakładki Ethernet),
- EthernetDHCP (do samodzielnej konfiguracji adresu IP, jeśli sieć korzysta z DHCP).

W kodzie trzeba dokonać dwóch edycji, zanim oprogramowanie będzie gotowe do użycia. Po pierwsze – należy wprowadzić adres IP urządzenia, który musi pasować do sieci, w jakiej pracować ma system, np.:

```
IPAddress ip(190,298,34,132);
```

Jeśli nie znamy adresu IP, jaki poprawnie pracować będzie w naszej sieci, to można skorzystać z funkcji DHCP. Wtedy router automatycznie nada numer IP modułowi po podłączeniu go do sieci.

Po drugie – należy również wprowadzić nazwę użytkownika swojego konta na Twitterze w następującym wierszu, zastępując NAZWA:

```
client.println("GET /1/statuses/
user_timeline.xml?screen_
name=NAZWA&count=1 HTTP/1.1");
```

Jedyne, co pozostało, to zaprogramować płytkę Arduino, podłączyć kabel sieciowy i napisać na Tweeterze ustalony wpis. Dyspenser powinien zareagować w czasie minuty lub mniej. Podajnik nie będzie odbierać kolejnych tweetów przez cztery godziny (aby zapobiec nadmiernemu karmieniu), w tym czasie wystarczy dodać kolejną wiadomość, aby zastąpić „feed me!" jako ostatnią wiadomość na koncie.

Podsumowanie

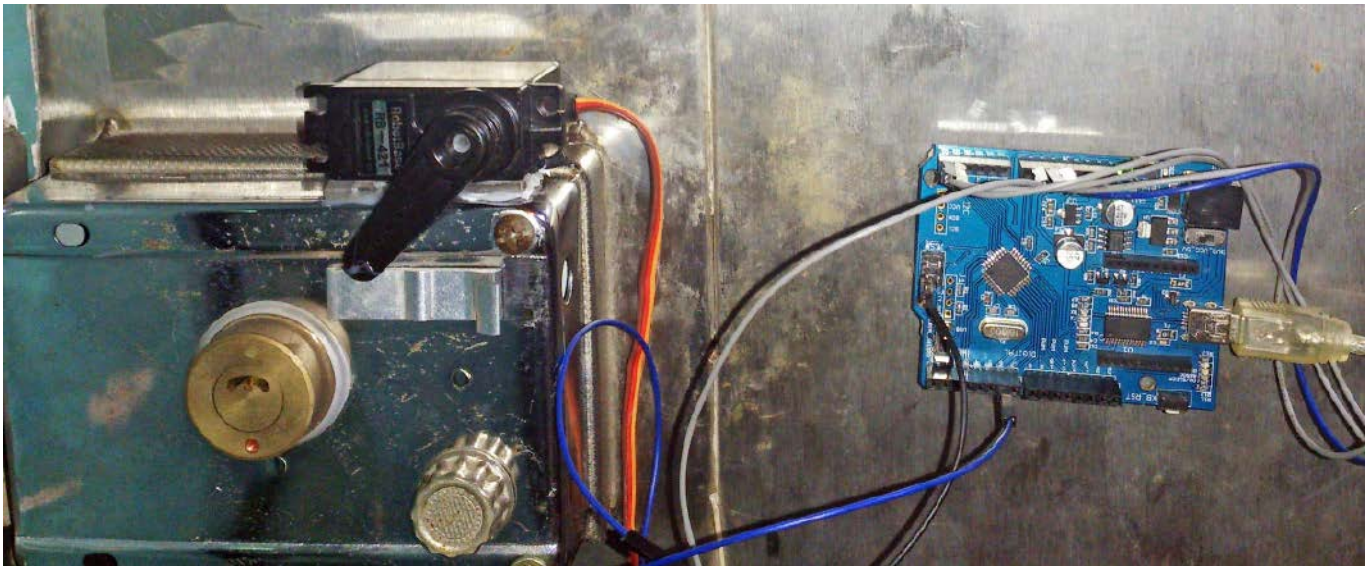
Urządzenie jest proste w montażu i obsłudze. Wystarczy podłączyć podajnik do internetu, założyć konto na Twitterze i tweetować hasło ustawione w oprogramowaniu. W ciągu minuty karmnik wyda karmę, a my możemy być spokojni o naszego pupila (**fotografia 5**). Bazując na oprogramowaniu pokazanym w tym projekcie, można sterować także wieloma innymi urządzeniami. Jest to doskonały przykład tego, jak w prosty sposób można automatyzować dowolne urządzenia elektroniczne, korzystając z darmowego portalu społecznościowego.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło:
https://bit.ly/3zJ6BE6
https://bit.ly/3BLNvPS
https://bit.ly/3zAIWFY

Fotografia 5. Końcowy test urządzenia zakończony pełnym sukcesem

eprasa.pl 1ed9207c33



Zamek z czytnikiem linii papilarnych

Pierwsze konstrukcje pełniące funkcje zamków – rygli, pochodzą z Asyrii, sprzed około sześciu tysięcy lat. Idea takiego wynalazku przetrwała do dzisiaj, jednak postęp technologiczny całkowicie ją przekształcił. Obecnie często używa się zamków elektronicznych, do których nie trzeba nawet klucza – wystarczy kod, odcisk palca czy zwykły uśmiech.

Zamki biometryczne, czyli takie, które potrafią odczytać pewne unikalne cechy naszego ciała i traktują je jako klucz, są znane już od dłuższego czasu. Najstarszymi i najpopularniejszymi z nich są zamki, które wykorzystują odcisk naszego palca. Każdy człowiek ma inny układ linii papilarnych na dłoni, co czyni z nich klucz idealny. Współczesne zautomatyzowane czytniki linii papilarnych dostępne są jako kompaktowe moduły, umożliwiające proste skanowanie i rozpoznawanie odcisków.

Autor tego projektu mieszka w małym mieszkaniu w Shenzhen z żoną i dzieckiem w wieku 5 miesięcy. „Czasami muszę wyjść, na przykład na dół do sklepu po cukier czy pieluchy dla mojego dziecka. Ale zawsze zapominam nosić ze sobą klucze, więc muszę zapukać do drzwi lub zadzwonić do żony, aby otworzyła mi drzwi. Przy tej okazji dziecko zawsze budzi się i zaczyna płakać", opisuje swoją motywację do budowy tego urządzenia autor. Jego pierwszym pomysłem był zakup gotowego zamka z czytnikiem linii papilarnych, ale takich zamków na rynku jest mnóstwo, a w dodatku są one drogie i kłopotliwe w instalacji. Stąd też pomysł samodzielnego skonstruowania takiego zamka z zastosowaniem gotowych, dostępnych modułów dla Arduino.

Potrzebne elementy

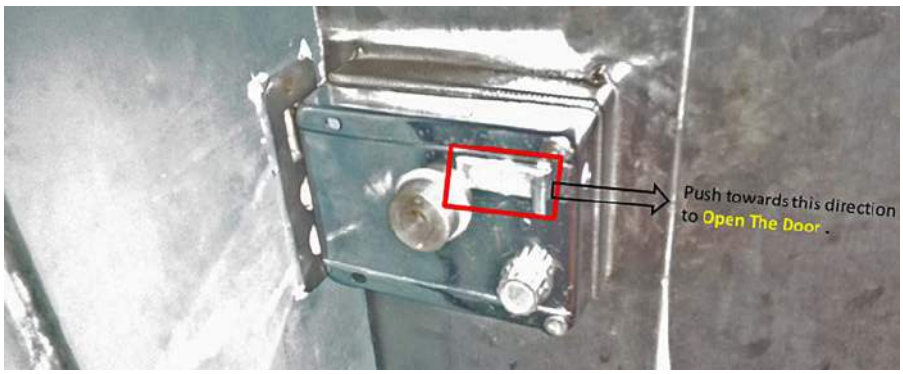
Zanim przystąpimy do kompletowania elementów do konstrukcji zamka, należy przyjrzeć się naszym drzwiom i temu, jak są kontrolowane od strony mieszkania. Pozwoli to w prosty sposób zmechanizować nasz zamek, aby bez konieczności poważnych przeróbek można było sterować nim elektronicznie.

Na **fotografii 1** został pokazany fragment drzwi i zamontowany na nich zamek w domu autora projektu. Jak zaznaczono na zdjęciu, dopóki zaznaczona na czerwono część pozostaje odciągnięta w kierunku strzałki, drzwi można otworzyć bez klucza. Jeśli element ten pozostaje zwolniony – zaznaczona część wraca do swojej pierwotnej lokalizacji i drzwi zostają zamknięte. Wystarczy zatem odpowiednie umocowanie pojedynczego serwomechanizmu, aby kontrolować drzwi z poziomu Arduino.

Kluczowym elementem będzie skaner odcisków palców. To ten element pozwoli określić, czy dana osoba może wejść do domu. Ponadto niezbędny będzie moduł Arduino, który umożliwi komunikację z czytnikiem i będzie kontrolował serwomechanizm.

Lista zastosowanych przez autora elementów prezentuje się następująco (**fotografia 2**):

- Moduł Crowduino – płytka mikrokontrolera kompatybilna z Arduino. Jest tańsza



Fotografia 1. Zamek w drzwiach autora projektu. Na czerwono oznaczono zapadkę, która służy do otwierania

eprasa.pl 1ed9207c33

Fotografia 2. Elementy potrzebne do budowy zamka

Fotografia 3. Zastosowany czytnik linii papilarnych SOT6439F

niż oryginał, a poza tym ma pewne ulepszenia w projekcie, takie jak przycisk resetowania z boku. Można użyć zamiast niej dowolnej innej płytki z mikrokontrolerem, kompatybilnej z Arduino;

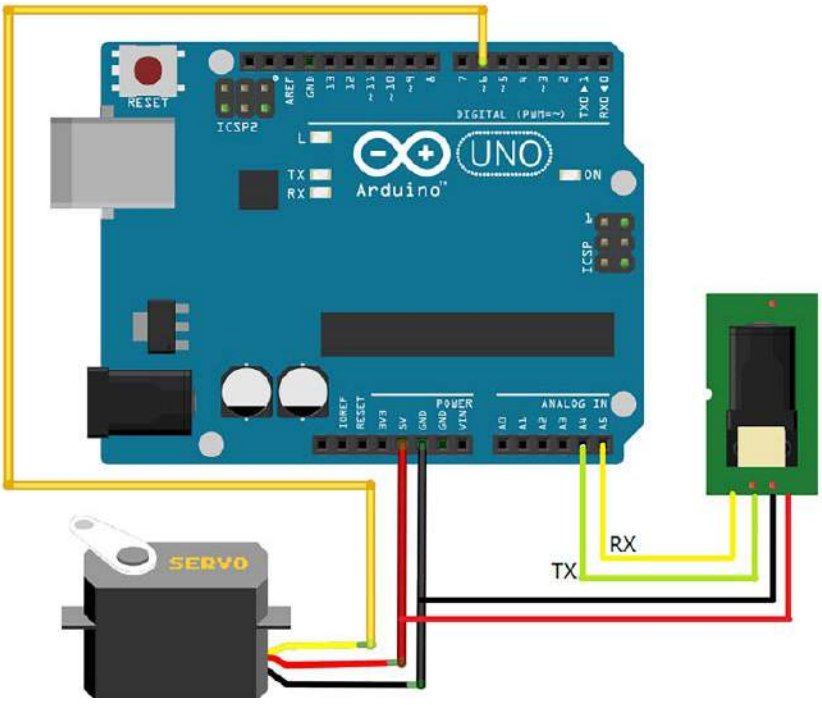
- Czujnik odcisków palców – autor wykorzystał moduł oznaczony SOT6439F (**fotografia 3**). Jest on wyposażony w interfejs UART, a dodatkowo dostępne są biblioteki do Arduino do jego obsługi;
- Serwomotor z wystarczającym momentem obrotowym do przesunięcia zapadki lub odblokowania drzwi – zależnie od konstrukcji naszych drzwi, którymi chcemy sterować;
- Klej lub cokolwiek innego, co pozwoli zamocować całą konstrukcję na drzwiach;
- Zasilacz USB 5 V lub zasilacz 9 V ze złączem baryłkowym;
- Przewody połączeniowe.

Schemat połączeń elektrycznych

W układzie znajdują się tylko dwa moduły, więc schemat połączeń jest bardzo prosty. Do modułu z mikrokontrolerem należy podłączyć dwa elementy – serwo oraz czytnik linii papilarnych, zgodnie ze schematem pokazanym na **rysunku 1**.

Serwomechanizm do działania potrzebuje podłączonego zasilania oraz pojedynczej linii danych, na której moduł Crowduino będzie wytwarzał sygnał o zmiennym wypełnieniu (PWM). Serwo podłączone jest w następujący sposób:

- czerwony przewód z serwa – zasilanie 5 V (z zasilacza lub modułu z mikrokontrolerem),
- brązowy przewód z serwa – masa systemu (z zasilacza lub modułu z mikrokontrolerem),
- żółty przewód z serwa – linia D6 Crowduino.



Rysunek 1. Schemat połączeń modułów w omawianym zamku

Moduł czytnika linii papilarnych komunikuje się z Crowduino za pomocą interfejsu szeregowego, ale ponieważ Crowduino ma tylko jeden sprzętowy port szeregowy, który potrzebny jest do komunikacji z komputerem, autor zdecydował się na używanie Arduino Soft Serial do komunikacji ze skanerem odcisku palca. Moduł podłączony jest do Crowduino w następujący sposób:

- czerwony przewód ze skanera – zasilanie 5 V (z zasilacza lub modułu z mikrokontrolerem),
- brązowy przewód ze skanera – masa systemu (z zasilacza lub modułu z mikrokontrolerem),
- purpurowy przewód ze skanera – linia A4 Crowduino,
- żółty przewód ze skanera – linia A5 Crowduino.

Oprogramowanie

Firmware modułu zostało napisane z użyciem Arduino IDE. Szkic oprogramowania można pobrać ze strony opisującej projekt. Wystarczy otworzyć go w Arduino IDE, aby skomplikować i wgrać go do pamięci mikrokontrolera. Kod programu znajduje się na **listingu 1**. Działanie jest bardzo proste, ponieważ korzysta z zewnętrznych bibliotek do obsługi programowego portu szeregowego i komunikacji z modułem czytnika linii papilarnych.

W pętli głównej co 50 ms sprawdzane jest ID linii papilarnych, odczytanych przez skaner. Jeśli nie odczyta on żadnych linii papilarnych lub odczyta odcisk, który nie znajduje się na liście zapamiętanych w czytniku odcisków palców, zwraca wartość –1. Każda inna odpowiedź skanera spowoduje, że system poruszy serwomechanizmem o ustalony kąt i odczeka dwie sekundy, przed powrotem do regularnego sprawdzania skanera.

Zapisywanie odcisku palca

Zamek bazuje na odciskach palców zapisanych w pamięci czytnika. Zatem zanim

eprasa.pl 1ed9207c33

zamek zacznie funkcjonować w drzwiach, trzeba zapisać w nim wszystkie odciski palców, które otwierać mają drzwi. Aby to zrobić, należy zaprogramować mikrokontroler innym szkicem – został on pokazany na **listingu 2**. Dopiero wtedy można przystąpić do programowania czytnika.

Aby zapisać w pamięci czytnika odcisk, należy otworzyć monitor szeregowy (można wykorzystać ten zawarty w Arduino IDE lub skorzystać z dowolnego innego programu terminalowego). Należy ustawić szybkość transmisji na 38400 i obserwować terminal. Po uruchomieniu programu zacznie wysyłać on monity o zeskanowanie i wprowadzenie odcisku palca. Skaner może przechowywać do 120 wzorów odcisków. Aby wprowadzić do pamięci nowy wzór, należy wpisać numer ID, pod jakim zostanie zapisany odcisk i dodać do niego literę „a", i następnie nacisnąć enter. Na przykład „1a" powoduje zapisanie odcisku pod ID 1. Następnie terminal wyświetli monit o wprowadzenie odcisku. Wystarczy położyć palec na skanerze i nacisnąć go, aby zeskanował on nasz palec. Po naciśnięciu wyjście na monitorze szeregowym przypomina o zdjęciu palca, a następnie prosi o ponowne naciśnięcie palcem skanera w celu podwójnego sprawdzenia poprawności zapisu. Wykorzystując wyjścia szeregowe, można łatwo wykonać wszystkie kroki.

Po zeskanowaniu wszystkich odcisków palców, jakie mają być używane, wystarczy wgrać ponownie szkic z listingu 1, aby system działał jako normalny zamek.

Gotowy zamek

Wszystkie zapisane odciski palców skaner przechowuje w swojej nieulotnej pamięci EEPROM. Wystarczy nacisnąć skaner palcem i jeśli Crowduino rozpozna Twój palec, serwo obróci się o kilka stopni, aby otworzyć drzwi, a po 2 sekundach powróci do pierwotnego położenia. Serwo należy zamocować na zamku tak, aby naciskało rygiel. Autor użył do tego zwykłej żywicy dwuskładnikowej, ale klej to niejedyne rozwiązanie. System można dostosować do własnego zamka, korzystając np. z elementów z druku 3D itp. Na **fotografii 4** pokazano gotowy serwomotor, zamocowany na zamku.

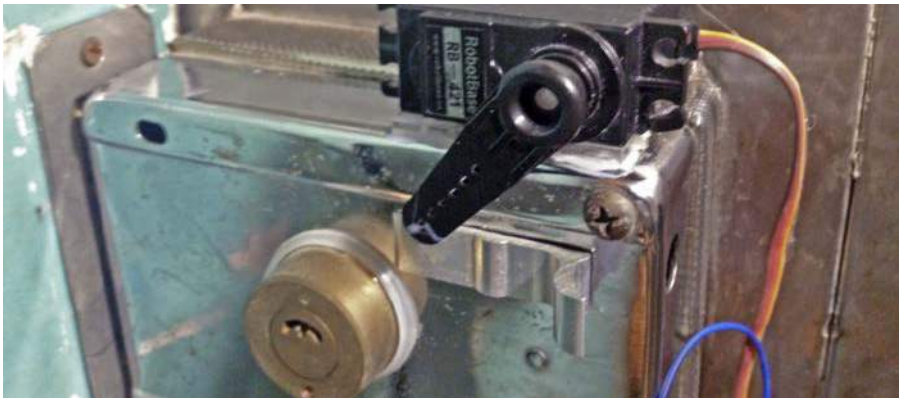
System może być zasilany za pomocą zasilacza 5 V, podłączonego do portu USB płytki z mikrokontrolerem lub zasilacza 9 V, dołączonego do odpowiedniego portu układu (wtedy wykorzystywany jest stabilizator 5 V na płytce Arduino). Jeśli w projekcie zastosowano inną płytkę z mikrokontrolerem, to zasilanie należy dostosować do wymagań tego modułu.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło: https://bit.ly/3x9uqUb

Listing 1. Kod programu kontrolującego zamek i skaner linii papilarnych

```
#include <Adafruit_Fingerprint.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Streaming.h>
#include <Servo.h>

// uruchamianie w trybie debugowym
#define __Debug         1

// pin serwomotora
const int pinServo      = 6;
// kąt obrotu serwomotora
const int angleServo    = 60;

#if __Debug
#define DBG(X)
#else
#define DBG(X)
#endif
Serial.println(X)

// Linie TX i RX interfejsu szeregowego
SoftwareSerial mySerial(A5, A4);

Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);
// Obiekt kontrolujący serwomotor
Servo myservo;

void open_close_door(){
    myservo.attach(pinServo);
    for(int i=20; i<angleServo; i++){
        myservo.write(i);
        delay(5);
    }
    delay(2000);
    for(int i=(angleServo-1); i>=20; i--){
        myservo.write(i);
        delay(5);
    }
    myservo.detach();
}

void setup(){
    Serial.begin(38400);
    finger.begin(19200);
    delay(500);
    DBG("setup ok!");
}

void loop(){
    if(getFingerprintIDez()>=0){
        open_close_door();
        DBG("get right finger, open door now!!");

        delay(2000);
    }
    delay(50);
}

// Zwraca ID odcisku palca lub -1, jeśli nie jest rozpoznany
int getFingerprintIDez(){
    if (!finger.verifyPassword()){
        DBG("Did not find fingerprint sensor :(");
        return -1;
    }
    uint8_t p = finger.getImage();
    if (p != FINGERPRINT_OK){
        return -1;
    }
    p = finger.image2Tz();
    if (p != FINGERPRINT_OK){
        return -1;
    }
    p = finger.fingerFastSearch();
    if (p != FINGERPRINT_OK){
        return -1;
    }
#if __Debug
    Serial.print("Found ID #");
    Serial.print(finger.fingerID);
    Serial.print(" with confidence of ");
    DBG(finger.confidence);
#endif
    return finger.fingerID;
}
```



Fotografia 4. Sposób zamontowania serwomechanizmu do zamka

eprasa.pl 1ed9207c33

Listing 2. Program umożliwiający zapisywanie odcisków w pamięci skanera

```
#include <Adafruit_Fingerprint.h>
#include <Streaming.h>
#include <SoftwareSerial.h>

uint8_t getFingerprintEnroll(uint8_t id);

// Linie TX i RX interfejsu szeregowego
SoftwareSerial mySerial(A5, A4);

Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);

void setup()
{
    Serial.begin(38400);
    finger.begin(19200);
    if (finger.verifyPassword()){
        Serial.println("Fingerprint sensor init ok");
    }
    else {
        Serial.println("Did not find fingerprint sensor :(");
        while (1);
    }
}

void loop(){
    Serial.println("Type in the ID # you want to
    save this finger as...\r\n(end with an 'a', such as 15a)");
    uint8_t id = 0;
    while (Serial.available()){
        char c = Serial.read();
    }
    while (true){
        while (! Serial.available());
        char c = Serial.read();
        if (! isdigit(c)){
            while(Serial.available()){
                c = Serial.read();
            }
            break;
        }
        id *= 10;
        id += c - '0';
    }
    Serial.print("Enrolling ID #");
    Serial.println(id);
    while (!getFingerprintEnroll(id));
}

uint8_t getFingerprintEnroll(uint8_t id){
    uint8_t p = -1;
    Serial.println("Waiting for valid finger to enroll");
    while (p != FINGERPRINT_OK) {
        p = finger.getImage();
        switch (p) {
            case FINGERPRINT_OK:
            Serial.println("Image taken");
            break;
            case FINGERPRINT_NOFINGER:
            break;
            case FINGERPRINT_PACKETRECIEVEERR:
            Serial.println("Communication error");
            break;
            case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
            Serial.println("Imaging error");
            break;
            default:
            Serial.println("Unknown error");
            break;
        }
    }
    p = finger.image2Tz(1);
    switch (p) {
        case FINGERPRINT_OK:
        Serial.println("Image converted");
        break;
        case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
        Serial.println("Image too messy");
        return p;
        case FINGERPRINT_PACKETRECIEVEERR:
        Serial.println("Communication error");
        return p;
        case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
        Serial.println("Could not find fingerprint features");
        return p;
        case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
        Serial.println("Could not find fingerprint features");
        return p;
        default:
        Serial.println("Unknown error");
        return p;
    }
    Serial.println("Remove finger");
    delay(2000);
    p = 0;
    while (p != FINGERPRINT_NOFINGER) {
        p = finger.getImage();
    }
    p = -1;
    Serial.println("Place same finger again");
    while (p != FINGERPRINT_OK) {
        p = finger.getImage();
        switch (p) {
            case FINGERPRINT_OK:
            Serial.println("Image taken");
            break;
            case FINGERPRINT_NOFINGER:
            break;
            case FINGERPRINT_PACKETRECIEVEERR:
            Serial.println("Communication error");
            break;
            case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
            Serial.println("Imaging error");
            break;
            default:
            Serial.println("Unknown error");
            break;
        }
    }
    p = finger.image2Tz(2);
    switch (p) {
        case FINGERPRINT_OK:
        Serial.println("Image converted");
        break;
        case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
        Serial.println("Image too messy");
        return p;
        case FINGERPRINT_PACKETRECIEVEERR:
        Serial.println("Communication error");
        return p;
        case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
        Serial.println("Could not find fingerprint features");
        return p;
        case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
        Serial.println("Could not find fingerprint features");
        return p;
        default:
        Serial.println("Unknown error");
        return p;
    }
    p = finger.createModel();
    if (p == FINGERPRINT_OK) {
        Serial.println("Prints matched!");
    } else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECIEVEERR) {
        Serial.println("Communication error");
        return p;
    } else if (p == FINGERPRINT_ENROLLMISMATCH) {
        Serial.println("Fingerprints did not match");
        return p;
    } else {
        Serial.println("Unknown error");
        return p;
    }
    p = finger.storeModel(id);
    if (p == FINGERPRINT_OK) {
        Serial.println("Stored!");
    } else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECIEVEERR) {
        Serial.println("Communication error");
        return p;
    } else if (p == FINGERPRINT_BADLOCATION) {
        Serial.println("Could not store in that location");
        return p;
    } else if (p == FINGERPRINT_FLASHERR) {
        Serial.println("Error writing to flash");
        return p;
    } else {
        Serial.println("Unknown error");
        return p;
    }
}
```

KLUB APLIKANTÓW PRÓBEK
KAP
www.ep.com.pl/KAP

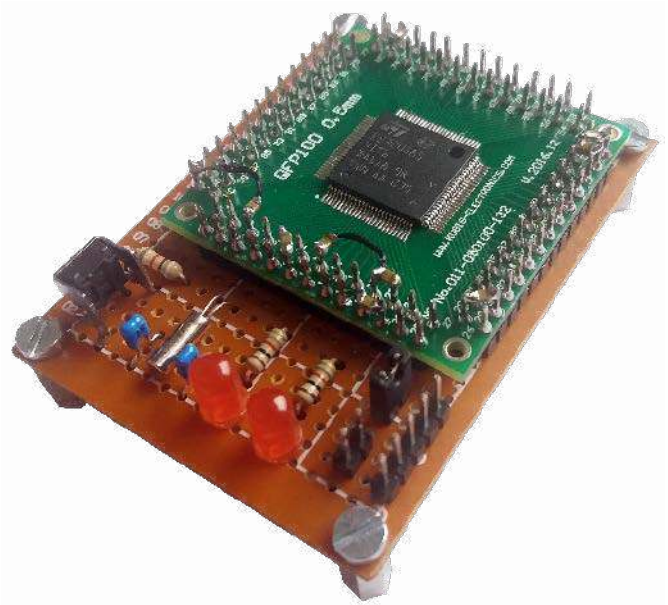
Klub Aplikantów Próbek

https://ep.com.pl/nowosci/kap

eprasa.pl 1ed9207c33

Płytka prototypowa z mikrokontrolerem STM32U5

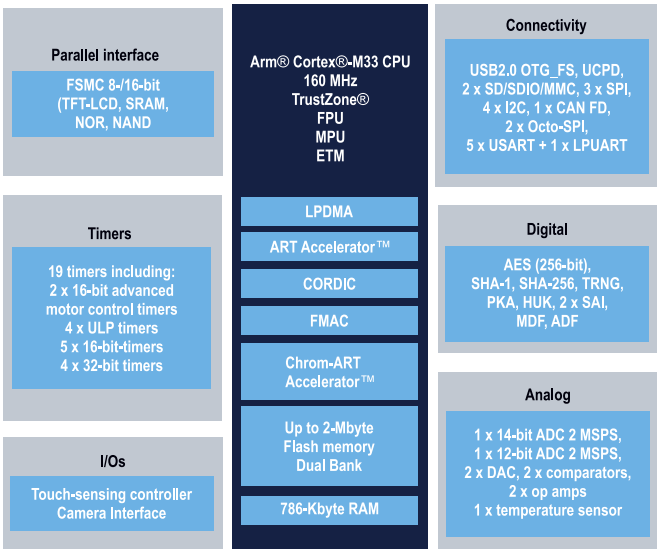
W poprzednim wydaniu „Elektroniki Praktycznej" (EP7/21) zaprezentowaliśmy układy STM32U5 z serii Ultra-Low Power (ULP), w których duży nacisk położono na możliwość realizowania zadań aplikacji z możliwie minimalnym zużyciem energii. Przy rozpoczęciu prac z nowymi układami i opracowywaniu pierwszych projektów systemów elektronicznych niezwykle przydatna staje się platforma uruchomieniowa, nawet taka, która składa się z kilku płytek połączonych ze sobą za pomocą przewodów. Tego typu rozwiązanie, gdzie centralną część stanowi płytka z mikrokontrolerem z rodziny STM32U5, jest przedmiotem niniejszego artykułu.



Artykuł został przygotowany w taki sposób, aby każdy wątek dotyczący projektu płytki znalazł się w osobnym rozdziale. Tym samym oddzielnie opisany został wątek dotyczący zasilania mikrokontrolera, układu resetu (zerowania), sygnału zegarowego, konfiguracji BOOT oraz interfejsu programowania i debugowania. Dzięki temu jest to nie tylko opis płytki, ale również praktyczny poradnik ze wskazówkami, jak w warstwie sprzętowej projektować systemy z mikrokontrolerami STM32U5.

Mikrokontroler

STM32U5 to najnowsza propozycja firmy STMicroelectronics w rodzinie STM32. Seria ta rozszerza ofertę mikrokontrolerów w kategorii Ultra-Low Power (niskomocowych lub inaczej energooszczędnych). Układy STM32U5 zostały stworzone z myślą o umiejętnym połączeniu czterech bardzo istotnych z punktu widzenia aplikacji cech: niskiego poboru prądu, wysokiej mocy obliczeniowej, bogatego zestawu zintegrowanych peryferiów oraz zaawansowanych funkcji bezpieczeństwa. Tym samym STM32U5 można określić nie tylko mianem mikrokontrolerów niskomocowych, przeznaczonych do systemów zasilanych z baterii, ale również mianem mikrokontrolerów ogólnego przeznaczenia, mogących znaleźć zastosowanie w szerokiej gamie urządzeń konsumenckich oraz przemysłowych. Schemat blokowy mikrokontrolera z rodziny STM32U5 pokazano na **rysunku 1**. Zastosowany na płytce mikrokontroler to model oznaczony jako STM32U585VIT6. Jego szczegółowe parametry zestawiono w **tabeli 1**.

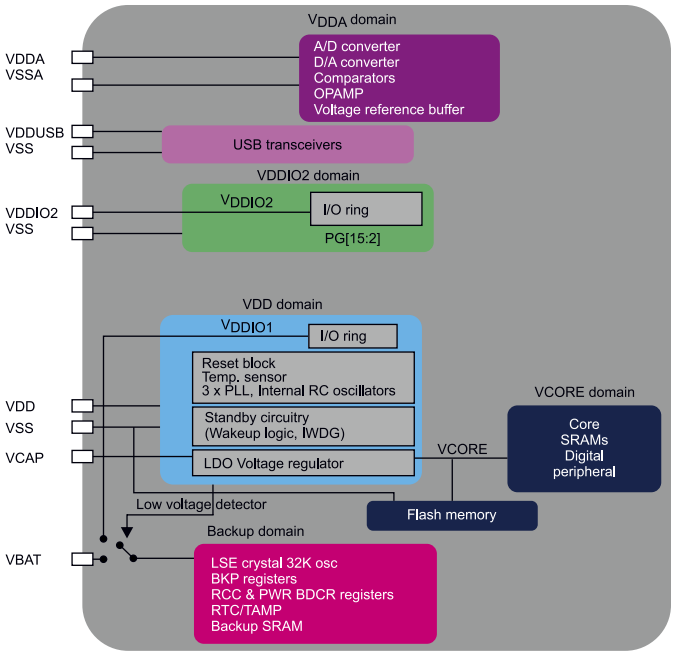


Rysunek 1. Schemat blokowy mikrokontrolerów z rodziny STM32U5

Tabela 1. Parametry mikrokontrolera STM32U585VIT6

Parametr	Wartość
Rdzeń	Cortex-M33, 160 MHz
Pamięć	2 MB Flash, 786 kB SRAM
Liczniki (timery)	Zaawansowane timery do sterowania silnikiem, 16- i 32-bitowe timery ogólnego przeznaczenia, timery typu LPTimer, Systick, Watchod, RTC
Peryferia analogowe	Przetworniki A/C, przetworniki C/A, komparatory, wzmacniacze operacyjne, czujnik temperatury, VREFBUF
Interfejsy komunikacyjne	USB, SD/SDIO/MMC, SPI, I²C, SAI, CAN, USART/LPUART, FMC, OctoSPI
Funkcje bezpieczeństwa	TrustZone, HASH, PKA, RDP, Unique ID, RNG, AES, Root of Trust, Secure Firmware Install/Upgrade, Tamper pins
Inne peryferia	CORDIC, FMAC, CRC, ADF/MDF, LPDMA
Wariant zasilania	Regulator LDO (brak przetwornicy SMPS)
Porty wejścia/wyjścia (GPIO)	81
Obudowa	LQFP100

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 2. Domeny zasilania w mikrokontrolerach z rodziny STM32U5

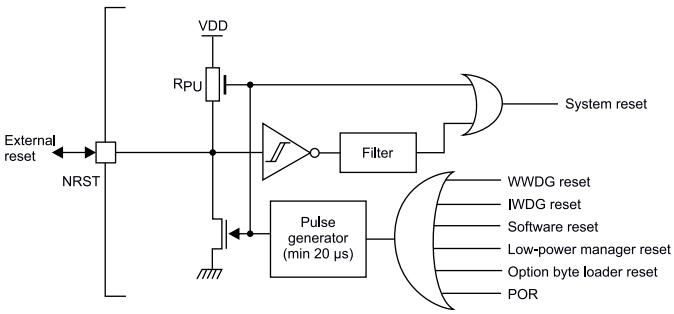
Zasilanie

W mikrokontrolerach z rodziny STM32U5 wydzielone zostały różne domeny zasilania. Jest ich łącznie sześć. Niemal wszystkie z nich (dokładnie pięć) są od siebie niezależne. Dzięki temu na etapie projektu można zdecydować, czy korzystniej będzie doprowadzić napięcie zasilania osobno do każdej z sześciu domen, czy jednak połączyć część z nich lub nawet wszystkie wspólnym napięciem zasilania.

W pierwszej domenie znajdują się porty wejścia/wyjścia, układ resetu (zerowania), wewnętrzne źródła sygnału zegarowego, czujnik temperatury, wybrane elementy zarządzania trybami pracy oraz wbudowany regulator napięcia LDO. Napięcie do tej domeny dostarczane jest poprzez grupę wyprowadzeń o nazwie VDD. Napięcie wyjściowe wbudowanego regulatora (VCORE) służy do zasilania drugiej domeny. Tworzą ją: rdzeń Cortex-M33, pamięć SRAM oraz peryferia cyfrowe. Pamięć Flash jest zasilana zarówno napięciem VCORE, jak też VDD. Trzecia domena to większość peryferiów analogowych. Są wśród nich przetworniki A/C, przetworniki C/A, komparatory, wzmacniacze operacyjne oraz źródło napięcia referencyjnego. Pin, przez który napięcie dostarczane jest do tej domeny, oznaczony jest jako VDDA. Z tą domeną związany jest również pin VREF+ dostarczający napięcie referencyjne dla przetworników A/C i C/A. Czwarta domena jest jednoelementowa. Jest nią kontroler USB, który zasilany jest z wyprowadzenia VDDUSB. W przypadku mikrokontrolerów z większą liczbą wyprowadzeń (obudowy LQFP144, UFBGA132 oraz UFBGA169) piny portu wejścia/wyjścia G (GPIO G) są oddzielną domeną. Zasilanie realizowane jest przez wyprowadzenie VDDIO2. Ostatnia domena wydzielona została dla zegara czasu rzeczywistego, zewnętrznego źródła sygnału zegarowego LSE (oscylator 32 kHz) oraz rejestrów backup. Napięcie zasilania do tej domeny doprowadzane jest przez pin VBAT.

Tabela 2. Dopuszczalne zakresy napięcia dla domen zasilania mikrokontrolerów z rodziny STM32U5

Nazwa wyprowadzeń przypisanych do domeny zasilania	Zakres napięcia zasilania, które można podać na wyprowadzenia
VDD	1,71...3,6 V
VDDA	1,62...3,6 V
VDDIO	1,08...3,6V
VUSB	3,00...3,6 V
VBAT	1,58...3,6 V



Rysunek 3. Schemat układu zerowania w mikrokontrolerach z rodziny STM32U5

Domeny zasilania w mikrokontrolerach z rodziny STM32U5 zostały pokazane w sposób graficzny na **rysunku 2**. Dopuszczalne zakresy napięć zasilających te domeny wypisano w **tabeli 2**.

Układ resetu

Blok zerowania odpowiada za wytwarzanie sygnału, który restaruje mikrokontroler, co rozumieć należy jako ustawienie wartości domyślnych w rejestrach, a w efekcie też rozpoczęcie wykonywania aplikacji od początku. Linia resetu wewnątrz mikrokontrolera połączona jest przez rezystor z dodatnim potencjałem napięcia zasilania, co powoduje, że sygnał resetu ma domyślnie poziom wysoki. Taki stan nie ingeruje w żaden sposób w działanie mikrokontrolera. Gdy jednak sygnał zmieni poziom na niski, wtedy nastapi restart mikrokontrolera. Poziom ten może zostać wygenerowany wewnętrznie lub zewnętrznie. W przypadku pierwszego wariantu mogą to być: peryferia (watchdog), zmiana w obszarze Option Bytes, reset programowy (z poziomu aplikacji), Power On Reset (pojawienie się napięcia zasilania) lub wybudzenie z trybu uśpienia. Drugi wariant przewiduje podanie sygnału z zewnątrz, poprzez wyprowadzenie NRST. Schemat bloku zerowania pokazano na **rysunku 3**.

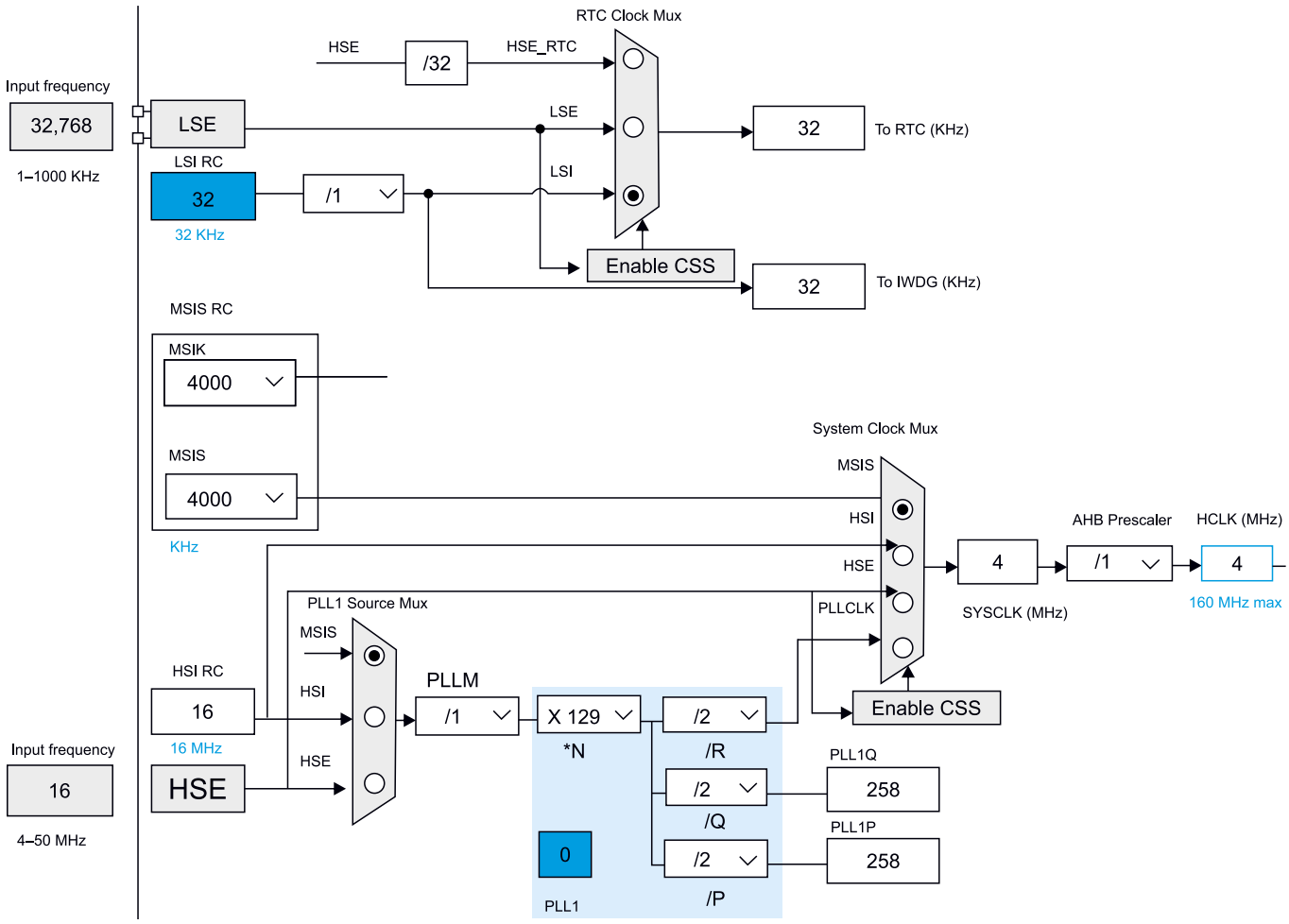
Projektant może podejść do układu resetu mikrokontrolera na kilka sposobów. Popularny wariant to zapewnienie możliwości ręcznego restartowania mikrokontrolera. W takim scenariuszu między linię NRST i masę należy podłączyć przycisk oraz kondensator o pojemności 100 nF. Wciśnięcie przycisku wyzeruje mikrokontroler. Najprostszy możliwy wariant to pozostawienie wyprowadzenia NRST niepodłączonego do żadnego zewnętrznego komponentu zmieniającego poziom sygnału, co oznacza brak możliwości wygenerowania resetu zewnętrznie. W tym przypadku należy jedynie pamiętać o kondensatorze 100 nF wpiętym między pin NRST i masę.

Sygnał zegarowy

Zasoby wewnętrzne mikrokontrolerów z rodziny STM32U5 mogą być taktowane z jednego z czterech typów źródeł sygnału zegarowego o wysokiej częstotliwości: HSE, HSI, MSI lub PLL (**rysunek 4**). HSE (*High Speed External*) to zewnętrzne źródło sygnału zegarowego. Może mieć ono dwie formy. Pierwszą jest generator sygnału zegarowego, dołączony do wyprowadzenia OSC_IN. Drugim, bardziej popularnym rozwiązaniem jest oscylator kwarcowy, dołączony do wyprowadzeń RCC_OSC_IN oraz RCC_OSC_OUT i jednocześnie podłączony przez kondensatory do masy. HSE może wytwarzać sygnał zegarowy z przedziału 4...50 MHz.

Drugi typ źródła sygnału zegarowego to HSI (*High Speed Internal*). Są to trzy zintegrowane w mikrokontrolerze rezonatory RC: HSI 16 MHz, HSI 48 MHz oraz SHSI 16 MHz. Trzecim typem źródła sygnału zegarowego jest MSI (*Multi Speed Internal*). Podobnie jak HSI, MSI to również zintegrowany w mikrokontrolerze rezonator RC. Za pomocą MSI możliwe jest uzyskanie jednej z dwunastu częstotliwości sygnału zegarowego, w zakresie od 100 kHz do 48 MHz. Dostępne są dwa MSI: MSIS oraz MSIK. Ostatnim źródłem sygnału zegarowego jest pętla sprzężenia fazowego PLL (*Phase Locked Loop*).

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 4. Fragment drzewa sygnałów zegarowych w mikrokontrolerach z rodziny STM32U5

Wykorzystując na wejściu sygnał wygenerowany przez HSE, HSI lub MSIS oraz używając mnożników i dzielników, PLL może wytwarzać sygnał o częstotliwości do 160 MHz włącznie.

Oprócz czterech źródeł sygnału zegarowego wysokiej częstotliwości, mikrokontrolery z rodziny STM32U5 mogą korzystać też z dwóch źródeł sygnału zegarowego o niskiej częstotliwości. Są to LSE oraz LSI. LSE (*Low Speed External*) jest zewnętrznym źródłem sygnału zegarowego. LSE może mieć postać albo generatora sygnału, podłączonego do wyprowadzenia RCC_OSC32_IN, albo oscylatora kwarcowego, wpiętego między wyprowadzenia RCC_OSC32_IN i RCC_OSC32_OUT oraz dodatkowo podłączonego przez kondensatory do masy. LSE może generować sygnał o częstotliwości 1...1000 kHz (typowo jest to 32,768 kHz) i służy do taktowania zegara czasu rzeczywistego (RTC) i timera watchdog.

Źródło zegarowe LSI (*Low Speed Internal*) jest zintegrowanym w mikrokontrolerze oscylatorem RC o częstotliwości 32 kHz. Pełni on tę samą funkcję co LSE, co w praktyce oznacza, że użytkownik albo decyduje się na rozwiązanie z LSI, gdyż jest ono tańsze i nie wymaga dodatkowego miejsca na PCB, albo alternatywnie wybiera LSE i korzysta z dużo lepszej dokładności sygnału zegarowego.

Tabela 3. Zestawienie opcji bootowania z wyłączonym TrustZone

Bit nBOOT0	Pin BOOT0-PH3	nSWBOOT0	Pamięć
-	0	1	Flash (adres 0x08000000)
-	1	1	Pamięć systemowa (bootloader)
1	-	0	Flash (adres 0x08000000)
0	-	0	Pamięć systemowa (bootloader)

Proces bootowania

Mikrokontrolery z rodziny STM32U5 mogą wykonywać aplikację umiejscowioną w pamięci programu (Flash), w pamięci danych (SRAM), w pamięci systemowej (aplikacja fabrycznego bootloadera zaprogramowanego przez producenta) lub w obszarze pamięci Flash zwanym *Secure Information Block* (aplikacja RSS (*Root Secure Services*), również zaprogramowana przez producenta). O tym, jaka pamięć i jaki adres tej pamięci są w danym momencie wybrane, decydują ustawienia konfiguracyjne, na które składają się: sygnał na wyprowadzeniu BOOT0, wartość bitów w sekcji Option Bytes oraz ustawienia TrustZone.

W sytuacji gdy TrustZone jest wyłączony (bit TZEN w sekcji Option Bytes ma wartość 0), aplikacja może być wykonywana albo z pamięci Flash, albo z pamięci systemowej (bootloader). Domyślnie decyduje o tym wartość logiczna sygnału na wyprowadzeniu BOOT0. W przypadku stanu niskiego jest to pamięć Flash, w przypadku stanu wysokiego jest to bootloader. Chcąc wykorzystać BOOT0 jako pin GPIO (PH3), wybór pamięci bootowania można przenieść na ustawienia programowe. Następuje to po zmianie bitu nSWBOOT0 w sekcji Option Bytes z 1 na 0. W tej sytuacji to bit nBOOT0 decyduje o wyborze pamięci: 1...Flash, 0...bootloader. Zestawienie opcji bootowania z wyłączonym TrustZone pokazano w **tabeli 3**.

Dodatkowe opcje bootowania dostępne są, gdy TrustZone jest włączony (bit TZEN w sekcji Option Bytes ma wartość 1). W tym przypadku aplikacja może być wykonywana z pamięci Flash lub SRAM (w obu przypadkach adres jest konfigurowalny) lub z obszaru *Secure Information Block* (aplikacja RSS). Decydują o tym wspomniane wcześniej elementy konfiguracji (sygnał na wyprowadzeniu BOOT0, bity nBOOT0 oraz nSWBOOT0 w sekcji Option Bytes) oraz dodatkowo bity BOOT_LOCK oraz RSS. Zestawienie opcji bootowania z włączonym TrustZone pokazano w **tabeli 4**.

eprasa.pl 1ed9207c33

Interfejs programowania/debugowania

Moduł programowania/debugowania w mikrokontrolerach z rodziny STM32U5 określany jest mianem SWJ-DP. Skrót ten łączy w sobie nazwy dwóch interfejsów: SW-DP (*Serial Wire Debug Port*) oraz JTAG-DP (*JTAG Debug Port*). Oba oferują taką samą funkcjonalność. To, co jednak je różni, to liczba pinów, z których korzystają. Interfejs JTAG-DP używa łącznie do pięciu wyprowadzeń. Są to linie sygnałowe o nazwie JTMS, JTCK, JTDI, JTDO oraz JTRST. Interfejs SW-DP wymaga natomiast tylko dwóch wyprowadzeń. Są to linie sygnałowe SWDIO i SWCLK.

Dodatkowo każdy z interfejsów oferuje opcjonalną funkcję Trace. W przypadku interfejsu JTAG-DP funkcja ta nosi nazwę ETM (*Embedded Trace Macrocell*). W trakcie działania aplikacji ETM zbiera informacje na temat wykonywanych przez mikrokontroler instrukcji oraz przetwarzanych danych i wysyła je poprzez odpowiednie piny. Są to linie sygnałowe TRACECLK oraz TRACED0/1/2/3. W przypadku interfejsu SW-DP funkcja ta nosi nazwę SWO (*Serial Wire Output*). SWO działa jak interfejs szeregowy, pozwalający użytkownikowi na wysyłanie danych do środowiska programistycznego w trakcie działania aplikacji. Odbywa się to z udziałem jednego wyprowadzenia (pin SWO).

Finalnie użytkownik ma do wyboru aż siedem różnych wariantów. Zostały one pokazane w **tabeli 5**.

Tabela 4. Zestawienie opcji bootowania z włączonym TrustZone

BOOT_LOCK	Bit nBOOT0	Pin BOOT0-PH3	nSWBOOT0	RSS	Pamięć
0	-	0	1	0	Flash/SRAM (konfigurowalny adres)
0	-	1	1	0	RSS
0	1	-	0	0	Flash/SRAM (konfigurowalny adres)
0	0	-	0	0	RSS
0	-	-	-	≠0	RSS
1	-	-	-	-	Flash/SRAM (konfigurowalny adres)

Schemat elektryczny płytki

Projektując schemat elektryczny płytki z mikrokontrolerem STM32U5, autor wziął pod uwagę wytyczne do projektowania opisane w poprzednich częściach artykułu dotyczące zasilania, układu resetu, źródeł sygnału zegarowego, konfiguracji boot oraz interfejsu do debugowania i programowania.

Na płytce przewidziano jedno napięcie zasilania dla mikrokontrolera STM32U585VIT6. Ma ono wartość 3,3 V i zostało doprowadzone do wszystkich domen zasilania układu, a tym samym nóżek zasilania: VDDA/VREF+, VDDUSB, VDD, VBAT. Oprócz samego napięcia zasilania potrzebne są dodatkowo kondensatory. Pomiędzy każdym z wyprowadzeń zasilania i masą wpięto po jednym kondensatorze o pojemności 100 nF. Dodatkowo pomiędzy wyjście regulatora napięcia (pin VCAP) i masą umieszczono kondensator o pojemności 4,7 μF.

Na płytce zastosowano minimalną implementację układu resetu. Wyprowadzenie NRST podłączono przez kondensator 100 nF do masy. Jednocześnie linia zerowania podpięta została do gniazda programatora/debuggera. Dzięki temu w sytuacji, gdy programator/debugger jest podłączony do płytki, ma on dostęp do linii NRST. Bywa to przydatne w sytuacji, gdy aplikacja zmienia domyślną konfigurację pinów odpowiadających za interfejs programowania/debugowania. W stanie resetu domyślna konfiguracja zostaje przywrócona.

Mikrokontroler STM32U5 dysponuje dwoma źródłami sygnału zegarowego o wysokiej częstotliwości, które mogą taktować rdzeń, pamięć i peryferia (HSI i MSI). Z tego powodu autor nie zdecydował się na zastosowanie ich zewnętrznego odpowiednika (HSE). Natomiast inaczej postąpiono w przypadku źródła sygnału zegarowego o niskiej częstotliwości. Wbudowany oscylator RC o częstotliwości 32 kHz (LSI) ma dość małą dokładność, a jego zewnętrzny odpowiednik (LSE) jest tani, więc zdecydowano się go użyć. Jest on dołączony do dedykowanych wyprowadzeń mikrokontrolera (RCC_OSC32_IN, RCC_OSC32_OUT), jak również jednocześnie połączony jest z masą przez kondensatory o pojemności 15 pF.

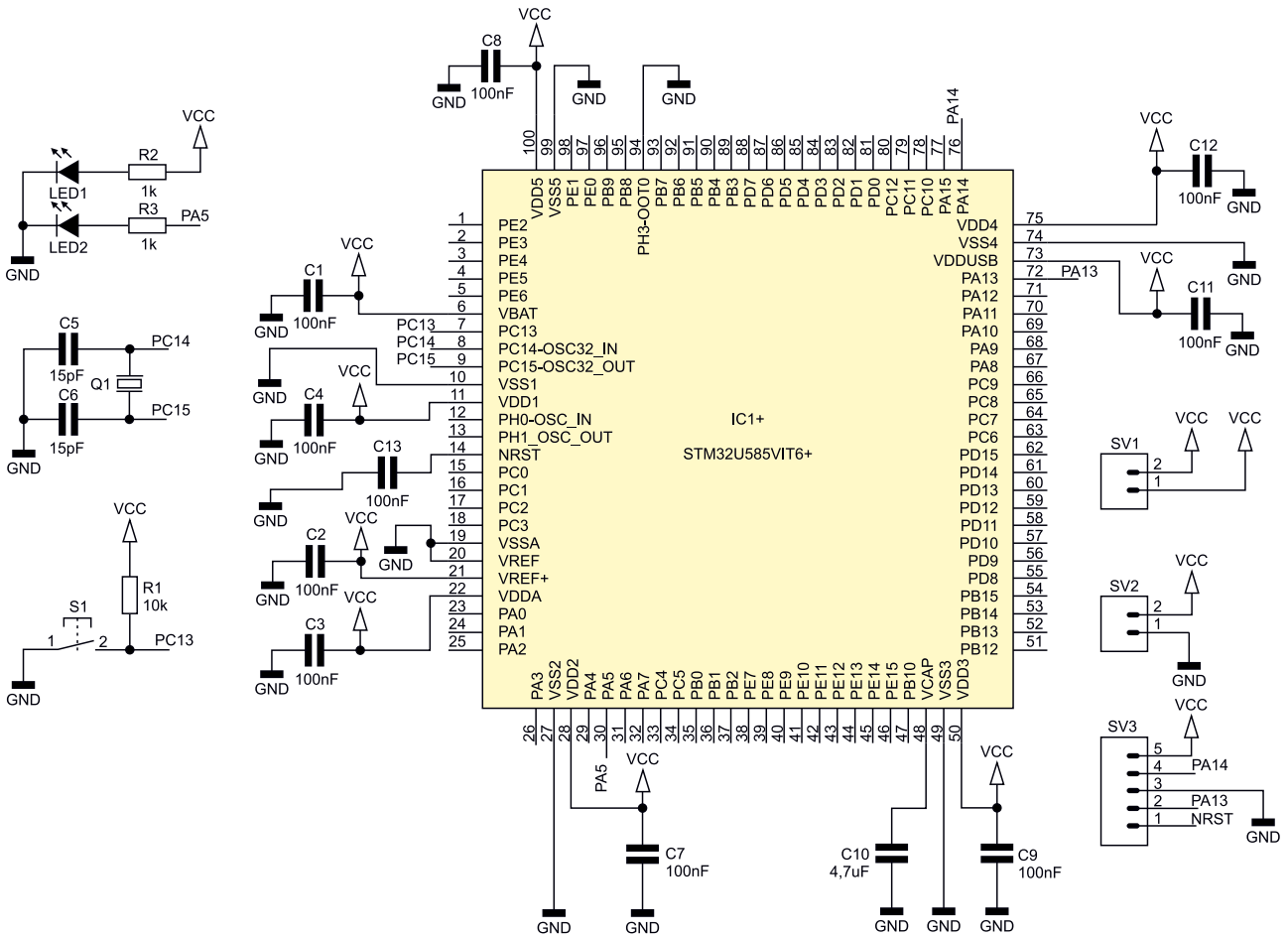
Na płytce wyprowadzenie BOOT0 zostało podłączone do masy. W konsekwencji mikrokontroler domyślnie wykonuje aplikację znajdującą się w pamięci Flash pod adresem 0x08000000. Nie wyklucza to jednak możliwości użycia innej pamięci (SRAM, bootloader, RSS) i innego adresu (konfigurowalna wartość), które można aktywować programowo poprzez właściwe ustawienie bitów w sekcji Option Bytes. Na płytce zastosowano interfejs SW-DP, który jest bardziej ergonomiczny niż JTAG. Obie linie tego interfejsu, a więc z sygnałem danych (SWDIO) oraz z sygnałem zegarowym (SWCLK), podłączono do złącza. Ponadto do tego samego złącza doprowadzono linie, z których dodatkowo korzysta programator/debugger: linie zasilające (dodatni i ujemny potencjał) oraz linię z sygnałem resetu. Żadne z wymienionych linii nie wymagają zastosowania dodatkowych rezystorów szeregowych, czy podciągających do napięcia zasilania.

Ostatni blok funkcjonalny na płytce to interfejs użytkownika. Interfejs wyjściowy tworzą dwie diody LED i połączone z nimi szeregowo rezystory 1 kΩ. Jeden komplet dioda + rezystor podłączony jest między napięciem 3,3 V i masą, sygnalizując obecność napięcia zasilania. Drugi, taki sam komplet połączony jest między pin wejścia/wyjścia PA5 i masą, co pozwala włączać i wyłączać diodę programowo. Interfejsem wejściowym jest przycisk wraz z kondensatorem 100 nF typu pull-down i rezystorem 10 kΩ typu pull-up. Tak skonstruowany

Tabela 5. Interfejsy programowania/debugowania (wraz z przypisanymi im wyprowadzeniami) obecne w mikrokontrolerach z rodziny STM32U5

SW-DP	SW-DP + SWO	JTAG-DP 4 piny	JTAG-DP 5 pinów	JTAG-DP + Trace 1 pin	JTAG-DP + Trace 2 piny	JTAG-DP + Trace 4 piny	Wyprowadzenie mikrokontrolera
SWDIO	SWDIO	JTMS	JTMS	JTMS	JTMS	JTMS	PA13
SWCLK	SWCLK	JTCK	JTCK	JTCK	JTCK	JTCK	PA14
	SWO	JTDO	JTDO	JTDO	JTDO	JTDO	PB3
		JTDI	JTDI	JTDI	JTDI	JTDI	PA15
			JNTRST				PB4
				TRACECLK	TRACECLK	TRACECLK	PE2
				TRACED0	TRACED0	TRACED0	PE3
					TRACED1	TRACED1	PE4
						TRACED2	PE5
						TRACED3	PE6

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 5. Schemat elektryczny płytki

obwód połączony jest z pinem wejścia/wyjścia PC13, pozwalając na programowy odczyt stanu przycisku.

Finalnie warto wspomnieć o trzech złączach: SV2 do zasilania mikrokontrolera, SV1 do pomiaru prądu mikrokontrolera i SV3 do programowania i debugowania mikrokontrolera. Kompletny schemat elektryczny uwzględniający wszystkie opisane wcześniej wątki dotyczące projektowania systemów z mikrokontrolerem STM32U5 został pokazany na **rysunku 5**. Pełny spis podzespołów płytki zaprezentowano w **tabeli 6**.

Wykonanie i montaż płytki

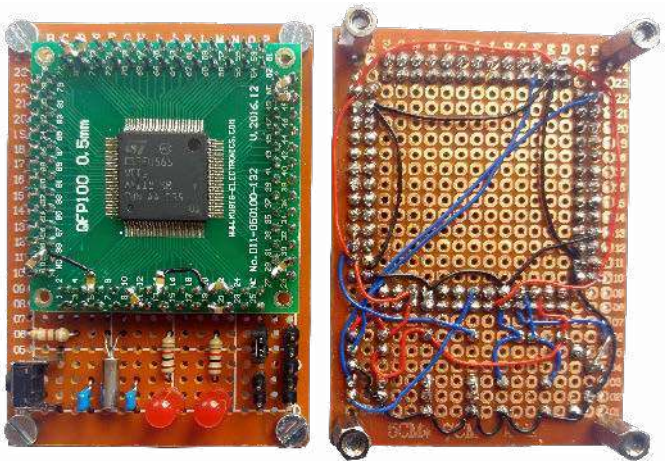
Projekt płytki jest na tyle prosty, że z powodzeniem można pokusić się o samodzielne jej wykonanie i montaż w warunkach domowych. W tym celu należy zapatrzyć się we wszystkie elementy wymienione w **tabeli 5** (spis podzespołów płytki) oraz dodatkowo potrzebna będzie uniwersalna płytka z polami lutowniczymi do montażu przewlekanego, jak również adapter LQFP100 z rastrem 0,5 mm.

Tabela 6. Spis podzespołów płytki

Elementy	Wartość
IC1	Mikrokontroler STM32U585VIT6
S1	Przycisk
LED1, LED2	Dioda LED
Q1	Oscylator kwarcowy 32,768 kHz
R1, R2	Rezystor 1 kΩ
R3	Rezystor 10 kΩ
C1...C10	Kondensator 100 nF
C11	Kondensator 4,7 µF
C12, C13	Kondensator 15 pF
SV1, SV2, SV3	Złącza sygnałowe

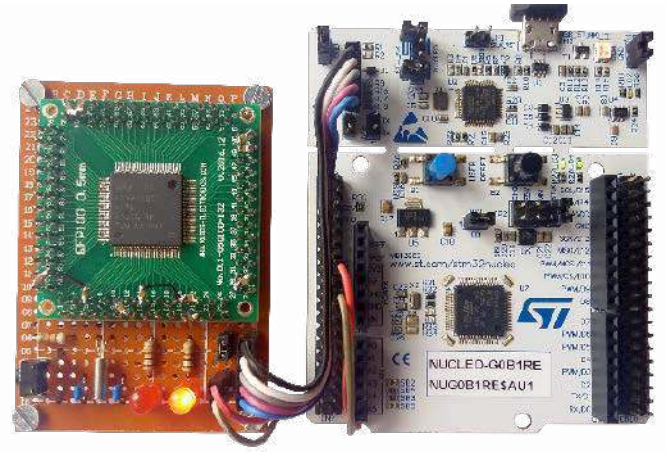
W warstwie narzędzi niezbędna będzie lutownica, pęseta, topnik i plecionka lutownicza.

Montaż należy rozpocząć od przytwierdzenia mikrokontrolera do adaptera. Kluczowe dla pomyślnego zrealizowania tej czynności jest precyzyjne umieszczenie układu na płytce. Dotyczy to wyprowadzeń mikrokontrolera, które muszą znaleźć się na dedykowanych im padach. Z racji dużej liczby wyprowadzeń i stosunkowo małego rastru, obudowa LQFP może stanowić pewne wyzwanie pod tym względem, dlatego zalecane jest użycie pęsety. W celu łatwiejszego przylutowania pinów mikrokontrolera do padów płytki wskazane jest wcześniejsze nawilżenie tych drugich topnikiem. Może zdarzyć się, że spoiwo lutownicze połączy dwa lub więcej sąsiednich wyprowadzeń. W takim przypadku nadmiar cyny można usunąć przy użyciu plecionki lutowniczej. Kolejnym etapem jest przylutowanie do adaptera pozostałych elementów. Są to złącza szpilkowe oraz kondensatory



Fotografia 1. Zdjęcia wykonanej płytki (widok z góry i z dołu)

eprasa.pl 1ed9207c33



Fotografia 2. Wygląd płytki STM32U5 podłączonej do zestawu STM32 Nucleo

związane z zasilaniem. Adapter w takiej formie można następnie osadzić na płytce uniwersalnej.

Teraz nadszedł czas na przylutowanie do płytki uniwersalnej elementów peryferyjnych. Są to rezystory, diody LED, kwarc wraz z dedykowanymi mu kondensatorami, przycisk i złącza szpilkowe do podłączenia zasilania oraz programatora/debuggera. W ostatnim kroku należy użyć kynaru w celu połączenia ze sobą elementów zgodnie ze schematem elektrycznym. Finalny efekt tak wykonanej platformy sprzętowej pokazano na **fotografii 1**.

Przygotowanie stanowiska pracy

Przygotowanie stanowiska pracy obejmuje czynności związane zarówno ze sprzętem, jak i oprogramowaniem. Ze sprzętowego punktu widzenia niezbędne jest doprowadzenie do płytki napięcia zasilania. Dodatkowo konieczne jest dołączenie do płytki programatora/debuggera. Do zrealizowania obu zadań z powodzeniem można wykorzystać dowolną płytkę Nucleo będącą tanią platformą sprzętową dla mikrokontrolerów STM32. Każda płytka STM32 Nucleo dysponuje gniazdami sygnałowymi o nazwie Arduino i Morpho. To drugie jest typu męskiego i udostępnia potencjał masy jak też 3,3 V. Dzięki temu, łącząc odpowiednie wyprowadzenia gniazda Morpho ze złączem zasilania płytki STM32U5 zapewnimy tej drugiej platformie odpowiednie napięcie zasilania. Na każdej płytce STM32 Nucleo dostępny jest zintegrowany programator/debugger ST-Link. Domyślnie służy on do obsługiwania znajdującego się na płytce układu STM32. Co jednak bardzo cenne, ST-Link może również programować i debugować układy poza płytką Nucleo. Wystarczy odłączyć linie interfejsu SW-DP od mikrokontrolera poprzez wyjęcie obu zworek ze złącza CN4 i podłączyć je przez złącze CN11 do płytki z STM32U5. Sprzętowe stanowisko pracy prezentujące opisaną konfigurację z użyciem płytki Nucleo pokazano na **fotografii 2**.

Z programowego punktu widzenia konieczne jest zainstalowanie odpowiedniego pakietu oprogramowania, który pozwoli na pracę z mikrokontrolerem STM32U5 i tworzenie dla niego aplikacji. Producent w tym celu przygotował pakiet Cube: graficzny konfigurator mikrokontrolera i generator kodu STM32CubeMX, oparte na Eclipse i GCC środowisko programistyczne STM32CubeIDE, pakiet bibliotek i przykładów STM32CubeU5 oraz programator STM32CubeProgrammer. Narzędzia te są bezpłatne i dostępne do pobrania ze strony producenta www.st.com.

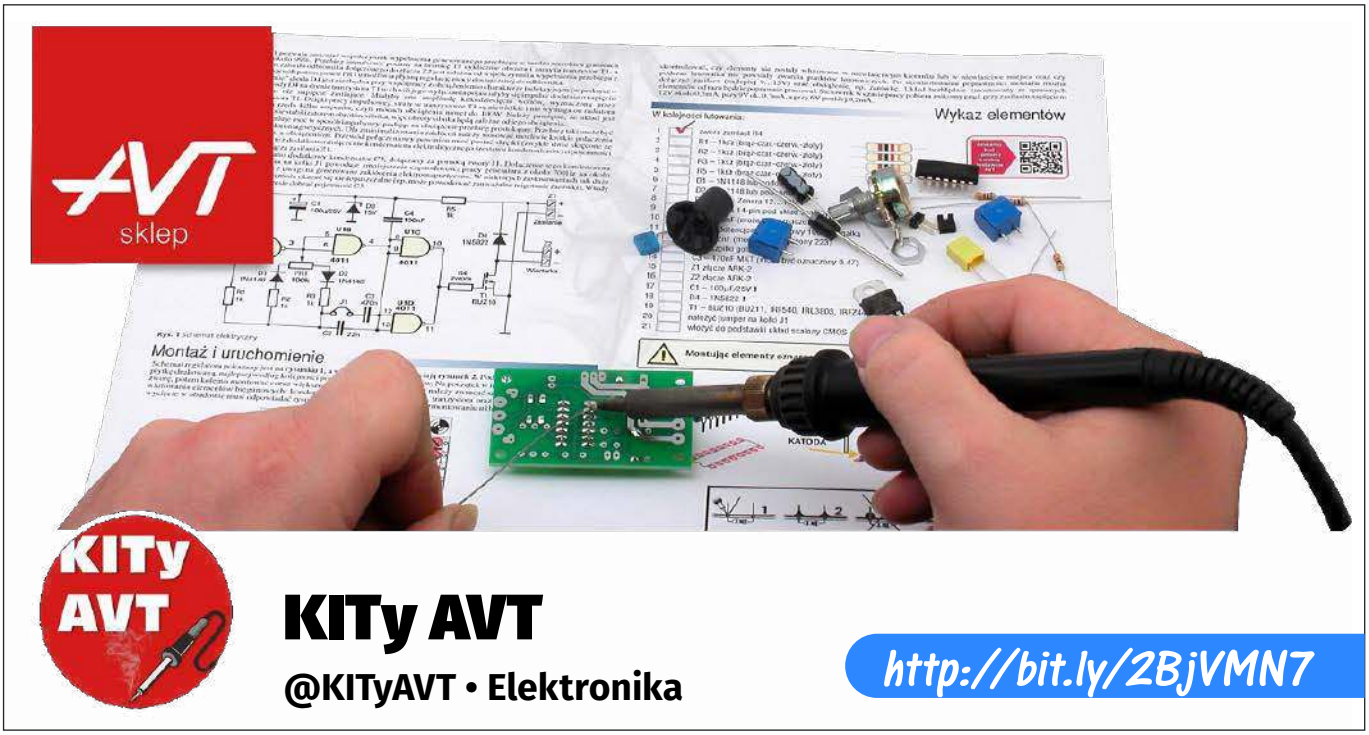
Podsumowanie

Układy STM32U5 to najnowsza grupa układów w rodzinie mikrokontrolerów STM32. Z pewnością warto zwrócić na nie uwagę, gdyż dzięki połączeniu czterech ważnych cech, jakimi są bardzo niski pobór prądu, wysoka moc obliczeniowa, pokaźny zestaw zasobów (peryferia, pamięć) oraz zaawansowane funkcje bezpieczeństwa, mogą one być rozwiązaniem atrakcyjnym do bardzo różnych zastosowań, w tym tak popularnych w ostatnich latach systemów Internet of Things.

Zaprezentowany w tym artykule projekt stanowi dobre źródło wiedzy o tym, jak projektować systemy oparte na mikrokontrolerach STM32U5. Pokazano tu krok po kroku kolejne aspekty dotyczące projektu systemu w warstwie sprzętowej. Opisana płytka jest prostą do wykonania i tanią platformą uruchomieniową dla mikrokontrolerów STM32U5. Może ona posłużyć do poznawania w praktyce nowych mikrokontrolerów firmy STMicroelectronics, jak też do budowania autorskich systemów prototypowych.

Szymon Panecki
szymon.panecki@st.com
STMicroelectronics

REKLAMA



eprasa.pl 1ed9207c33

Bez programowania Androida

Projekt z użyciem BLE i aplikacją mobilną (3) Rejestracja i prezentowanie danych

W artykule prezentujemy proces powstawania urządzenia elektronicznego, działającego z interfejsem mobilnym na ekranie smartfona. Co ciekawe – nie ma potrzeby pisania aplikacji dla systemu Android, graficzny interfejs użytkownika utworzy i obsłuży samo urządzenie.

W poprzednich częściach publikacji opracowaliśmy mobilny graficzny interfejs użytkownika z płytką Arduino i modułem BBMobile. Teraz, w ostatniej części cyklu, nadeszła pora na finalne prace zwieńczone powstaniem kompaktowego, bateryjnego urządzenia rejestrującego z interfejsem Bluetooth Low Energy.

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

Finalny interfejs mobilny

Na **listingu 1** został pokazany kod JSON finalnego, graficznego interfejsu użytkownika dla naszego rejestratora. Jest on na tyle obszerny, że program Arduino IDE nie jest w stanie go przyjąć i przesłać do modułu BBMobile. Po prostu bufor aplikacji Serial Monitora Arduino jest zbyt mały. Tak więc nie uda nam się przetestować go poprzez wklejenie do górnego okna programu tak, jak robiliśmy to w poprzednich częściach cyklu. Wystarczy jednak użyć dowolnego programu terminalu z odpowiednio dużym buforem, aby obejść tę niedogodność. Jak zrobić to w oparciu na TeraTerm SSH, opisano na https://bit.ly/3rYI2R1.

Rysunek 1. Wygląd rozbudowanego interfejsu z pierwszymi danymi pomiarowymi pokazany na ekranie smartfona

Na **rysunku 1** został pokazany ten rozbudowany interfejs tak, jak prezentuje się na ekranie smartfona – z pierwszymi danymi pomiarowymi. Od góry w skład interfejsu wchodzą kolejno:

1. Duże kontrolki textview o nazwach tn i rn prezentujące aktualne, chwilowe wartości temperatury i wilgotności (są zdefiniowane w wierszach 2...4 kodu JSON z listingu 1);

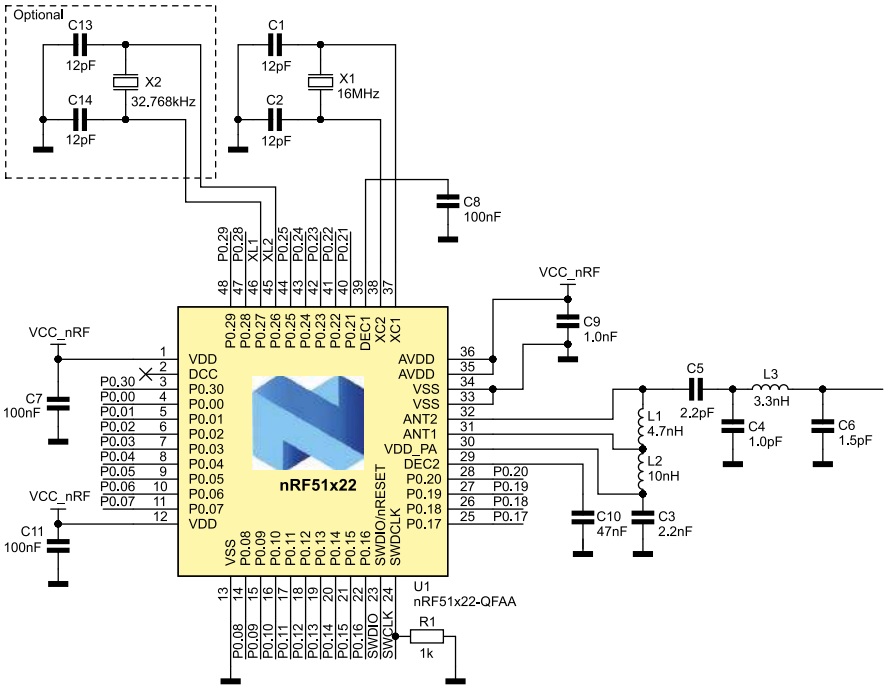
Listing 1. Kod JSON finalnego, graficznego interfejsu użytkownika opisywanego rejestratora

```
{"ty":"lout","or":"V","img":"7","cs":[{
"ty":"lout","or":"H","cs":[
    {"ty":"textview","n":"tn","tc":"0,0,0","ts":"40"},
    {"ty":"textview","n":"rn","tc":"0,0,0","ts":"40"}]},
{"ty":"textview","te":"min\t\tavg\t\tmax","tc":"9,9,9"},
{"ty":"Button","en":"0","te":"24H","tc":"0,128,0","ts":"20","bg":"0,255,0"},
{"ty":"lout","or":"H","cs":[
    {"ty":"textview","n":"t1","tc":"50,50,50","ts":"20"},
    {"ty":"textview","n":"t2","tc":"0,0,0","ts":"25","bg":"0,255,0"},
    {"ty":"textview","n":"t3","tc":"50,50,50","ts":"20"}]},
{"ty":"lout","or":"H","cs":[
    {"ty":"textview","n":"r1","tc":"50,50,50","ts":"20"},
    {"ty":"textview","n":"r2","tc":"0,0,0","ts":"25","bg":"0,255,0"},
    {"ty":"textview","n":"r3","tc":"50,50,50","ts":"20"}]},
{"ty":"textview"},
{"ty":"Button","en":"0","te":"7 DAYS","tc":"0,128,0","ts":"20","bg":"0,255,0"},
{"ty":"lout","or":"H","cs":[
    {"ty":"textview","n":"t4","tc":"50,50,50","ts":"20"},
    {"ty":"textview","n":"t5","tc":"0,0,0","ts":"25","bg":"0,255,0"},
    {"ty":"textview","n":"t6","tc":"50,50,50","ts":"20"}]},
{"ty":"lout","or":"H","cs":[
    {"ty":"textview","n":"r4","tc":"50,50,50","ts":"20"},
    {"ty":"textview","n":"r5","tc":"0,0,0","ts":"25","bg":"0,255,0"},
    {"ty":"textview","n":"r6","tc":"50,50,50","ts":"20"}]},
{"ty":"textview"},
{"ty":"Button","en":"0","n":"b1","tc":"0,128,0","ts":"20","bg":"0,255,0"},
{"ty":"lout","or":"H","cs":[
    {"ty":"textview","n":"t7","tc":"50,50,50","ts":"20"},
    {"ty":"textview","n":"t8","tc":"0,0,0","ts":"25","bg":"0,255,0"},
    {"ty":"textview","n":"t9","tc":"50,50,50","ts":"20"}]},
{"ty":"lout","or":"H","cs":[
    {"ty":"textview","n":"r7","tc":"50,50,50","ts":"20"},
    {"ty":"textview","n":"r8","tc":"0,0,0","ts":"25","bg":"0,255,0"},
    {"ty":"textview","n":"r9","tc":"50,50,50","ts":"20"}]},
{"ty":"textview","n":"v","tc":"192,192,192","bg":"70,70,70"}]}
```


eprasa.pl 1ed9207c33

2. Kontrolka textview wyświetlająca stałe napisy: min, avg, max (wiersz nr 5);
3. Kontrolka button wyświetlająca stały napis „24H" (zdefiniowana w linii nr 6). Użycie w tym miejscu kontrolki button zamiast textview poprawiło estetykę interfejsu;
4. Trzy kontrolki `t1`, `t2`, `t3` w układzie horyzontalnym wyświetlające minimalne, średnie i maksymalne wartości temperatury zarejestrowane w ciągu poprzednich 24 godzin (zdefiniowane w wierszach 8, 9 i 10 wewnątrz layoutu opisanego w wierszu 7);
5. Trzy kontrolki `r1`, `r2`, `r3` w układzie horyzontalnym wyświetlające minimalne, średnie i maksymalne wartości wilgotności względnej zarejestrowane w ciągu poprzednich 24 godzin (zdefiniowane w wierszach 12...14 wewnątrz layoutu opisanego w wierszu 11);
6. Siostrzany do opisanego w punktach 3...5 blok kontrolek wyświetlający minimalne, średnie i maksymalne wartości temperatury i wilgotności zarejestrowane w ciągu poprzednich 7 dni (zdefiniowany w wierszach 16...25);
7. Kolejny podobny blok kontrolek, tym razem prezentujący minimalne, średnie i maksymalne wartości zarejestrowane w całym czasie pracy rejestratora – od włączenia jego zasilania aż do chwili, w której dokonujemy odczytu danych (zdefiniowany jest w wierszach 26...34);
8. Kontrolka o nazwie v pokazująca stan źródła zasilania i znajdująca się u samego dołu okna interfejsu (zdefiniowana w wierszu 35 listingu 1).

Pierwsza linia kodu JSON definiuje dodatkowo tło interfejsu. Wybrana została grafika numer 7 – „`img`":„7". Jasne tło wraz z dominującym limonkowym kolorem kontrolek tworzą czytelny interfejs o świetnym odbiorze.



Rysunek 2. Schemat aplikacyjny mikrokontrolera NRF51822

Platforma sprzętowa

Zgodnie z założeniami finalny rejestrator bazuje na mikrkontrolerze z interfejsem Bluetooth Low Energy: NRF51822. Jego schemat aplikacyjny dostarczony przez producenta został pokazany na **rysunku 2**. Dodatkowo do pinów P0.00 i P0.11 podłączone zostały linie magistrali I²C czujnika wilgotności i temperatury SHT20. Na **fotografii 1** pokazano umiejscowienie czujnika na płytce drukowanej. Znajduje się tuż przy krawędzi – tam będzie miał najmniejszą bezwładność przy wykonywaniu pomiarów. Zareaguje w sekundę lub dwie nawet na podmuch ciepłego, wilgotnego powietrza z ust.

Zasilanie

Sensor SHT20 do poprawnej pracy potrzebuje napięcia zasilania z zakresu 2,1...3,6 V. Mikrokontroler NRF51822 działa już przy zasilaniu napięciem od 1,8 V, do 3,6 V. Cały projektu został opracowany tak, aby nasze urządzenie rejestrujące można było zasilić na kilka sposobów (**rysunek 3**):

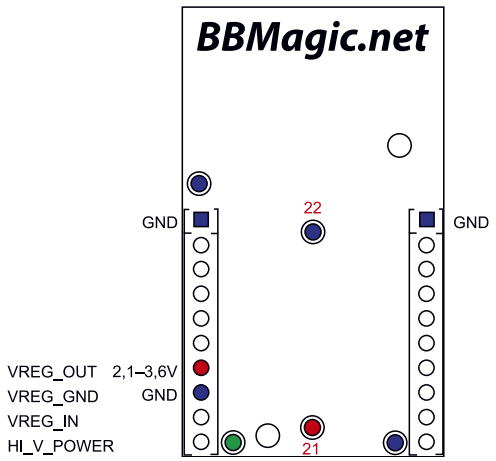
Fotografia 1. Umiejscowienie czujnika SHT20 na płytce drukowanej

1. Za pomocą baterii CR2032 o napięciu 3 V – gniazdo lutujemy do otworów 21(+) i 22(–);
2. Dwoma szeregowo połączonymi bateriami lub akumulatorami typu AA lub AAA – plus łączymy z dowolnym padem w kolorze czerwonym, a minus z kolorem niebieskim;
3. Ze źródła o wyższym napięciu, nawet do 36 V, po dodaniu stabilizatora 3,3 – w tej konfiguracji pady oznaczone jako VREG_IN, VREG_GND, VREG_OUT to odpowiednio wejście, masa i wyjście układu stabilizatora. Do wejścia HI_V_POWER podłączamy wówczas dodatni biegun źródła zasilania, a biegun ujemny łączymy z dowolnym padem koloru niebieskiego. Wejście HI_V_POWER jest zabezpieczone przed odwrotną polaryzacją. W **tabeli 1** zestawiono różne rodzaje stabilizatorów typu low power w obudowie TO-92, które można bezpośrednio wlutować w płytkę PCB.

Na **fotografii 2** pokazano kompilację różnych sposobów zasilania zastosowanych w praktyce.

Gdy brakuje energii

Przyglądnijmy się jeszcze uważnie zastosowanym w projekcie układom: NRF51822 i SHT20. Ten drugi ma znacznie węższy zakres napięć zasilających: 2,1...3,6 V w stosunku do mikrokontrolera: 1,8...3,6 V. Może zatem wystąpić sytuacja, gdy napięcie zasilania spadnie

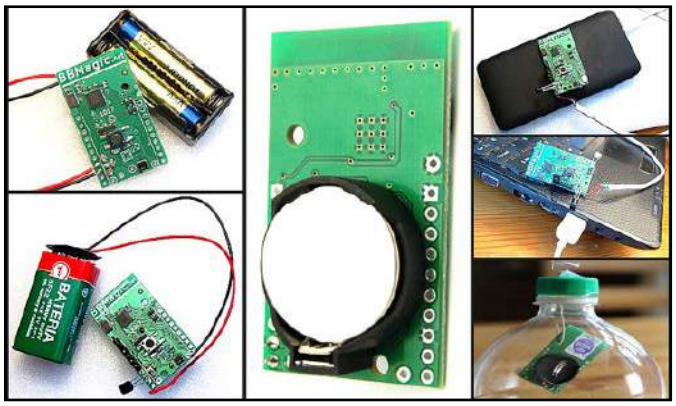


Rysunek 3. Wyprowadzenia służące do zasilania modułu

eprasa.pl 1ed9207c33

Tabela 1. Różne rodzaje stabilizatorów typu low power w obudowie TO-92

Typ stabilizatora	Maksymalne napięcie wejściowe [V]	Typowy prąd bez obciążenia [μA]	Maksymalny prąd bez obciążenia [μA]
MCP1702-3302E	13,2	2	5
LM2936Z-3.3	40 (60 V wersja HV)	15	20
LT1121CZ-3.3	30	30	50
TS2950CT-3.3, LM2950-3.3	30	75	120
LP2950CZ-3.3RAG	30	93	120



Fotografia 2. Różne sposoby zasilania modułu zastosowane w praktyce

np. do 2,0 V i wykonywanie pomiarów przez SHT20 będzie niemożliwe. Jak wówczas zachowa się rejestrator? Odpowiedź na to pytanie zawiera pewien szczegół widoczny na rysunku 1. W kontrolce na samym dole ekranu, obok aktualnego napięcia baterii, widoczny jest dodatkowy komunikat: „LO 4h". Informuje on o tym, że od czterech godzin nie są wykonywane pomiary z powodu zbyt niskiego napięcia zasilania.

Finalne działanie

Dysponując urządzeniem mobilnym z systemem Android od wersji 4.4.2, które zawiera chip Bluetooth Low Energy (Bluetooth od wersji 4.0), instalujemy aplikację BBMobile. Po uruchomieniu naciskamy START w prawym górnym rogu i jeśli nasz rejestrator jest włączony, to na liście dostępnych urządzeń pojawi się jego nazwa BB_TEMP (**rysunek 4**). Ostatnie cztery znaki nazwy to adres rejestratora. Wybieramy go z listy i już po chwili na ekranie widnieje nasz zaprojektowany interfejs z interesującymi informacjami. Aby zakończyć połączenie z rejestratorem, naciskamy przycisk STOP w prawym górnym rogu ekranu.

Rejestracja i prezentowanie danych

Trzy sekundy po włączeniu zasilania rejestrator wykonuje pierwszy pomiar. Kolejne próbki pobierane są co 60 minut. Dane w bloku „ALL DAYS" to maksymalne, minimalne i średnie wartości zarejestrowane od startu urządzenia. Dostępne są natychmiast po wykonaniu pierwszego pomiaru, tuż po włączeniu zasilania. Gdy połączymy się z rejestratorem kilka sekund po jego uruchomieniu, informacje z ostatniej doby oraz tygodnia nie są wówczas jeszcze dostępne.

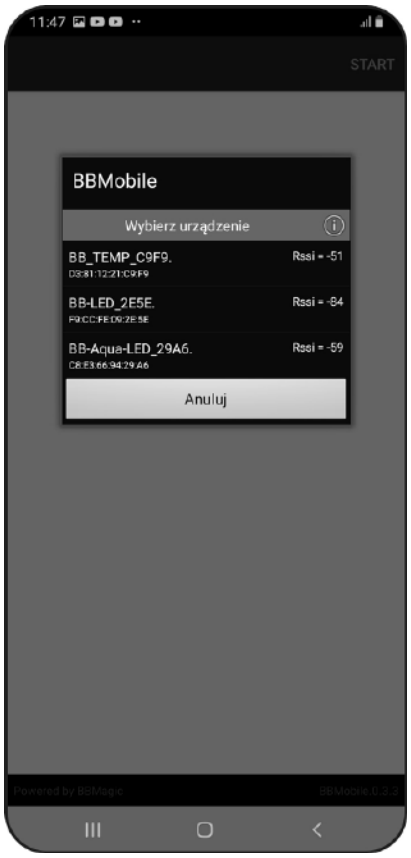
Po 24 godzinach od włączenia zasilania pojawiają się dane dobowe: maksymalna, średnia i minimalna temperatura oraz wilgotność. Wartości te uaktualniane są następnie co 60 minut, po wykonaniu każdego kolejnego pomiaru. Odczytując w dowolnej chwili z ekranu smartfona prezentowane wartości, mamy zawsze pewność, że są to najświeższe dostępne dane. Dokładnie z ostatnich 24 godzin.

Zarejestrowane wartości dobowe zapamiętywane są przez kolejnych siedem dni, aby po tym czasie możliwe było obliczenie i zaprezentowanie danych tygodniowych. Na **rysunku 5** został pokazany interfejs wypełniony po brzegi informacjami z rejestratora pracującego ponad 3 miesiące na południowej fasadzie budynku.

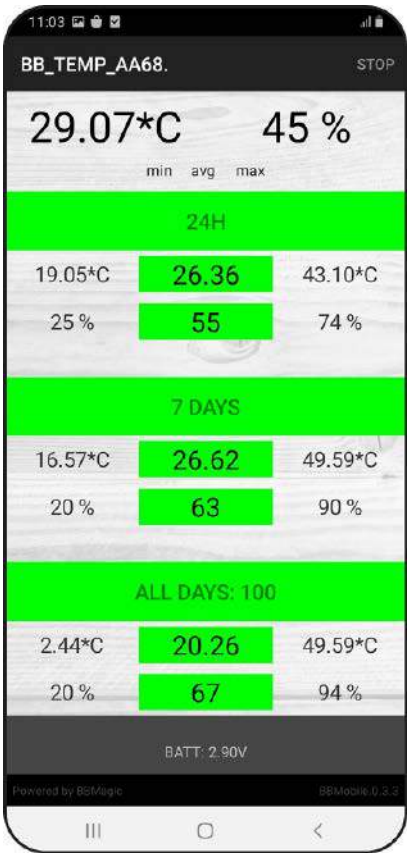
Nie tylko rejestrator

Gdy smartfon połączony jest z rejestratorem, pomiary wykonywane są co 5 sekund. Aktualnie zmierzone wartości pokazywane są u góry ekranu, aby możliwe było śledzenie również bardziej dynamicznych zmian wilgotności i temperatury. Dzięki temu nasz rejestrator może być użyty także jako termometr i higrometr o dużej precyzji i bardzo małej bezwładności. Te dodatkowe pomiary są brane pod uwagę tylko przy rejestracji maksymalnych i minimalnych wartości „ALL DAYS". Nie są one uwzględniane przy obliczaniu średnich, a także maksymalnych oraz minimalnych dobowych i tygodniowych. Dynamiczny proces pomiarowy nie zakłóca zatem zbieranych co godzinę danych.

Mariusz Żądło



Rysunek 4. Nazwa działającego rejestratora znajduje na liście dostępnych urządzeń, jego nazwa to BB_TEMP



Rysunek 5. Interfejs wypełniony po brzegi informacjami z rejestratora pracującego ponad 3 miesiące

eprasa.pl 1ed9207c33

Produkcja pakietów elektronicznych

Linia małoseryjna i prototypowa

Zbudowanie sprawnie działającej prototypowej i małoseryjnej linii produkcji pakietów elektronicznych nie jest procesem łatwym. Wynika to w dużej mierze z konieczności podjęcia właściwych decyzji dotyczących narzędzi i urządzeń uwzględniających specyfikę tej działalności.

Więcej informacji:
RENEX
87-800 Włocławek, Al. Kazimierza Wielkiego 6E
tel. 54 231 10 05, 54 411 25 55
e-mail: office@renex.pl, www.renex.pl

Produkcja małoseryjna i prototypowa w zakładach przemysłowych jest często uzależniona od mocy przerobowych głównych linii bądź od podwykonawców. Z tego względu prace wydłużają się z powodu oczekiwania na odpowiedni moment bądź są nieopłacalne. Duże firmy, by pozostać konkurencyjnymi, często decydują się na utworzenie odrębnych linii do niezależnej realizacji tych procesów. Jednocześnie wielu nowych przedsiębiorców, często funkcjonujących w formie startupów, właśnie od produkcji tego typu zaczyna swoją działalność w branży elektronicznej.

Co dość oczywiste – wybór odpowiednich urządzeń i rozwiązań może mieć kluczowe znaczenie dla przyszłości tego przedsięwzięcia. Istotne staje się podjęcie właściwych, świadomych decyzji opartych na doświadczeniu w opracowywaniu podobnych projektów. Problem pojawia się w sytuacji, kiedy realizujący projekt nie posiada takiego doświadczenia. W takiej sytuacji rozwiązaniem może być nawiązanie współpracy z podmiotem wyspecjalizowanym.

W Polsce działalność doradczą w tym zakresie świadczy Grupa RENEX. Jest ona zarówno producentem własnych produktów przeznaczonych dla branży elektronicznej, jak i przedstawicielem światowych marek z tej dziedziny. W tym opracowaniu przyjrzymy się wybranym problemom z zakresu tworzenia i funkcjonowania linii prototypowych i małoseryjnych, i rozwiązaniom dostępnym w ofercie RENEX.

Przestrzeń

Projektowanie linii małoseryjnej bądź prototypowej produkcji elektroniki należy rozpocząć od przestrzeni, w jakiej odbywać się będzie ta działalność. Biorąc pod uwagę małą odporność dużej części stosowanych w branży komponentów, montaż taki, podobnie jak montaż wielkoseryjny, powinien przebiegać w strefie EPA, tj. przestrzeni zaprojektowanej i wyposażonej tak, by zmniejszyć ryzyko uszkodzeń wynikających z wyładowań elektrostatycznych. Obejmuje to zarówno dobór odpowiedniej podłogi, mebli, jak i urządzeń i narzędzi.

Grupa RENEX specjalizuje się w doradztwie z zakresie tworzenia i odpowiedniego utrzymywania stref EPA. Specjaliści pomagają w doborze odpowiednich rozwiązań, a także przeprowadzają audyty i kontrole pozwalające na rozpoznanie i wyeliminowanie możliwych błędów w jej funkcjonowaniu. Grupa jest również producentem zdobywających światowe rynki antystatycznych mebli REECO. Są to modułowe konstrukcje zaprojektowane tak, by mogły być przystosowane do wymogów danej przestrzeni. Co istotne z punktu widzenia przedmiotowego opracowania – na ich podstawie można utworzyć zindywidualizowane i ergonomiczne stanowiska pracy ręcznej, niezbędne do wprowadzania szybkich poprawek w tworzonych prototypach czy też małych seriach produktów. Przykładem może być tutaj gotowa do wdrożenia konstrukcja – Stół Antystatyczny REECO Premium – o wysokości blatu regulowanej elektrycznie.

Istotnym elementem strefy EPA – choć takim, który często nie jest postrzegany jako jej wyposażenie – jest również odpowiedni strój pracowniczy. W tym przypadku odpowiedni można rozumieć jako taki, który jest zarówno wygodny – pozwalający na komfortową pracę, jak i mający właściwości antystatyczne. Zaniedbania w tym względzie są często słabym ogniwem powodującym, że wszystkie starania włożone w odpowiednie wytworzenie i utrzymanie strefy ESD są niweczone. W tym przypadku również godnymi polecenia są produkty marki REECO. Oferta odzieży antystatycznej, w konkurencyjnych cenach, jest bardzo szeroka, co pozwala na wybór rozwiązań dopasowanych do charakteru działalności.

Stanowisko pracy ręcznej

Kolejnym etapem budowania linii produkcji małoseryjnej i prototypowej jest właściwe wyposażenie stanowiska pracy ręcznej. Podstawą, obok drobnych narzędzi, takich jak obcinaczki i pęsety, jest dobra stacja lutownicza. Duże znaczenie ma możliwość szybkiej, a najlepiej programowalnej zmiany temperatury końcówki lutowniczej i dostępność szerokiej gamy kompatybilnych grotów. Pracę przyspieszą stacje wyposażone w więcej niż jedną rączkę lutowniczą z różnymi końcówkami, dzięki czemu kolejne zadania mogą być realizowane bez konieczności modyfikacji narzędzi.

Cechy takie ma np. JBC DDPE Precision – Cyfrowa Stacja Dwunarzędziowa do Napraw Precyzyjnych (**fotografia 1**). Jest to urządzenie przeznaczone do szybkiej i precyzyjnej pracy z komponentami SMD. Jednostka sterująca DDE jest w pełni kompatybilna z 10 narzędziami i może jednocześnie kontrolować dwa. Już w standardzie dostarczana

Fotografia 1. JBC DDPE Precision – Cyfrowa Stacja Dwunarzędziowa do Napraw Precyzyjnych

eprasa.pl 1ed9207c33

Fotografia 2. Drukarka szablonowa NEODEN model FP2636

jest wraz z precyzyjną rączką T210 i regulowanymi mikropęsetami AM120, które pozwalają na szybką i efektywną pracę z dużą częścią stosowanych w branży komponentów. Niemałe znaczenie dla wydajności tego typu stanowiska mają również rozlutownice, takie jak np. DEN-ON SC7000Z, pozwalające na wprowadzanie szybkich poprawek w budowanych prototypach.

Urządzenia

Kolejnym i bez wątpienia najbardziej istotnym krokiem jest dobór urządzeń wchodzących w skład linii. Produkcja małoseryjna i prototypowa rządzi się tymi samymi zasadami i realizuje ten sam proces, co produkcja wielkoseryjna. Jednak należy uwzględnić to, że zastosowane w niej rozwiązania muszą umożliwiać szybkie zmiany i płynne przechodzenie z jednego montażu na drugi. Dla uzyskania tego celu i z uwzględnieniem tych założeń została opracowana linia urządzeń NEODEN do prototypowania i produkcji małoseryjnej. Pozwala ona na realizację w małej skali wszystkich zadań normalnie realizowanych na dużych urządzeniach przemysłowych.

Proces rozpoczyna się oczywiście od drukarki szablonowej. W omawianym typie produkcji efektywne, a przy tym wydajne kosztowo, są już drukarki ręczne. Dlatego do omawianej linii produktów NEODEN włączono uznany model FP2636 (**fotografia 2**). Jest to proste w obsłudze urządzenie pozwalające na uzyskanie dużej precyzji rozmieszczenia i grubości nałożenia pasty. Jednocześnie umożliwia ono szybką zmianę szablonu, doskonale wpisując się w specyfikę działalności małoseryjnej.

Oczywiście proces nadruku można usprawnić, stosując alternatywnie urządzenie półautomatyczne. W produkcji małoseryjnej i prototypowej doskonale sprawdza się np. szablonowa drukarka TWS SR-2700 (**fotografia 3**). Duża powierzchnia nadruku – aż 675×585 mm i pierwszorzędne parametry techniczne sprawiają, że jest to produkt o doskonałym stosunku jakości do ceny. Dwie ręcznie sterowane kamery umożliwiają podgląd przy pozycjonowaniu płytki PCB względem szablonu. Urządzenie jest wyposażone w dwie niezależne, samopoziomujące, sterowane ciśnieniem, elektronicznie uruchamiane rakle oraz w system automatycznego odrywania płytki od szablonu z programowalną prędkością. Maksymalna obsługiwana grubość PCB wynosi aż 6 mm. Co istotne przy częstych zmianach procesu

Fotografia 3. Półautomatyczna szablonowa drukarka TWS SR-2700

charakterystycznych dla produkcji małoseryjnej – urządzenie jest wyposażone w dotykowy panel operatorski i jest bardzo łatwe w użyciu.

Kolejnym krokiem, a zarazem etapem produkcji jest montaż komponentów na płytce PCB. Przebiega on oczywiście z użyciem automatów typu Pick & Place, jak np. wpisującego się w omawianą serię modelu NEODEN4 Z SYSTEMEM WIZYJNYM (**fotografia 4**). Urządzenie wyposażone jest w 4 głowice montażowe i pozwala na pracę na płytkach o wielkości do 350×400 mm w standardzie, a opcjonalnie nawet do 310×1500 mm, i z komponentami w zakresie do 0201 – 35×35 mm. Automat osiąga przy tym bardzo dobrą dla produkcji małoseryjnej wydajność 4400 CPH i obsługuje aż 48 podajników 8 mm.

Uwzględniając częstotliwość zmian produkcji małoseryjnej, przy wyborze należy uwzględnić to, jak szybko urządzenie może być przekonfigurowane do wykonania kolejnej serii produktów. Na przykładzie urządzenia NEODEN4 można zauważyć, że kluczowe znaczenie ma tu intuicyjność oprogramowania i szybkość fizycznej rekonfiguracji urządzenia.

Dopełnieniem linii produkcyjnej jest oczywiście piec rozpływowy. Modelem wpisującym się w omawiane zestawienie urządzeń NEODEN jest model IN6 (**fotografia 5**). Urządzenie zawiera 3 strefy grzania i 1 strefę ochładzania pozwalające realizować profile do 300°C. Dodatkowa termopara umożliwia szybkie profilowanie i optymalizację, co pozwala na sprawne przechodzenie z jednej serii produktów do następnej wpisując się w wymogi produkcji małoseryjnej

Fotografia 4. Automat Pick & Place NEODEN4 Z SYSTEMEM WIZYJNYM

eprasa.pl 1ed9207c33

Fotografia 5. Piec rozpływowy NEODEN model IN6

Fotografia 7. Robot Lutowniczy REECO

i prototypowej. Alternatywą może być większe – pięciostrefowe urządzenie TWS AUTOMATION 1385 EVO (**fotografia 6**), wyposażone w termopary typu K umieszczone w każdej strefie. Piec wyposażony jest w dwa rodzaje transportu: brzegowy z podparciem centralnym i siatkowy w zakresie 110...305 mm pracujący z prędkością od 100 do 500 mm/min.

Gospodarka magazynowa

W tym miejscu należy zwrócić również uwagę na zagadnienie gospodarki magazynowej. Produkcja małoseryjna wbrew pozorom może być dużo większym wyzwaniem logistycznym niż produkcja wielkoseryjna. Często wymaga ona bowiem trzymania na stanie i operowania szerokim spektrum komponentów elektronicznych. Błędy w tym procesie zarządzania prowadzą do przestojów, a w przypadku wrażliwych na wilgoć komponentów (MSD) do strat materiałowych. Rozwiązaniem może być wyposażenie zaplecza linii w odpowiednie szafy do zabezpieczania komponentów elektronicznych. Doskonałym przykładem mogą być Szafy Osuszające REECO. Urządzenia tego rodzaju zapewniają i utrzymują niski stopień wilgotności niezbędny do zachowania bezpieczeństwa komponentów w zgodzie z normą IPC/JEDEC J-STD-033B.1 na poziomie niższym niż 5% RH, przy czym standardowo osiąganą wartością jest 2% RH. Co szczególnie istotne, moduły osuszające w produktach REECO pracują przez cały czas, utrzymując wymagany poziom wilgotności powietrza niezależnie od poprawności działania czujników. Stanowi to dodatkowe zabezpieczenie przechowywanych komponentów na wypadek awarii czujników. Znaczącym czynnikiem jest również łatwość obsługi urządzeń. Instalacja ogranicza się do podłączenia urządzenia do źródła zasilania i nie wymaga wprowadzania żadnych ustawień.

Montaż THT

Uzupełnieniem linii są rozwiązania pozwalające na automatyzację montażu THT. Konwencjonalnie w tym procesie stosuje się fale lutownicze. W przypadku produkcji małoseryjnej bardziej wydajnymi kosztowo są jednak precyzyjne roboty lutownicze, które nie wymagają nagrzewania całego tygla spoiwa i mogą być szybko przeprogramowywane z realizacji jednej serii na drugą. Najlepszym przykładem takiego rozwiązania jest Robot Lutowniczy REECO (**fotografia 7**) – flagowy model odznaczonej Godłem TERAZ POLSKA serii Robotów REECO.

Podsumowanie

Elementy wyposażenia przeznaczone do produkcji małoseryjnej, poza spełnianiem tych samych wymogów, co dla produkcji wielkoseryjnej, muszą umożliwiać elastyczną i szybką rekonfigurację linii.

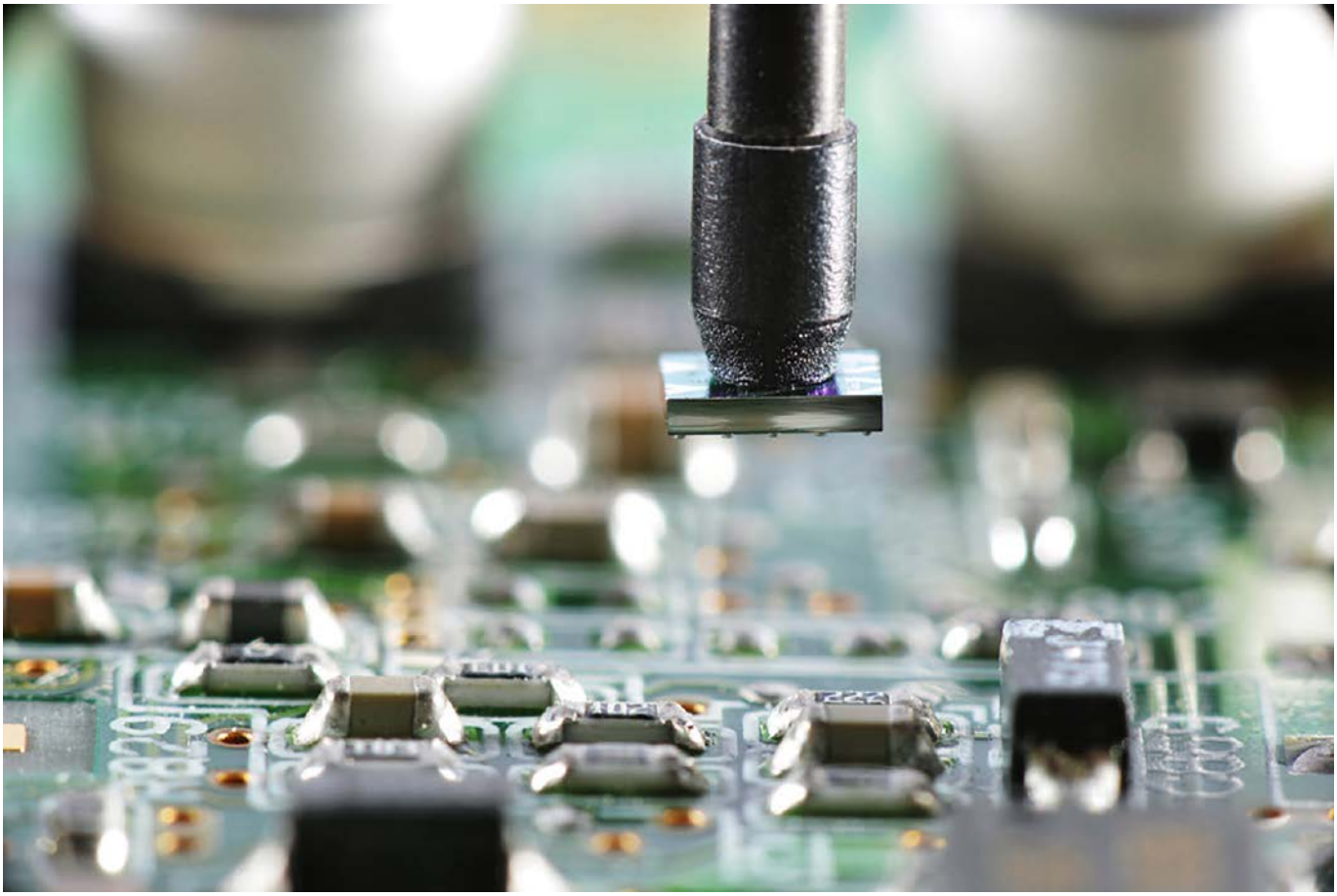
Omówione rozwiązania można zobaczyć i przetestować w CENTRUM TECHNOLOGICZNO-SZKOLENIOWYM RENEX. W ramach jego działalności prowadzone są również kursy z obsługi urządzeń i całych linii produkcyjnych.

Więcej na www.renex.pl.

RENEX

fotografia 6. Pięciostrefowe urządzenie TWS AUTOMATION 1385 EVO

eprasa.pl 1ed9207c33



Lutowanie

– najważniejszy etap prototypowania i produkcji

Łączenie wyprowadzeń elementów elektronicznych z odpowiednimi polami na płytce drukowanej za pomocą rozgrzanego spoiwa lutowniczego jest od dawna stosowaną techniką. Wraz z postępem technologicznym metoda ta przeszła wiele zmian, modyfikacji i udoskonaleń. Stosowane materiały są bezpieczniejsze dla środowiska, sprzęt pozwala na większą precyzję i zagęszczenie elementów, a nowe techniki umożliwiają szybszą i wydajniejszą produkcję. W artykule skupimy się na wyjaśnieniu najistotniejszych zagadnień związanych z lutowaniem powierzchniowym oraz opiszemy narzędzia niezbędne przy pracy z elementami SMD oraz BGA w profesjonalnej pracowni konstrukcyjnej i na małej linii produkcyjnej.

Lutowanie jest wyjątkowym etapem całego procesu produkcji w branży elektronicznej. To zespół czynności, które łączą trudy projektowania, obliczeń, symulacji, prób i testów, a także wszelkie starania organizacyjno-zaopatrzeniowe i przekształcają je w rzeczywisty obwód elektroniczny, który jest w stanie realizować określone zadania. Taki opis celowo podkreśla ważność tego etapu. Gdyby okazało się, że przez niewłaściwie dobrane parametry lutowania wyprowadzenia któregoś elementu zostałyby niedolutowane, to urządzenie nie działałoby prawidłowo. Podobnie wygląda sytuacja w przypadku lutowania jako etapu naprawy. Brak odpowiedniego sprzętu doprowadzi to sytuacji, w której uszkodzony element zostanie zastąpiony nowym, uszkodzonym w trakcie montażu elementem, a dodatkowo mogą ucierpieć inne elementy czy nawet płytka PCB.

Zanim zaczniemy omawianie technik i sprzętu do montażu, dokonamy przeglądu najczęściej używanych obudów elementów SMD. Praktyczna znajomość rodzajów i stosowanych oznaczeń pozwala wyobrazić sobie wygląd elementu i ocenić wymagania montażowe.

Mniejsze wymiary, więcej korzyści

Korzyści płynących z zastosowania montażu powierzchniowego SMD (*Surface-Mounted Devices*) jest wiele. W porównaniu z tradycyjnym montażem przewlekanym THT (*Through Hole Technology*) układy powierzchniowe charakteryzują się znacznie większą gęstością upakowania, wyższą maksymalną częstotliwością pracy, a także lepszą odpornością na wibracje. Montaż powierzchniowy w całości poddaje się automatyzacji, co oprócz obniżenia kosztów produkcji korzystnie wpływa również na niezawodność finalnego produktu. Ostatecznie, zdecydowana większość nowoczesnych układów i elementów jest dostępna wyłącznie w obudowach do montażu powierzchniowego.

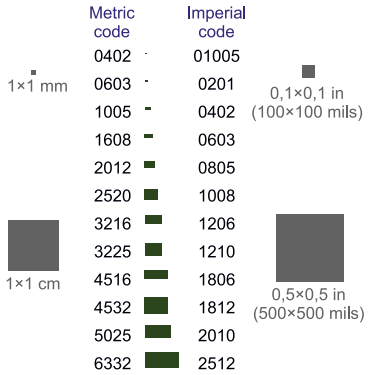
Rezystory i małe elementy bierne

Obudowy elementów biernych, ale także niektóre diody, bezpieczniki, termistory, ferryty oraz całe mnóstwo innych zostały sklasyfikowane

eprasa.pl 1ed9207c33

Tabela 1. Oznaczenia elementów SMD oraz ich wymiary i dopuszczalna moc, zapisane w systemie metrycznym i calowym

Imperial				Size	Metric			
Resistor Case Code	Approx. Length (in)	Approx. Width (in)	Power (W)		Resistor Case Code	Approx. Length (mm)	Approx. Width (mm)	Power (W)
01005	0.016	0.008	0.031		0402	0,4	0,2	0,031
0201	0.02	0.01	1/20 (0.05)		0603	0,6	0,3	1/20 (0,05)
0402	0.04	0.02	1/16 (0.062)		1005	1,0	0,5	1/16 (0,062)
0603	0.06	0.03	1/10 (0.10)		1608	1,6	0,8	1/10 (0,10)
0805	0.08	0.05	1/8 (0.125)		2012	2,0	1,25	1/8 (0,125)
1206	0.125	0.06	1/4 (0.25)		3216	3,2	1,6	1/4 (0,25)
1210	0.125	0.10	1/2 (0.5)		3225	3,2	2,5	1/2 (0,5)
1812	0.18	0.125	3/4 (0.75)		4532	4,5	3,2	3/4 (0,75)
2010	0.20	0.10	3/4 (0.75)		5025	5,0	2,5	3/4 (0,75)
2512	0.25	0.125	1		6332	6,3	3,2	1



Rysunek 1. Najpowszechniej stosowane typy elementów SMD dwuwyprowadzeniowych

zgodnie z wykazem pokazanym na **rysunku 1**. Są to obudowy typu chip ich rozmiary są zgodne ze standardami branżowymi, takimi jak specyfikacje JEDEC. Oprócz wymiarów mają dokładnie określone opakowania w postaci papierowych lub plastikowych taśm przystosowanych do montażu automatycznego.

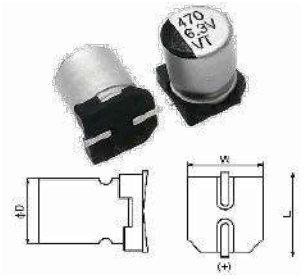
Nie są to wszystkie dostępne warianty – wybrane zostały te, które są praktycznie stosowane. Wymiary są zakodowane w ich nazwie, dokładne zestawienie pokazuje **tabela 1**. Przykładowa obudowa 1206 ma wymiary 120×60 milsów (1 mils to 1/1000 cala, czyli 25,4 μm). Przeliczając na milimetry i zaokrąglając, uzyskujemy więc 3,1×1,5 mm. Przyjęło się stosować calowe jednostki długości, ale można spotkać również oznaczenia w systemie metrycznym. Czasami powoduje to nieporozumienia, w szczególności przy obudowach 0402 i 0603, ponieważ takie oznaczenia występują zarówno w systemie calowym, jak i metrycznym. Dlatego przy stosowaniu systemu metrycznego zaleca się dodanie litery M, np. M0402, M0603.

Należy pamiętać, że wraz z wymiarami elementów zmienia się ich dopuszczalna moc strat – wartości tego parametru również zostały zawarte w tabeli 1. Warto zwrócić uwagę na ten fakt zwłaszcza wtedy, gdy decydujemy się na zastosowanie najmniejszych dostępnych elementów. Sytuację doskonale podkreśla **fotografia 1**.

Kondensatory

Aluminiowe kondensatory elektrolityczne SMD mają konstrukcję zbliżoną do swoich przewlekanych odpowiedników. Walcowy, aluminiowy kubek uzupełniono kwadratową, plastikową podstawą z płasko wyprofilowanymi wyprowadzeniami (**rysunek 2**). Normalizacji podlega jedynie średnica kubka: 3; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 18 mm, natomiast wymiary podstawy, nieco większe od średnicy walca, różnią się w zależności od producenta. Na szczęście różnice te są niewielkie, co umożliwia stosowanie jednolitych wzorów pól lutowniczych i zamienne stosowanie na jednej płytce kondensatorów różnych firm. W **tabeli 2** zestawiono orientacyjne wymiary maksymalne, wybrane z kilku katalogów. Całkowity bałagan panuje za to w firmowych oznaczeniach obudów. Każdy producent używa własnego systemu, a na domiar złego oznaczenia te potrafią być między sobą sprzeczne. Dlatego też zamiast nazw symbolicznych, w celu jednoznacznej identyfikacji rozmiaru obudowy, najwygodniej jest używać kombinacji nominalnej średnicy i wysokości kubka, np. 6,3×8. Przy okazji przypomnijmy,

Fotografia 1. Wygląd najmniejszych elementów SMD

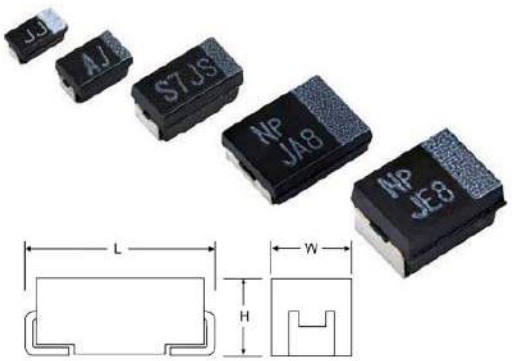


Rysunek 2. Obudowy powszechnie stosowane dla kondensatorów elektrolitycznych montowanych powierzchniowo

eprasa.pl 1ed9207c33

Tabela 2. Wymiary obudów kondensatorów elektrolitycznych SMD

średnica walca ΦD [mm] ±0,5	szerokość podstawy W [mm]	długość podstawy łącznie z wyprowadzeniami L [mm]
3,0	3,3	3,5–4,5
4,0	4,3–4,5	5,0–5,5
5,0	5,3–5,5	6,0–6,5
6,3	6,6–6,8	7,3–7,8
8,0	8,3–8,6	9,0–9,5
10,0	10,3–10,6	11,0–12,0
12,5	12,8–13,1	13,5–14,5
16,0	16,3–16,7	17,0–18,0
18,0	18,3–18,7	19,0–20,0



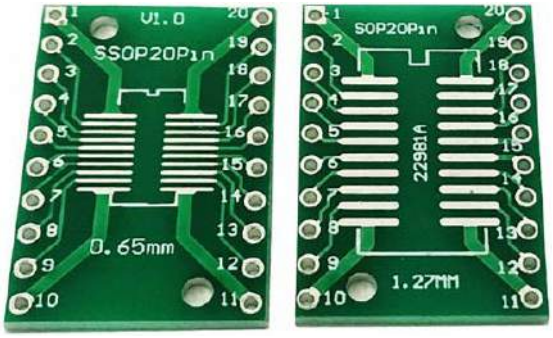
Rysunek 3. Standardowe obudowy kondensatorów tantalowych SMD

że biegunowość wyprowadzeń kondensatorów elektrolitycznych może być oznaczona na dwa sposoby: drukowanym paskiem na wierzchu obudowy (elektroda ujemna) oraz ścięciem narożników podstawy (elektroda dodatnia).

Elektrolityczne kondensatory tantalowe SMD mają zupełnie inną konstrukcję – **rysunek 3**. Mają formę „cegiełkową" zbliżoną do obudów chip, jednak o innym kształcie elektrod i wykonaną w osobnym szeregu wymiarowym. Ich podstawowe oznaczenie składa się również z dwóch liczb, czyli łącznie 4 cyfr, określających wymiary poziome – jednak tym razem wyrażonych w dziesiątych częściach milimetra (0,1 mm). Zamiennie stosuje się również oznaczenia jednoliterowe: A...E, V – (**tabela 3**). Przypomnijmy, że w przeciwieństwie

Tabela 3. Wymiary obudów kondensatorów tantalowych SMD

oznaczenie literowe	oznaczenie EIA (metryczne)	L [mm]	W [mm]	H [mm]	L [in]	W [in]
A	3216-18	3,20	1,60	1,60	0,126	0,063
B	3528-21	3,50	2,80	1,90	0,138	0,110
C	6032-28	6,00	3,20	2,60	0,236	0,126
D	7343-31	7,30	4,30	2,90	0,287	0,169
E	7343-43	7,30	4,30	4,10	0,287	0,169
V	7361-38	7,30	6,10	3,45	0,287	0,240



Fotografia 2. Obudowy SOP występują z różnymi rastrami wyprowadzeń

do kondensatorów aluminiowych, kreska nadrukowana na obudowie kondensatora tantalowego oznacza elektrodę dodatnią (+).

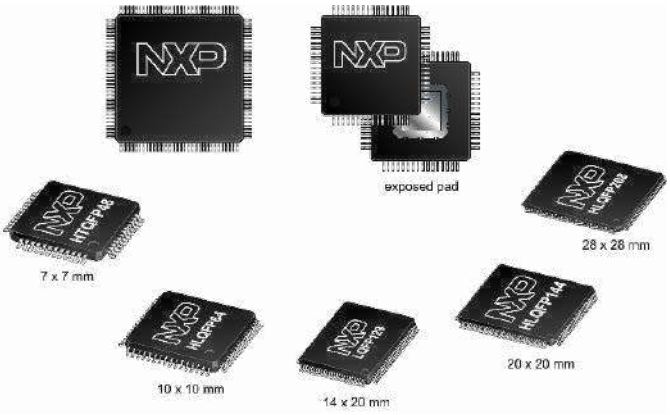
Układy scalone

Dużo większe zróżnicowanie dotyczy elementów półprzewodnikowych, a zwłaszcza układów scalonych. Zmiana dominującej techniki montażu nie przeszkodziła jednak utrwaleniu istniejącego podziału na trzy zasadnicze klasy. Pierwsza to obudowy dwurzędowe wywodzące się w prostej linii z rodziny DIP, a noszące w technologii SMT nazwy zawierające wspólny rdzeń SO (*Small Outline*). Początkowo były to obudowy SOIC (SO-xx) a następnie stopniowo zagęszczane i spłaszczane obudowy z rodziny SOP (*Small Outline Package*), oznaczane m.in. PSOP (*Plastic...*), SSOP (*Shrink...*), TSOP (*Thin...*), VSOP (*Very Thin...*) Na **fotografii 2** zostały porównane przykładowe płytki, adaptery przeznaczone dla układów w obudowach SOP i SSOP.

Drugą klasą obudów są płaskie obudowy prostokątne (najczęściej kwadratowe) z wyprowadzeniami rozmieszczonymi na czterech bokach i zawierające w oznaczeniach literę Q (*Quad*). Wśród nich najliczniej reprezentowane są obudowy z rodziny QFP (*Quad Flat Pack*), takie jak np. PQFP, TQFP, VQFP, wyposażone w płaskie nóżki, wystające poza obrys korpusu i uformowane w kształcie przypominającym skrzydło mewy (stąd też pochodzi ich nazwa *gull-wings*). Kilka typów obudów tego typu pokazano na **rysunku 4**.

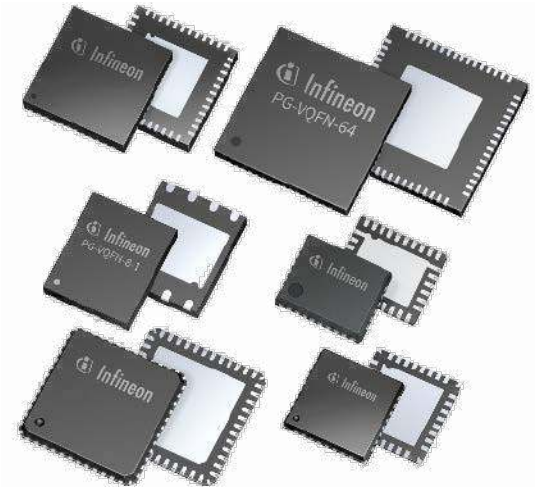
Obecnie dominującymi typami obudów są wersje beznóżkowe, w których wyprowadzenia są zatopione w korpusie, widoczne tylko na dolnych krawędziach i na spodzie. Reprezentowane są m.in. przez rodzinę QFN (*Quad Flat Noleads*) – **rysunek 5**. Warto wspomnieć, że te obudowy często są wyposażone w duże metaliczne pole na spodzie (lub kilka mniejszych pól), które służą do odprowadzania ciepła z układu – jest to tzw. *thermal pad*. Jako ciekawostkę warto pokazać np. obudowę układu MAX20735 (**rysunek 6**), który jest kompletnym scalonym stabilizatorem impulsowym o prądzie wyjściowym do 40 A.

Trzecią kategorią obudów są te z matrycowym układem wyprowadzeń (*Grid Array*) reprezentowane w dziedzinie SMD przez bardzo



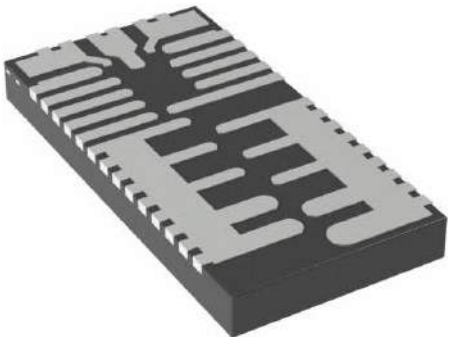
Rysunek 4. Obudowy typu QFP występują w wielu rozmiarach i z różnymi rastrami wyprowadzeń

eprasa.pl 1ed9207c33

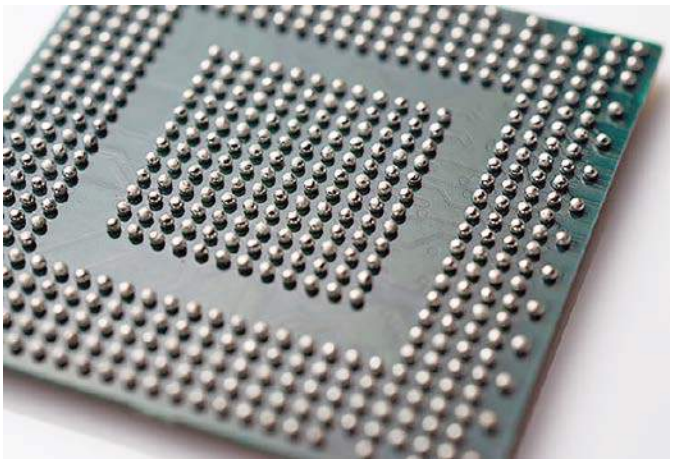


Rysunek 5. Różne rodzaje obudów QFN – z wyprowadzeniami niewychodzącymi poza obrys obudowy

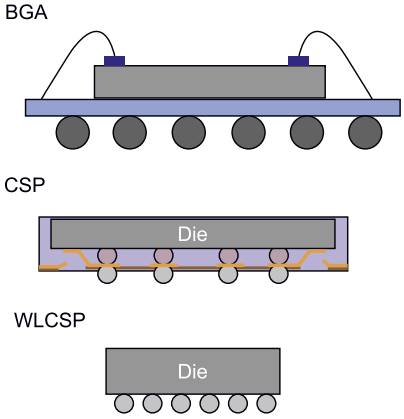
liczną rodzinę BGA (*Ball Grid Array*). Wspólną cechą łączącą obudowy BGA jest wykonanie wyprowadzeń w postaci małych okrągłych padów rozmieszczonych na spodzie obudowy. Często zawierają przylutowane kulki stopu lutowniczego, które ulegają przetopieniu podczas montażu (**fotografia 3**). Typowy układ BGA składa się z niewielkiej struktury krzemowej (*silicon die*) umieszczonej na znacznie większej płytce PCB (*carrier*). Pomiędzy nimi znajdują się połączenia elektryczne w postaci cienkich drucików rozprowadzające wyprowadzenia struktury na odpowiednie pady na płytce. Jest to konstrukcja charakterystyczna dla dużych wersji układów. Natomiast coraz częściej dostępne są niewielkie układy o podobnej konstrukcji w obudowach oznaczanych jako CSP oraz WLCSP. Pierwotnie oznaczenie CSP było skrótowcem oznaczającym obudowę wielkości chipa (*Chip-Scale Package*). W praktyce tylko kilka obudów ma rzeczywistą wielkość struktury krzemowej, zwykle dodawana jest cienka przekładka zawierająca połączenia, pady i soldermaskę, dlatego znaczenie skrótowca zostało zmodyfikowane. Został przyjęty standard, który określa, że powierzchnia obudowy może mieć powierzchnię maksymalnie 1,2 razy większą niż struktura krzemowa, aby zakwalifikowała się jako CSP. Dopiero w przypadku, gdy wyprowadzenia układu – pady są umieszczone bezpośrednio na strukturze krzemowej, obudowa jest bardzo zbliżona do rozmiaru struktury – wafla krzemowego. Stąd wywodzi się naza WLCSP – *Wafer-Level Ship-Scale Package*. Uproszczone porównanie trzech omówionych typów obudów zostało pokazane na **rysunku 7**, od strony montażowej, wszystkie traktujemy jako układy BGA.



Rysunek 6. Bardzo skomplikowana obudowa typu QFN – wyprowadzenia służą także do odprowadzania ciepła ze struktury



Fotografia 3. Wyprowadzenia układu scalonego BGA



Rysunek 7. Różne typy układów scalonych w obudowach BGA

Raster

Przejście na montaż powierzchniowy pozwoliło na znaczne zagęszczenie końcówek. Początkowo dwukrotne tzn. do 1,27 mm (50 milsów), stopniowo zmniejszane, w miarę rozwoju technologii wytwarzania płytek drukowanych i precyzji montażu. Obecnie w scalonych układach SMD można spotkać następujące wartości rastra: **1,27** mm (0,05"); 1,25 mm; 1,00 mm; 0,95 mm; **0,80** mm; 0,75 mm; **0,65** mm; 0,635 mm (0,025"); 0,55 mm; **0,50** mm; 0,40 mm. To sporo. Na szczęście, tych powszechnie stosowanych jest tylko kilka – wyróżniono je pogrubionym drukiem. Stopień upakowania wyprowadzeń znajduje swoje odbicie w nazwach obudów zawierających przymiotniki *Shrink* lub *Fine*.

Montaż układów o gęstych rastrach nie toleruje żadnych błędów. Krótkie i gęsto rozmieszczone wyprowadzenia muszą z dużą precyzją trafiać na właściwe pola. Próby korekty zwykle kończą się uszkodzeniem elementów lub płytki PCB.

Montaż produkcyjny

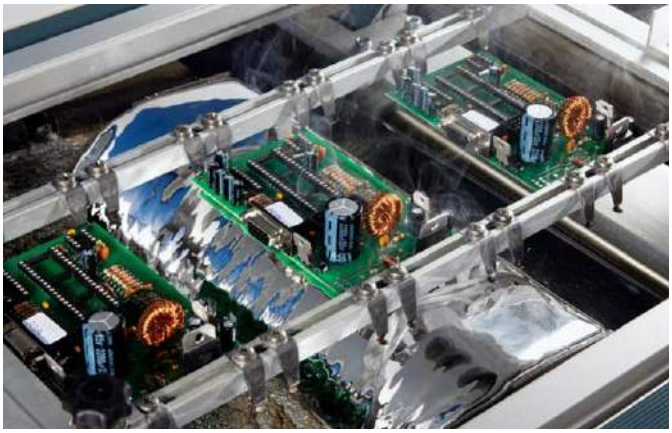
Marzeniem każdego projektanta jest możliwość swobodnego korzystania z jak najszerszej gamy elementów, niezależnie od sposobu ich montażu. Profesjonalne linie montażowe zapewniają takie możliwości, dlatego przeanalizujemy stosowane tam technologie.

Każda technika lutowania miękkiego, a z takim mamy do czynienia w naszym przypadku, polega na kilku podstawowych czynnościach: podgrzaniu złącza do wymaganej temperatury, dostarczeniu topnika usuwającego zanieczyszczenia i podaniu stopu lutowniczego tworzącego właściwą spoinę. W montażu jednostkowym stosowane jest kontaktowe lutowanie metodą „punkt po punkcie" tzn. gorącym grotem lutownicy i spoiwem z topnikiem. W przypadku produkcji obwodów drukowanych z elementami przewlekanymi stosowane jest lutowanie na fali (*wave soldering*), polegające na obsadzeniu górnej strony płytki drukowanej wszystkimi elementami a następnie przeciągnięciu jej dolnej powierzchni przez grzbiet fali utworzonej ze strumienia ciekłego stopu lutowniczego (**fotografia 4**). Stopiony metal nagrzewa punkty lutownicze i osadza się na nich, tworząc połączenia. Lutowanie na fali zdecydowanie przyspiesza montaż, jednak w odróżnieniu od tradycyjnego lutowania punktowego naraża laminat i podzespoły na znacznie większe obciążenia termiczne. Przystosowanie metody lutowania na fali do montażu powierzchniowego SMT (*Surface Mount Technology*) wymagało dodatkowego, czasochłonnego zabiegu, który polega na wstępnym przyklejaniu podzespołów SMD do laminatu. To przyczyniło się do rozwinięcia techniki lutowania rozpływowego (*reflow soldering*).

Szablony SMT

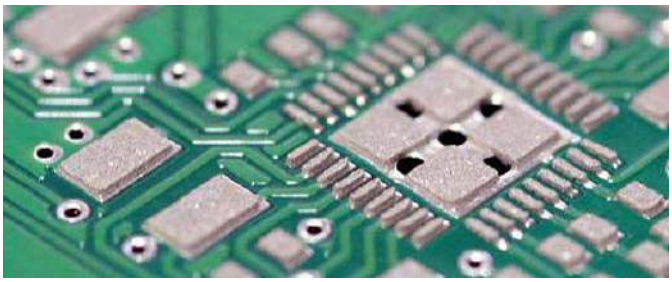
Najpierw nanosi się na pola lutownicze cienką warstwę lutowia wraz z topnikiem w postaci lepkiej pasty (**fotografia 5**). Stosuje się do tego

eprasa.pl 1ed9207c33

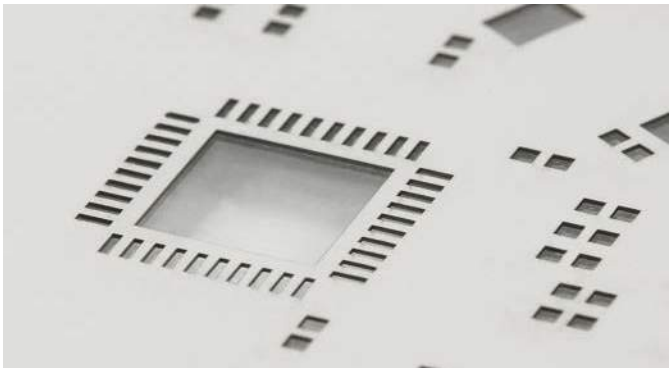


Fotografia 4. Proces montażu na fali (*wave soldering*)

szablony wykonane z metalu w formie sita (**fotografia 6**). Po przyłożeniu szablonu do płytki drukowanej otwory sita trafiają dokładnie w takie miejsca, że odsłaniają wyłącznie punkty lutownicze elementów SMD. Od górnej strony nakłada się pastę lutowniczą i zgarnia jej nadmiar raklą. Po zdjęciu szablonu na płytce pozostaje cienka warstwa pasty lutowniczej (o grubości równej grubości szablonu) wyłącznie w miejscach otworów sita, czyli na padach lutowniczych. Taka jest ogólna zasada działania wszystkich sitodrukarek do nakładania



Fotografia 5. Płytka z nałożoną pastą lutowniczą



Fotografia 6. Szablony SMT do nakładania pasty lutowniczej

pasty lutowniczej – zarówno ręcznych, jak i w pełni automatycznych. Różnica między nimi polega na skali automatyzacji – albo wszystkie czynności są wykonywane ręcznie, albo w sposób zautomatyzowany.

Układanie elementów

Następnym etapem jest umieszczenie na płytce elementów. Służą do tego maszyny typu *pick & place* (**fotografia 7**). Głównym elementem układającym są głowice wyposażone w ssawki. Zasobnikami, w których zgromadzone są komponenty, są podajniki (*feeders*). Głowica ma swobodę ruchów w płaszczyźnie poziomej – najeżdża nad podajnik, zniża ssawkę do komponentu, następnie włącza podciśnienie i w ten sposób podnosi element. Wiele głowic jest wyposażonych w specjalne szczęki wyrównujące położenie komponentu. Następnie komponent jest kładziony, wyłączane jest podciśnienie w ssawce, żeby pozostawić komponent na swoim miejscu, a głowica odjeżdża po następny komponent. Większość nowoczesnych automatów ma kilka głowic pracujących równocześnie i dzięki temu proces układania elementów przebiega kilkakrotnie szybciej.

Głowice dodatkowo mogą być wyposażone w układ wizyjny. Komponent przed położeniem na płytce jest transportowany nad kamerę, a wbudowany komputer analizuje obraz i na tej podstawie wykonuje korektę położenia komponentu. Dzięki temu elementy są ułożone na płytce bardzo precyzyjnie.

Lutowanie rozpływowe

Płytki z elementami SMD ułożonymi na paście lutowniczej trafiają do pieca lutowniczego (**fotografia 8**), gdzie przebywają określony czas w kolejnych strefach. W każdej z nich jest utrzymywana ściśle określona temperatura, pozwala to na uzyskanie odpowiedniego profilu temperaturowego. Strefy początkowe mają za zadanie podnieść temperaturę płytki i komponentów do wartości bliskiej temperatury topnienia i ustabilizować tę temperaturę – jest to ważne, ponieważ komponenty różnią się rozmiarem, masą i pokryciem, i jedne z nich szybciej się nagrzewają, inne wolniej, dlatego konieczne jest dość długie rozgrzewanie komponentów tak, żeby wszystkie osiągnęły docelową temperaturę. Następnie płytka trafia do strefy rozpływu. Tutaj temperatura przekracza temperaturę topnienia pasty i następuje jej roztopienie. W kolejnych strefach następuje zastyganie lutowia i stopniowe schładzanie płytki. Do nagrzewania obwodu drukowanego w piecu tunelowym stosuje się promienniki podczerwieni lub wymuszoną konwekcję gorącego powietrza.

Prototypowanie i serwisowanie

Produkcja na niewielką skalę często uniemożliwia zlecenie montażu u zewnętrznego usługodawcy lub niewspółmiernie podnosi koszty takiego zlecenia. Producenci sprzętu od dawna dostrzegali zapotrzebowanie w takim obszarze produkcji i dlatego zostały opracowane urządzenia stosujące techniki podobne do produkcyjnych, sprowadzone do skali montażu jednostkowego. Począwszy od lutownicy

Fotografia 7. Urządzenie do układania elementów na płytce PCB (*pick & place*)

Fotografia 8. Piec lutowniczy do lutowania rozpływowego (*reflow soldering*)

eprasa.pl 1ed9207c33

grzałkowej wyposażonej w grot typu minifala, symulujący w mikroskali falę stopionego lutowia, przez stacje lutownicze z nadmuchem gorącego powietrza stosowane do montażu i demontażu elementów o niewielkich gabarytach, aż do stacji z promiennikami IR przeznaczonymi do elementów BGA i małymi piecami do lutowania w technice rozpływowej.

Największą trudność w montażu podzespołów SMD stanowią ich miniaturowe gabaryty i zwarta konstrukcja. To utrudnia dokładne pozycjonowanie tych podzespołów oraz ocenę jakości wykonanego montażu i wyszukiwanie uszkodzeń – zwarć czy niedolutowań. Mając na uwadze takie argumenty, omawianie niezbędnych narzędzi rozpoczniemy od tych, które wspomagają cały ten proces.

Narzędzia optyczne

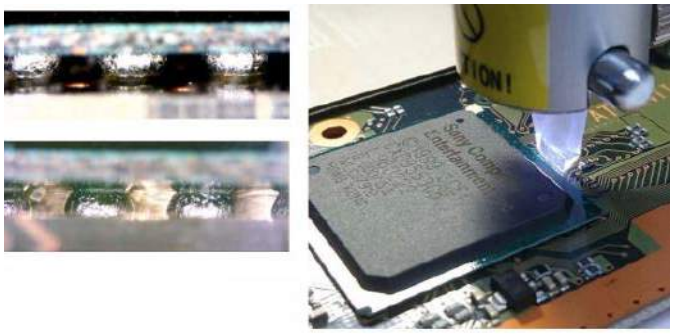
Do wykonania większości operacji związanych z lutowaniem i demontażem SMD zwykle wystarcza podświetlana lupa warsztatowa zamontowania na wysięgniku lub lupa nagłowna. Pozycjonowanie układów o gęstym rastrze np. 0,5 mm oraz kontrola jakości wykonanych lutowań wymaga już powiększeń rzędu 10...15 razy. Niestety jednosoczewkowe lupy o krótkich ogniskowych wprowadzają duże zniekształcenia, co poważnie uprzykrza posługiwanie się nimi. Swobodę pracy wynikającą z dobrej jakości obrazu w całym polu roboczym zapewnia dopiero mikroskop stereoskopowy na statywie o długim ramieniu i powiększeniu regulowanym w zakresie od kilku do kilkudziesięciu razy, np. taki jak pokazany na **fotografii 9**. Natomiast z dużą nieufnością należy podchodzić do mikroskopów cyfrowych – z wyświetlaczem LCD lub wyposażonych w interfejs USB. Prezentacje reklamowe takich urządzeń często nie mają odzwierciedlenia w faktycznej jakości obrazu, który możemy za ich pomocą uzyskać. Nie jest to regułą, ale należy mieć to na uwadze, decydując się na urządzenie tego typu.

Warto wiedzieć, że możliwa jest także inspekcja optyczna elementów w obudowach BGA. Podstawowym zadaniem takiego systemu jest tworzenie obrazu ze szczeliny o wysokości nieprzekraczającej 500 μm. W tym celu głowica analizująca potrzebuje źródła światła i specjalnych elementów optycznych zakrzywiających światło, które składają się zazwyczaj z pryzmatu lub lustra połączonego z zakończeniem głowicy układu optycznego. Wygląd i działanie takiego urządzenia pokazuje **fotografia 10**. Uzyskiwany obraz może być trudny do analizy i z pewnością wymaga doświadczenia. Jeszcze bardziej zaawansowaną technologią, która daje większe możliwości, jest obrazowanie z użyciem promieniowania rentgenowskiego – efekty zostały pokazane na **fotografii 11**.

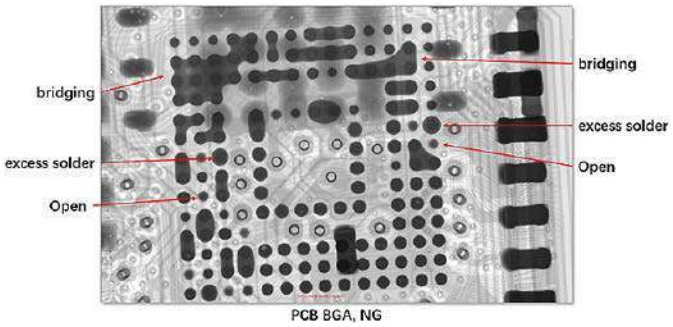
Stacja lutownicza

Stacje lutownicze budzą największe emocje wśród osób zainteresowanych techniką SMT. Klasyczna stacja z grzałką i regulacją temperatury

Fotografia 9. Mikroskop stereoskopowy na statywie o długim ramieniu



Fotografia 10. Urządzenie do optycznej inspekcji montażu układów BGA



Fotografia 11. Obrazowanie układu BGA z użyciem promieniowania rentgenowskiego

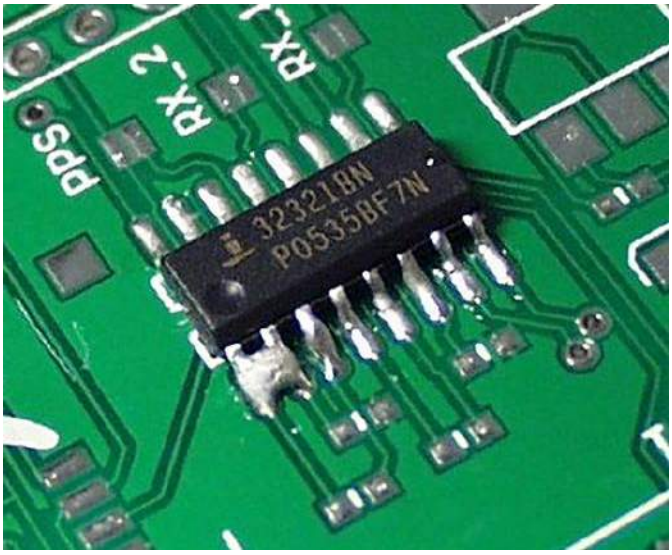
jest obowiązkowym i niezastąpionym narzędziem, jednak spełni swoje zadanie tylko wtedy, gdy będzie wyposażona w odpowiedni grot. Skoro chcemy przymierzyć się do precyzyjnych elementów, to w naturalnym odruchu wybierzemy ostrą końcówkę o rozmiarach porównywalnych z wymiarami złączy, czyli ok. 0,6...1 mm. Najważniejsze zadanie grota polega na skutecznym przekazywaniu ciepła. Zatem jego kształt powinien zapewnić możliwie dobre przyleganie do płytki i lutowanego elementu a tym samym małą rezystancję termiczną styku i szybkie nagrzewanie pola operacyjnego. Niedostateczne oddawanie ciepła skłania do nadmiernego forsowania temperatury lutownicy (istotnie powyżej 260...280°C niezbędnych do skutecznego wygrzania złącza) a w konsekwencji zwiększa ryzyko przegrzania płytki i elementów oraz przyspiesza utlenianie lutowia na grocie.

Większość stacji lutowniczych ma w standardowym wyposażeniu jedynie groty z zakończeniem w kształcie zaokrąglonego stożka. Jednak takie groty mają bardzo małą powierzchnię styku, co znacznie zawęża zakres ich zastosowań. Zaskakująco dobrym rozwiązaniem jest wybranie grota o lekko spłaszczonej końcówce (w kształcie wąskiego wkrętaka) lub stożka, ale z ukośnym ścięciem wierzchołka. Można nim montować drobne elementy (R, C, D, T) oraz układy scalone o niewielkiej liczbie wyprowadzeń i luźnym rastrze, a więc przede wszystkim SOIC czy PLCC. Zapewne nie da się uniknąć przy tym powstania kilku mostków, a już na pewno dużego zwarcia ostatnich wyprowadzeń (**fotografia 12**). Za sprawą szerokich separacji między polami lutowniczymi z łatwością usuniemy powstające, zwarcia używając dobrego topnika lub dodatkowo miedzianej plecionki do usuwania nadmiaru cyny (**fotografia 13**).

W tym miejscu warto wspomnieć o pewnej niewłaściwej praktyce w posługiwaniu się plecionką. Po pierwsze, przed samym użyciem należy nasączyć topnikiem fragment, którym się posłużymy. Po drugie, nie należy usuwać spoiwa nadmiernie – plecionka bardzo skutecznie je „wciąga". Wyprowadzenia intensywnie oczyszczone za pomocą plecionki mogą mieć tak niewielką ilość spoiwa, że połączenie zostanie przerwane przy pierwszym niewielkim naprężeniu.

W przypadku elementów o gęstym rastrze, takim jak 0,65 mm, niezbędny jest grot typu minifala. Na jego końcu znajduje się wyżłobienie gromadzące zapas stopu wystarczający do zalutowania całego rzędu

eprasa.pl 1ed9207c33



Fotografia 12. Zwarcie skrajnych wyprowadzeń często powstające podczas lutowania ręcznego

wyprowadzeń układu w obudowie typu QFP (**fotografia 14**). Minifalą operuje się czysto i bardzo wygodnie, a wyprowadzenia są dobrze nagrzewane i zwilżane przez lutowie penetrujące głęboko pod całe stopy wyprowadzeń. Możliwe są dwa sposoby prowadzenia – od góry po nóżkach lub po samych polach lutowniczych, na styk do wyprowadzeń układu. Każdy musi eksperymentalnie dojść do optymalnego ułożenia. Przed samym montażem na wyprowadzenia układu należy koniecznie nałożyć topnik żelowy, a wgłębienie grota wypełnić na płasko świeżym lutowiem. Dobrze wykonana operacja minifalą powinna się udać za pierwszym razem, bez pozostawienia zwarć. Tym samym sposobem przylutujemy układy w obudowach typu QFN, jeśli pady na płytce PCB wystają poza obrys obudowy układu – **fotografia 15**.

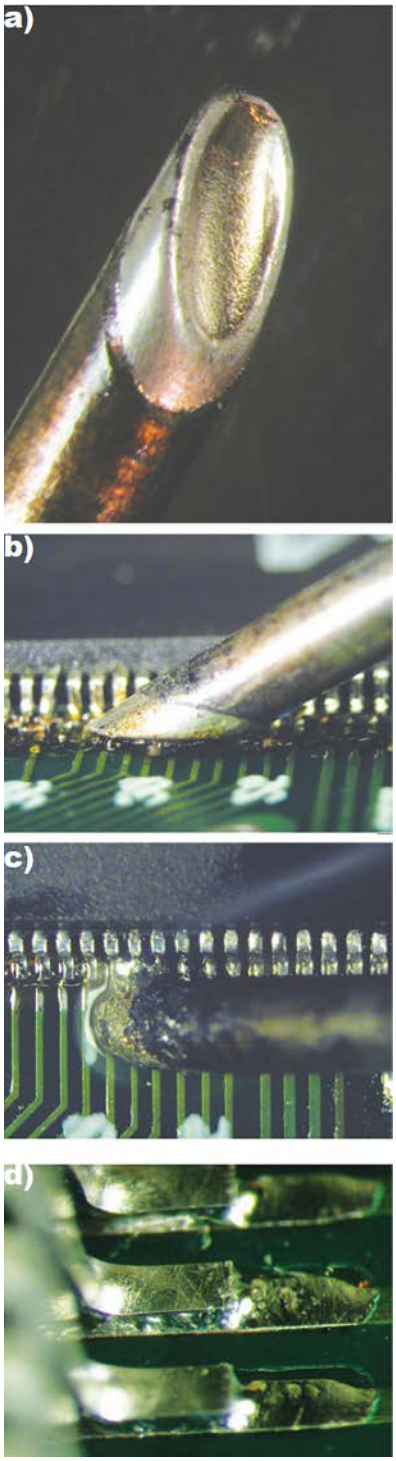
Fotografia 13. Plecionka miedziana do usuwania nadmiaru spoiwa lutowniczego

Lutownica grzałkowa z odpowiednim grotem umożliwi przylutowanie większości dostępnych elementów przeznaczonych do montażu powierzchniowego, a jednocześnie praktycznie nie nadaje się do ich wylutowywania. Można stosować różne techniki zalewania wyprowadzeń cyną lub używać specyficznych – szerokich lub rozdwojonych grotów, ułatwiających demontaż niektórych elementów, ale są to metody, które sprzyjają uszkadzaniu mechanicznemu lub termicznemu wrażliwych komponentów. Klasycznym przykładem są ukruszone wyprowadzenia rezystorów i kondensatorów SMD oraz przegrzane diody LED SMD. Jedynym rozwiązaniem, które rzeczywiście zasługuje na uwagę i pozwala na profesjonalny demontaż niektórych elementów SMD, jest tzw. lutownica pęsetowa (*desoldering tweezers*), taka jak pokazana na **fotografii 16**. Może być skonstruowana jako specjalna podwójna kolba do stacji lutowniczej lub jako samodzielne narzędzie. Składa się z dwóch grzałek i grotów, które jednocześnie rozgrzewają przeciwległe strony elementu, przy czym może to być więcej niż jedno wyprowadzenie na każdej ze stron.

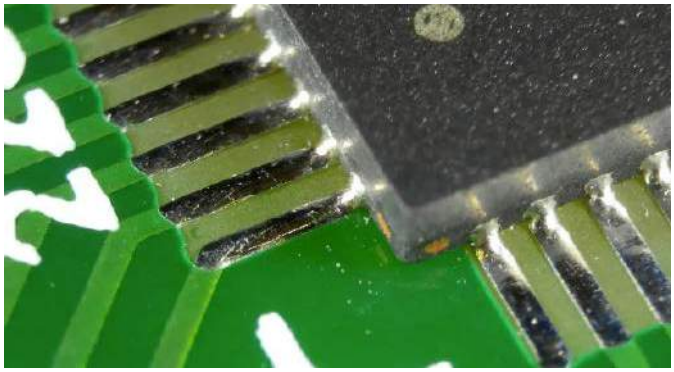
Stacja lutownicza typu Hot Air

W miarę zwiększania rozmiarów obudów i liczby wyprowadzeń nagrzewanie kontaktowe staje się niemożliwe. Również w przypadku elementów miniaturowych oraz takich z wyprowadzeniami umieszczonymi pod układem – jest to niewykonalne. Najprostszym narzędziem, które można zastosować w takich przypadkach, jest stacja lutownicza wyposażona w dyszę, która generuje strumień gorącego powietrza – tzw. Hot Air (**fotografia 17**).

Montaż i demontaż elementów elektronicznych za pomocą takiej stacji jest względnie prosty, chociaż dobre wyniki uzyskuje się dopiero po osiągnięciu wprawy. Prace należy rozpocząć od spokojnego podgrzania układu i jego okolic do ok. 110...130°C. Po osiągnięciu tego etapu można podnieść temperaturę strumienia powietrza do ok. 300°C, ale konkretna wartość powinna wynikać z własnej praktyki na danym egzemplarzu stacji. Kierując strumień gorącego powietrza bezpośrednio na element, a w przypadku układu scalonego – na jego wyprowadzenia, doprowadzamy do stopienia lutowia. Standardowa, okrągła dysza o średnicy 4...6 mm wystarcza do operowania strumieniem powietrza na tyle precyzyjnie, żeby rozlutować układ, nie uszkadzając płytki w jego sąsiedztwie. Jednak im większa obudowa, tym silniejsze stygnięcie wyprowadzeń między kolejnymi przejściami dyszy, a tym samym dłuższy całkowity czas nagrzewania.

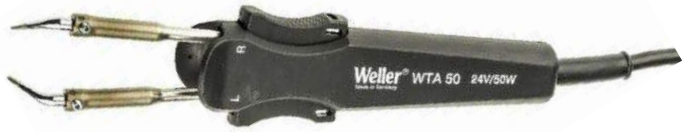


Fotografia 14. Budowa i sposób użycia grotu typu minifala



Fotografia 15. Układ w obudowie QFN poprawnie przylutowany minifalą

eprasa.pl 1ed9207c33



Fotografia 16. Lutownica pęsetowa

Fotografia 17. Stacja lutownicza Hot Air

Rozwiązaniem może być wyposażenie nagrzewnicy w dysze kształtowe o rozmiarach dopasowanych do konkretnego typu obudowy i kierujące strumień gorącego powietrza wyłącznie na rzędy nóżek (**fotografia 18**). Niestety dysze kształtowe oprócz wielu zalet mają jedną istotną wadę – cenę.

Fotografia 18. Specjalna dysza kierująca strumień powietrza tylko na wyprowadzenia układu w obudowie QFP

Stacja lutownicza typu Rework Station

Stacje lutownicze Hot Air umożliwiają wykonanie wielu, nawet średnio skomplikowanych, prac na płytkach z elementami SMD. Jednak z pewnych względów wymagają sporego doświadczenia. Po pierwsze, nie są wyposażone w systemy kontroli temperatury obiektu i nie pozwalają na precyzyjne realizowanie profilu temperaturowego. Po drugie, strumień gorącego powietrza z dyszy lutownicy „rozpływa się" dookoła podgrzewanego elementu i może np. stopić plastikowe elementy złączy czy przycisków oraz może „zdmuchnąć" małe elementy SMD.

Do profesjonalnego i bezpiecznego lutowania, nawet dużych elementów BGA, służą tzw. *BGA Rework Station* (**fotografia 19**). Ich konstrukcja jest dość rozbudowana. Głównym źródłem ciepła jest promiennik podczerwieni zrealizowany za pomocą grzałki kwarcowej

Fotografia 19. Stacja lutownicza typu *BGA Rework Station*

Fotografia 20. Piec lutowniczy do małoseryjnego lutowania rozpływowego

lub ceramicznej, emitujący promienie podczerwone, które nagrzewają obiekt. Dzięki temu można precyzyjnie ustawić obszar roboczy i nie powstają strumienie gorącego powietrza zagrażające wrażliwym komponentom. Na spodzie obszaru roboczego stacji znajduje się tzw. preheater, czyli grzałka powierzchniowa, która wstępnie podgrzewa całą lutowaną płytkę. Proces lutowania jest objęty kontrolą temperatury dzięki czujnikowi w postaci termopary, umieszczanemu tuż przy lutowanym układzie i możliwe jest ustawienie charakterystyki czasowo-temperaturowej. Oprócz tego znajdują się specjalne uchwyty do płytki PCB, ssawka podciśnieniowa do bezpiecznego podnoszenia elementów, system oświetlenia, a w najlepszych modelach także kamera z odpowiednią optyką i ekranem. Urządzenia tego typu są dosyć kosztowne, ale umożliwiają wykonywanie profesjonalnych zabiegów lutowania oraz wylutowywania i dzięki temu przyczynią się do szybkiego zwrotu zainwestowanego kapitału.

Piece do lutowania

Stanowisko z urządzeniem typu *Rework Station* nie jest do końca uzasadnione w przypadku, gdy głównym obszarem działalności będzie montaż produkcyjny. W przypadku niewielkich serii produkcyjnych i prototypowych optymalnym rozwiązaniem będzie mały piec lutowniczy, taki jak pokazany na **fotografii 20**.

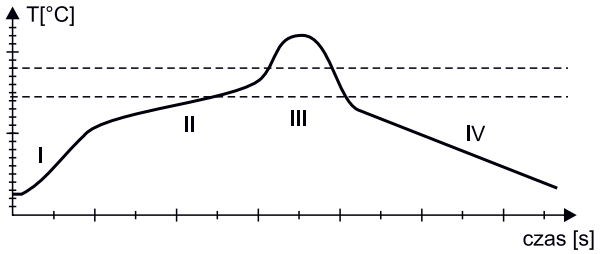
Wzrost temperatury lutowania związany z wprowadzeniem lutowia bezołowiowego spowodował, że różnica pomiędzy temperaturą graniczną, powyżej której może nastąpić zniszczenie komponentów, a temperaturą lutowania znacznie się zmniejszył. Zatem kontrolowanie temperatury procesu lutowania musi być bardzo precyzyjne. Nie mniej ważne jest uzyskanie równomiernego rozłożenia temperatury na całej powierzchni płytki w celu uniknięcia naprężeń. Wszystko to jest możliwe do uzyskania tylko w piecach lutowniczych zawierających system grzałek. Zachowanie prawidłowego profilu temperaturowego daje pewność, że pasta lutownicza wytworzy prawidłowe połączenia lutowane, a elementy nie zostaną uszkodzone termicznie.

Profil temperaturowy

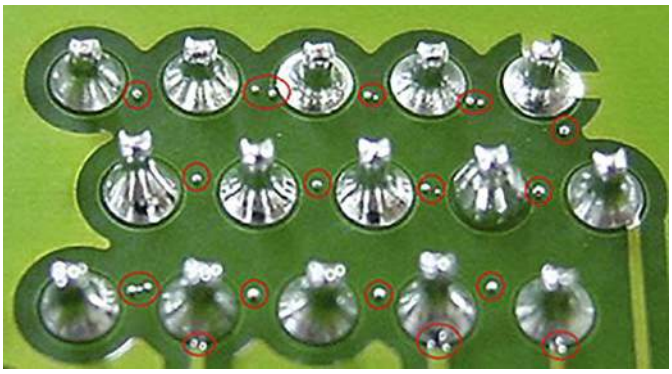
Termin ten został wymieniony już kilka razy, dlatego należy go dokładnie rozwinąć. Producenci past lutowniczych oferują szeroką gamę produktów różniących się m.in. składem, zawartością i wielkością ziaren stopu lutowniczego, aktywnością topnika i korozyjnością jego pozostałości, temperaturą odparowania rozpuszczalnika, a także lepkością i własnościami tiksotropowymi. Dla właściwego przebiegu procesu stopienia pasty lutowniczej musi być zachowana właściwa charakterystyka temperaturowo-czasowa, czyli tzw. profil temperaturowy.

Na **rysunku 8** został pokazany przeciętny profil temperatury, przez jaki musi przejść płytka w piecu do lutowania. Możemy go podzielić na 4 etapy.

eprasa.pl 1ed9207c33

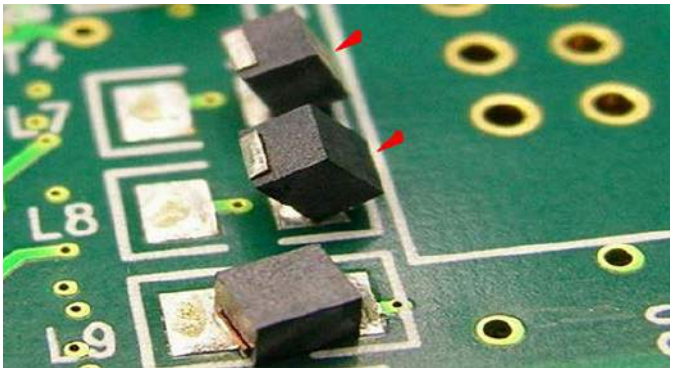


Rysunek 8. Przykładowy profil temperaturowy



Fotografia 21. Kulkowanie – defekt powstający podczas lutowania z użyciem pasty lutowniczej

1. **Nagrzewanie wstępne** (preheat) – odbywa się z typowym nachyleniem ok. 1...2°C/s. Trwa do osiągnięcia temperatury ok 100...120°C. Na tym etapie następuje odparowanie rozpuszczalnika zawartego w paście lutowniczej. Przekroczenie dopuszczalnego gradientu temperatury może być przyczyną powstania dwóch defektów tzn. kuleczkowania (*balling*) i zwarć pomiędzy wyprowadzeniami (*bridging*). Podczas wygrzewania pasty na jej powierzchni powstaje cienka wyschnięta błona. Gwałtowne nagrzewanie prowadzi do lokalnego wzrostu ciśnienia par rozpuszczalnika, przerwania warstwy powierzchniowej i rozpryśnięcia pasty wokół pola lutowniczego. Lutowie zawarte w rozproszonej paście przyjmuje, po przetopieniu, postać luźnych kulek, od których pochodzi nazwa defektu (**fotografia 21**).
2. **Zwilżanie lub oczyszczanie** (soak) – w tej fazie zachodzą równolegle dwa procesy: aktywacja topnika i ujednolicenie rozkładu temperatur. Temperatura ok. 145°C stanowi próg aktywacji większości stosowanych topników. Oznacza to, że dopiero od tej chwili odbywa się chemiczne oczyszczanie powierzchni tworzących złącze i rozpuszczanie tlenków pokrywających ziarna stopu lutowniczego. Drugi etap trwa do momentu osiągnięcia temperatury ok. 190...210°C, aczkolwiek jego zalecany czas trwania zależy od metody nagrzewania. Niemniej czas ten powinien być wystarczająco długi, aby umożliwić usunięcie zanieczyszczeń, a zarazem nie przedłużany nadmiernie, gdyż powoduje przedwczesne wyczerpanie aktywnego zapasu topnika i wtórne utlenianie powierzchni, odbijające się na jakości połączeń.
3. **Rozpływ** (reflow) – zaczyna się z chwilą osiągnięcia temperatury topnienia stopu lutowniczego i polega na szybkim (z nachyleniem do 1...3°C/s) nagrzaniu do maksymalnej temperatury przekraczającej o 20...30°C temperaturę topienia lutowia, po czym równie szybkim schłodzeniu poniżej temperatury krzepnięcia stopu. W praktyce przyjmuje się odrobinę wyższą temperaturę maksymalną sięgającą 230…250°C. Faza rozpływu jest najbardziej krytyczna z punktu widzenia niezawodności montażu. Czas jej trwania wynosi 30...90 s (chociaż zaleca się <60 s). Od dołu ogranicza go m.in. czas potrzebny na penetrację spoiwa oraz gradienty temperatury wywołujące naprężenia termiczne prowadzące do uszkadzania elementów. Z drugiej strony podzespoły i laminat są poddawane działaniu ekstremalnie wysokiej temperatury, a przedłużanie procesu może prowadzić do ich uszkodzenia.
4. **Chłodzenie** (cooling) – ostatnia faza powinna się odbywać względnie szybko, ale nie przekraczając nachylenia 3…4°C/s, ze względu na naprężenia termiczne.



Fotografia 22. Nagrobkowanie (*tombstoning*) – defekt polegający na stawianiu na sztorc drobnych elementów SMD

Jednym z bardziej widowiskowych defektów montażu SMT jest tzw. nagrobkowanie (*tombstoning*) polegające na stawianiu na sztorc drobnych podzespołów np. rezystorów (**fotografia 22**). Defekt ten powodują siły napięcia powierzchniowego występujące w stopionym lutowiu i z jakiegoś powodu działające niesymetrycznie na element. Takim powodem może być np. słabe (na skutek złego działania topnika) lub opóźnione (w wyniku niejednorodnego rozkładu temperatury) zwilżanie jednego z dwóch pól lutowniczych, a jego przyczyn należy szukać w pierwszej kolejności w błędach popełnionych w drugiej fazie nagrzewania. Znajomość zjawisk zachodzących w czasie lutowania i powodowanych przez nie defektów powinna (jak sądzę) ułatwić zdobywanie tego doświadczenia.

Podsumowanie

Technologie lutowania obejmują wiele zagadnień nieomówionych w tym artykule. Wiele zależy od konkretnego typu laminatu, zastosowanych elementów, technologii lutowania, użytego spoiwa itd. Bardzo pomocne są dokumentacje szczegółowo opisujące wymagania dla tego procesu, udostępniane przez producentów komponentów i materiałów do lutowania. W przypadku montażu serii prototypowej można zdać się na doświadczenie i intuicję, ale przy końcowej produkcji bezwzględnie należy trzymać się tych wytycznych. Ewentualne koszty, które mogą wyniknąć z powodu wad poprodukcyjnych produktu, szybko przerosną koszty zlecenia montażu w profesjonalnej firmie.

Damian Sosnowski, EP

Bibliografia:

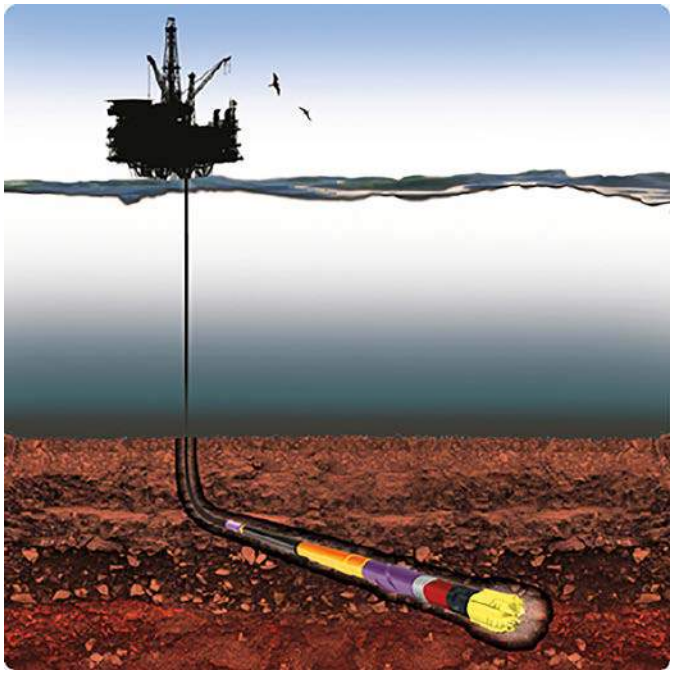
https://bit.ly/3i3l2x5
https://bit.ly/3y8IzSL
https://bit.ly/3eQqmBO
https://bit.ly/2Wjg7j7
https://bit.ly/3iPGVz5
https://bit.ly/3x5LgTV
https://bit.ly/3eSh5cq
https://bit.ly/3BDtDOK
https://bit.ly/3BGsxla
https://bit.ly/2V6dOPM
https://bit.ly/3zBox3Q
https://bit.ly/3kTrGYs
https://bit.ly/3i3kYgT

Wszystkie artykuły dostępne bez przerwy znajdziesz na www.ep.com.pl

eprasa.pl 1ed9207c33

Projektowanie wysokotemperaturowych urządzeń elektronicznych (1)

Wiele branż przemysłu wymaga elektroniki, która powinna działać niezawodnie w trudnych warunkach, w tym także w ekstremalnie wysokich temperaturach. Tradycyjnie inżynierowie musieli polegać na aktywnym lub pasywnym chłodzeniu podczas projektowania takich systemów, ale w niektórych aplikacjach może nie być to możliwe. Wiąże się to z niespotykanymi nigdzie indziej wyzwaniami, które wpływają na wiele aspektów systemu elektronicznego, od krzemu poprzez obudowę metodologię kwalifikacji, a na samych projektach skończywszy.

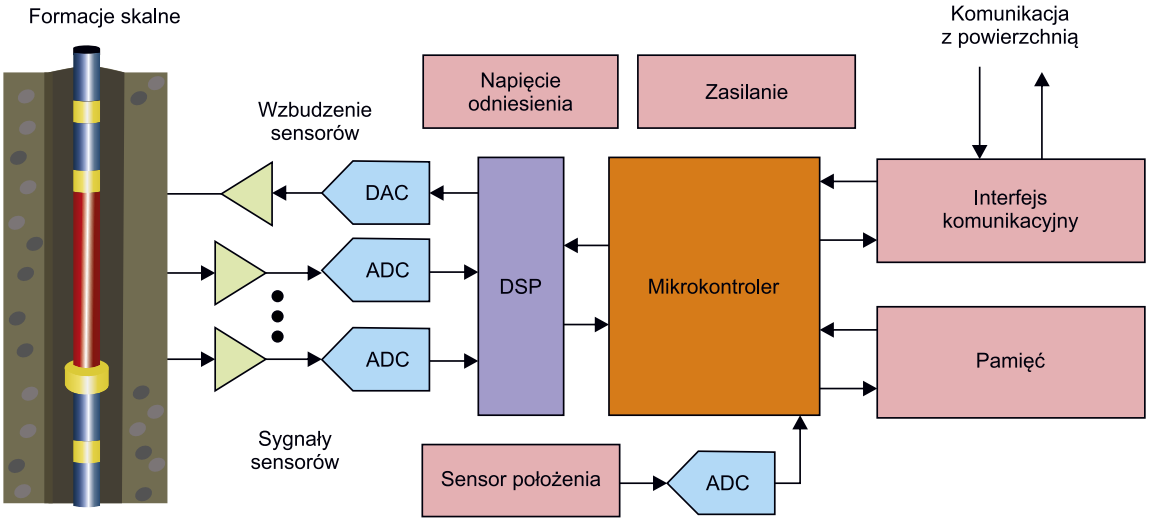


Najstarszym i obecnie największym sektorem przemysłu wymagającym stosowania elektroniki wysokotemperaturowej (tj. pracującej w temperaturze powyżej 150°C) jest przemysł naftowy i gazowy. W tego typu aplikacjach, jak praca w odwiertach, temperatura robocza jest funkcją głębokości odwiertu. Typowy gradient geotermalny wynosi 25°C/km głębokości, ale zależy od lokalizacji geograficznej i na niektórych obszarach świata może być nawet większy.

W przeszłości operacje wiertnicze osiągały maksymalne wartości temperatur prac od 150°C do 175°C, ale malejące ilości łatwo dostępnych zasobów naturalnych w połączeniu z postępem technologicznym zmotywowały branżę do głębszego wiercenia oraz w tych regionach świata, w których gradient geotermalny jest wyższy. Temperatury w tych nieprzyjaznych odwiertach mogą przekraczać 200°C, przy ciśnieniu większym niż 25 kpsi. Aktywne chłodzenie nie jest praktyczne w tak trudnym środowisku, a pasywne techniki chłodzenia nie są skuteczne – źródło ciepła znajduje się poza układami elektronicznymi.

Zastosowania elektroniki wysokotemperaturowej w przemyśle wiertniczym mogą być dość złożone. Po pierwsze, podczas operacji wiercenia elektronika i czujniki sterują sprzętem wiertniczym i monitorują jego stan. Wraz z pojawieniem się technologii wiercenia kierunkowego wysokowydajne oprzyrządowanie do geosterowania musi kierować położeniem otworu wiertniczego, aby odwiert mógł biec dokładnie wyznaczoną trajektorią do swojego celu.

Podczas wiercenia lub wkrótce potem zaawansowane instrumenty wiertnicze zbierają dane o otaczających formacjach geologicznych. Ta czynność, znana również jako rejestrowanie, mierzy oporność, radioaktywność, czas podróży akustycznej, rezonans magnetyczny i inne właściwości w celu określenia cech formacji geologicznych,



Rysunek 1. Uproszczony łańcuch sygnałowy oprzyrządowania rejestrującego warunki w odwiercie

eprasa.pl 1ed9207c33

takich jak litologia, porowatość, przepuszczalność i nasycenie wodą czy rozmaitymi węglowodorami. Dane te pozwalają geologowi na ocenę rodzaju skał w formacji, rodzajów występujących w nich płynów i ich lokalizacji oraz tego, czy ze stref płynonośnych można faktycznie wydobyć odpowiednie ilości węglowodorów ciekłych.

Wreszcie, podczas fazy końcowej i produkcyjnej, systemy elektroniczne monitorują ciśnienie, temperaturę, wibracje i przepływ wielofazowy oraz aktywnie sterują zaworami w instalacji pompującej ropę czy gaz. Zaspokojenie tych potrzeb wymaga kompletnego łańcucha sygnałowego komponentów o wysokiej wydajności (patrz **rysunek 1**). Niezawodność takiego systemu ma ogromne znaczenie, ponieważ koszt przestoju spowodowany awarią sprzętu może być dość poważny. Uszkodzony zespół elektroniki na przewodzie wiertniczym pracującym kilometr czy dwa pod ziemią może zająć więcej niż jeden dzień, aby go wydobyć i wymienić, a stawka np. za eksploatację złożonej platformy do odwiertów głębinowych to kwoty rzędu **1 miliona dolarów dziennie!**

Oprócz przemysłu naftowego i gazowego pojawiają się również inne zastosowania elektroniki wysokotemperaturowej, takie jak np. awionika. Przemysł lotniczy wykazuje teraz narastający trend w kierunku „bardziej elektronicznych samolotów" (MEA). Częścią tej inicjatywy jest zastąpienie tradycyjnych scentralizowanych sterowników silników rozproszonymi systemami sterowania. Sterowanie scentralizowane wymaga prowadzenia dużych i ciężkich wiązek przewodów z setkami przewodów i wieloma interfejsami oraz złączami. Przejście do rozproszonego schematu sterowania przesuwa sterowanie silnikiem bliżej silnika (**fotografia 1**), zmniejszając złożoność połączeń o współczynnik 10, oszczędzając jednocześnie setki kilogramów masy samolotu i zwiększając niezawodność całego systemu (szacowana w części jako funkcja liczby pinów złącza – zgodnie z normą MIL-HDBK-217F).

Problem polega jednak na tym, że temperatura otoczenia w pobliżu silnika waha się od –55°C do 200°C. Chociaż w tych zastosowaniach układy elektroniczne mogą być aktywnie lub pasywnie chłodzone, jest to niepożądane z dwóch powodów: chłodzenie zwiększa koszt i wagę samolotu, a co najważniejsze, awaria systemu chłodzenia może prowadzić do awarii elektroniki sterującej krytycznymi systemami.

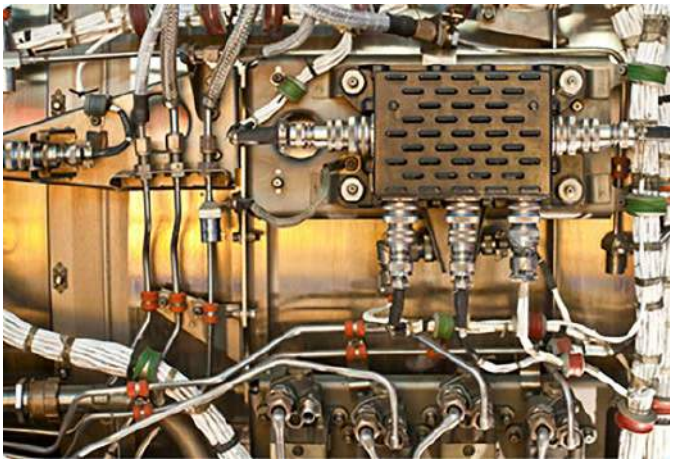
Innym aspektem inicjatywy MEA jest zastąpienie układów hydraulicznych energoelektroniką i sterowaniem elektronicznym w celu poprawy niezawodności i obniżenia kosztów konserwacji pojazdu. W idealnym przypadku elektronika sterująca musi znajdować się bardzo blisko elementów wykonawczych, które pracują w środowisku o bardzo wysokiej temperaturze otoczenia.

Przemysł motoryzacyjny dostarcza kolejne nowe zastosowanie dla elektroniki wysokotemperaturowej. Podobnie jak w przypadku awioniki, przemysł motoryzacyjny migruje z systemów czysto mechanicznych i hydraulicznych do systemów elektromechanicznych lub mechatronicznych. Wymaga to umiejscowienia dodatkowych czujników, kondycjonowania sygnału i elektroniki sterującej bliżej źródeł ciepła w silniku.

Maksymalna temperatura i czas ekspozycji różnią się w zależności od typu pojazdu i umiejscowienia elektroniki w pojeździe, co pokazano na **rysunku 2**. Na przykład większa integracja systemów elektrycznych i mechanicznych, taka jak kolokacja przekładni i kontrolera przekładni, może uprościć produkcję, testowanie i konserwację podsystemów samochodowych. Pojazdy elektryczne i hybrydowe wymagają z kolei energoelektroniki o bardzo wysokiej gęstości energii dla przekształtników, sterowania silnikami i obwodów ładowania, które są również związane z wysokimi temperaturami.

Zastosowanie układów scalonych poza ich specyfikacjami termicznymi

W przeszłości projektanci elektroniki wysokotemperaturowej, tacy jak ci, pracujący na rzecz przemysłu naftowego i gazowego, byli zmuszeni do stosowania komponentów o standardowej temperaturze pracy znacznie powyżej ich znamionowej specyfikacji ze względu na najzwyklejszą niedostępność wysokotemperaturowych układów scalonych.

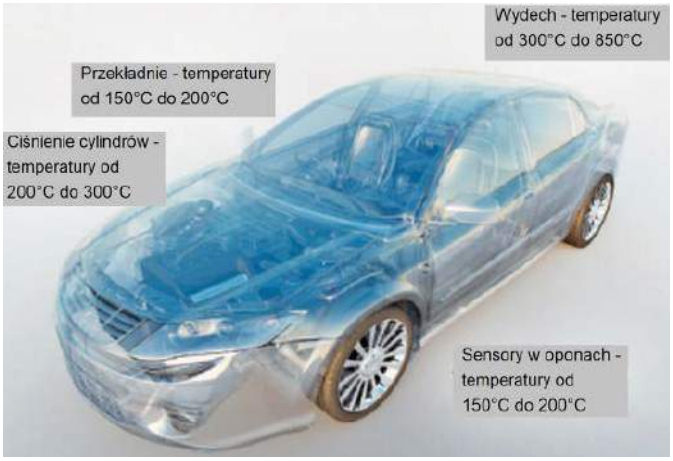


Fotografia 1. Sterowanie elektroniczne zamontowane na silniku lotniczym

Niektóre układy scalone o standardowej temperaturze pracy rzeczywiście będą działać bez problemu w podwyższonych temperaturach, ale ich użycie jest żmudne i ryzykowne. Na przykład inżynierowie muszą zidentyfikować potencjalnych kandydatów, całkowicie przetestować i scharakteryzować parametry układów w zależności od temperatury oraz określić niezawodność danych części w długim okresie ich eksploatacji. Wydajność i żywotność części są często znacznie obniżone względem pracy w normalnych warunkach.

Dobór elementów do pracy w systemach wysokotemperaturowych spośród „klasycznych" układów scalonych jest bardzo żmudny i czasochłonny, a co za tym idzie drogi. Na cały proces składa się szereg zagadnień:

- Kwalifikowanie komponentów wymaga testowania ich w piecu laboratoryjnym z wysokotemperaturową płytką drukowaną i osprzętem, przynajmniej tak długo, jak długo wymaga tego zadanie systemu. Trudno jest przyspieszyć testowanie w tym zakresie, ponieważ w podwyższonej temperaturze mogą pojawić się nowe mechanizmy awarii elementów. Uszkodzenia układów scalonych podczas testowania wymagają kolejnej iteracji – wyboru komponentów i testów długoterminowych, opóźniając terminy realizacji projektu.
- Nie gwarantuje się działania poza specyfikacjami z karty katalogowej układu, a realnie osiągane parametry mogą się różnić w zależności od konkretnej partii komponentów. W szczególności zmiany procesu produkcji układów, wprowadzane przez producentów, mogą powodować nieoczekiwane awarie w ekstremalnych temperaturach na skutek nagłych zmian elementów;



Rysunek 2. Typowe maksymalne zakresy temperatur w motoryzacji

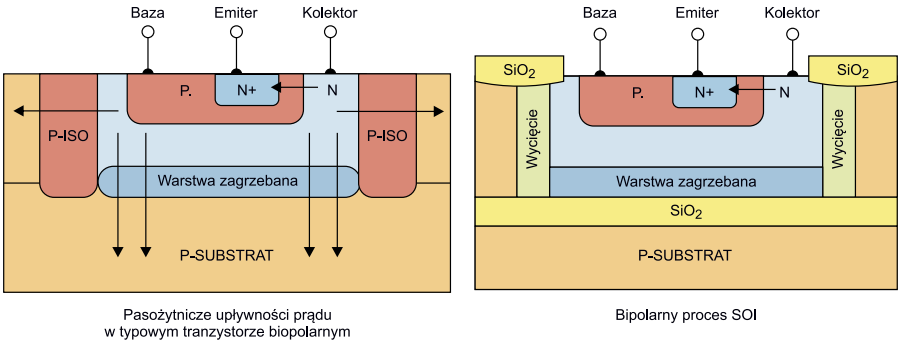
eprasa.pl 1ed9207c33

- Obudowy z tworzyw sztucznych wytrzymują temperatury tylko do około 175°C, przy pewnym skróceniu żywotności elementów. W pobliżu tej granicy temperatury może być trudno odróżnić uszkodzenie związane z obudową od uszkodzenia związanego ze znajdującym się w środku krzemem bez kosztownej i czasochłonnej laboratoryjnej analizy uszkodzeń. Dostępność standardowych komponentów w opakowaniach ceramicznych jest z kolei znikoma, co powoduje poważne problemy;
- Często elementy używane w trudnych warunkach, takich jak odwierty naftowe, muszą wytrzymywać nie tylko wysoką temperaturę, ale także silne wstrząsy i wibracje. Wielu inżynierów woli używać z tego powodu elementów z fizycznymi wyprowadzeniami, takich, które występują w obudowie DIP czy też szeregu obudów SMD z fizycznymi pinami. Zapewniają one solidniejsze mocowanie elementów do płytki drukowanej. To dodatkowo ogranicza wybór układów, ponieważ inne branże dążą do wykorzystywania coraz mniejszych obudów układów, a fizyczne nóżki to pierwsze, z czego się rezygnuje w tym procesie;
- Pożądane może być użycie elementów bezpośrednio w formie struktury półprzewodnikowej, szczególnie jeśli dany komponent jest dostępny tylko w obudowie z tworzywa sztucznego. Chip może być następnie przepakowany w hermetyczne opakowanie zgodne z wysokimi temperaturami lub w moduł wielochipowy z innymi strukturami półprzewodnikowymi. Jednakże z nielicznych elementów, które będą poprawnie działać w podwyższonej temperaturze, jeszcze mniejszy podzbiór jest łatwo dostępny jako w pełni przetestowane struktury półprzewodnikowe;
- Ze względu na ograniczenia czasowe i sprzęt testowy, inżynierowie mogą ograniczać kwalifikację urządzenia do konkretnego obwodu danej aplikacji bez uwzględniania wszystkich kluczowych parametrów urządzenia. Ma to istotną zaletę w zakresie upraszczania testów, jednakże uniemożliwia, a przynajmniej utrudnia, ponowne zastosowanie tych komponentów bez każdorazowej walidacji ich poprawnego działania;
- Kluczowe właściwości układów scalonych spoza karty katalogowej, takie jak prędkość elektromigracji metalizacji w strukturze półprzewodnikowej, mogą prowadzić do awarii w wysokich temperaturach. Parametry te nie są podawane ani gwarantowane przez producenta.

Projekt i kwalifikacja układów scalonych

Na szczęście najnowsza technologia układów scalonych pozwala na stworzenie urządzeń półprzewodnikowych, które mogą niezawodnie działać w podwyższonej temperaturze z gwarantowanymi specyfikacjami z karty katalogowej. Poczyniono ogromne postępy w zakresie technologii procesowej, projektowaniu obwodów i technikach rozmieszczania elementów na strukturze krzemowej.

Zarządzanie wieloma kluczowymi cechami urządzenia ma duże znaczenie dla pomyślnej, wydajnej pracy w podwyższonych temperaturach. Jednym z najważniejszych i najbardziej znanych wyzwań jest zwiększony prąd upływu podłoża, jaki występuje w wysokich temperaturach. Niektóre inne parametry, jakie są problemem w wysokich temperaturach, to zmniejszona mobilność nośników, zmienność parametrów urządzeń, takich jak V_T, β i V_{SAT}, zwiększona elektromigracja metalizacji oraz zmniejszona wytrzymałość dielektryczna, zwiększająca ryzyko przebicia. Chociaż standardowy krzemowy półprzewodnik może działać nawet znacznie poza wojskowymi wymaganiami temperaturowymi (125°C), upływ w standardowych układach krzemowych podwaja się na każde 10°C temperatury, co czyni go nieakceptowalnym w wielu precyzyjnych zastosowaniach.



Rysunek 3. Porównanie mechanizmów powodujących upływność złącza w objętościowym krzemie i elemencie w technologii SOI

Izolacja z pomocą wycięcia, krzem na izolatorze (SOI) i inne odmiany standardowego procesu produkcyjnego dla urządzenia krzemowego znacznie zmniejszają prąd upływu i umożliwiają pracę z doskonałymi parametrami przy temperaturach wynoszących znacznie powyżej 200°C. **Rysunek 3** ilustruje, w jaki sposób dwubiegunowy proces SOI zmniejsza obszar upływu prądu. Materiały szerokopasmowe, takie jak węglik krzemu (SiC), podnoszą poprzeczkę jeszcze wyżej; w badaniach laboratoryjnych układy scalone z węglika krzemu działały poprawnie w temperaturach do 600°C. SiC to jednak nowa technologia procesowa i obecnie na rynku dostępne są tylko proste urządzenia wykonane z tego materiału, takie jak tranzystory mocy, moduły IGBT, diody prostownicze itp.

Wzmacniacze pomiarowe

Wzmacniacze pomiarowe (in-ampy) wymagają dużej precyzji w zastosowaniach wiertniczych, aby wzmacniać bardzo słabe sygnały w intensywnie zakłócanym otoczeniu. Ten specjalny typ wzmacniacza jest generalnie pierwszym komponentem na początku toru pomiarowego, więc jego wysoka jakość jest krytyczna dla parametrów całego toru sygnałowego.

Zespół rozwojowy firmy Analog Devices od samego początku projektował wzmacniacz pomiarowy AD8229 do pracy w wysokich temperaturach i zaprojektował go do tego celu od podstaw. Aby spełnić wyjątkowe wymagania dotyczące parametrów elektrycznych, wybraną technologią produkcji był opatentowany proces bipolarny SOI. Projektanci wdrożyli specjalne techniki projektowania obwodów układów scalonych, aby zagwarantować poprawne działanie tego elementu w szerokim zakresie parametrów temperatury, zwracając uwagę na wiele parametrów urządzenia, takich jak napięcie baza-emiter czy wzmocnienie prądu tranzystorów, z których składa się układ.

Układ elementów wewnątrz obudowy ma również krytyczny wpływ na parametry i niezawodność wzmacniacza AD8229. Aby utrzymać na niskim poziomie offset, a na wysokim współczynnik odrzucenia wpływu napięcia współbieżnego (CMRR) w całym zakresie temperatur pracy, układ kompensuje różnice w zmieniającej się długości interkonektów wynikające z różnic współczynników temperaturowych elementów układu. Ponadto dokładna analiza gęstości przepływającego prądu w kluczowych odcinkach układu złagodziła skutki elektromigracji, przyczyniając się do zwiększenia niezawodności elementu w ekstremalnych warunkach. Dodatkowo projektanci przewidzieli typowe warunki awarii układu, aby zapobiec jego przedwczesnemu uszkodzeniu.

Połączenie zoptymalizowanego procesu, sposobu projektowania obwodów i technik rozmieszczenia komponentów umożliwia urządzeniu spełnienie najbardziej rygorystycznych wymagań dotyczących precyzji i niezawodności w warunkach podwyższonej temperatury.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło: https://bit.ly/2Vp2o9V

eprasa.pl 1ed9207c33

Praktyczne aplikacje scalonych układów AFE (6)

Monolityczne front-endy PPG i SpO2

W poprzednim odcinku kursu przedstawiliśmy hybrydowe front-endy przeznaczone do aplikacji urządzeń mobilnych i ubieralnych, monitorujących tętno oraz saturację krwi tętniczej. Tym razem skupimy się na układach monolitycznych, a niejako przy okazji zaprezentujemy, także najważniejsze informacje o elementach optoelektronicznych i standardach połączeń, stosowanych w przewodowych czujnikach SpO2.

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

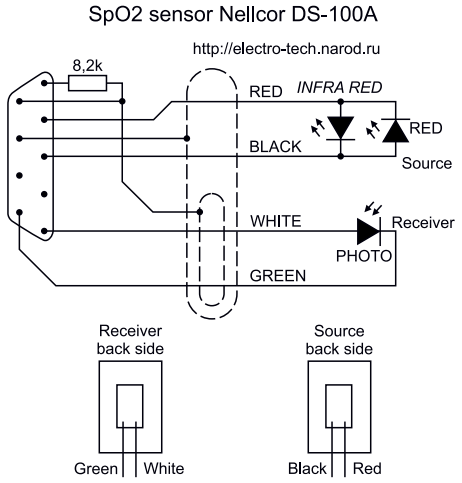
Interfejsy przewodowych czujników pulsoksymetrycznych

Omawiając front-endy przeznaczone do aplikacji PPG/SpO2, nie sposób nie wspomnieć, choćby pobieżnie, o najbardziej rozpowszechnionym standardzie połączeń, stosowanym w przewodowych czujnikach pulsoksymetrycznych już od wielu lat. Na **rysunku 1** został pokazany schemat typowej sondy napalcowej DS-100A (zbliżony także do układu połączeń innych rodzajów sond pomiarowych). Charakterystyczna konfiguracja przeciwsobna diod LED oświetlacza została uwzględniona w układach AFE, gdyż rozwiązanie to stało się niekwestionowanym standardem w niemal wszystkich aplikacjach klinicznych. Do sterowania diodami można zastosować klasyczną topologię mostka H, a co ważne – w ten sposób obydwie diody mogą korzystać z tego samego układu zasilania (źródła prądowego z kluczowaniem). Możliwe jest jednak także zastosowanie dwóch niezależnych źródeł prądowych do zasilania obu gałęzi mostka – taka wersja została pokazana na przykładowym schemacie aplikacyjnym, zaczerpniętym z materiałów firmy Maxim (**rysunek 2**).

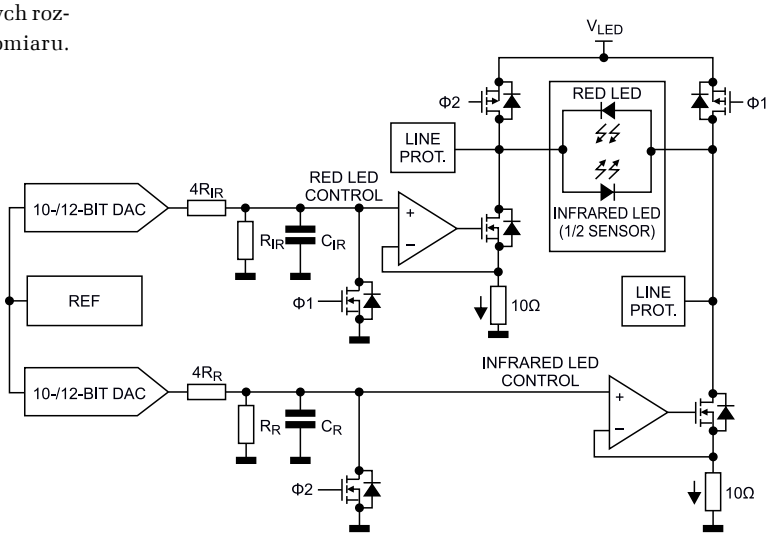
Dodatkowy rezystor o wartości nieco poniżej 10 kΩ, widoczny na rysunku 1, umożliwia urządzeniu zastosowanie odpowiedniej krzywej kalibracji, co pozwala zredukować wpływ spektralnych rozrzutów produkcyjnych diod LED na dokładność wyniku pomiaru. W nowszych wersjach czujników stosowana jest już scalona pamięć nieulotna (OTP), zapewniająca znaczne zwiększenie dokładności kalibracji.

Elementy dyskretne do aplikacji pulsoksymetrycznych

Pulsoksymetry stanowią tak ważną grupę urządzeń medycznych, że doczekały się nie tylko dedykowanych front-endów, ale także… przeznaczonych specjalnie do tego typu aplikacji elementów

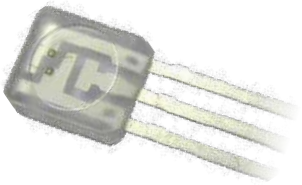


Rysunek 1. Schemat typowego czujnika pulsoksymetrycznego w standardzie opracowanym przez firmę Nellcor



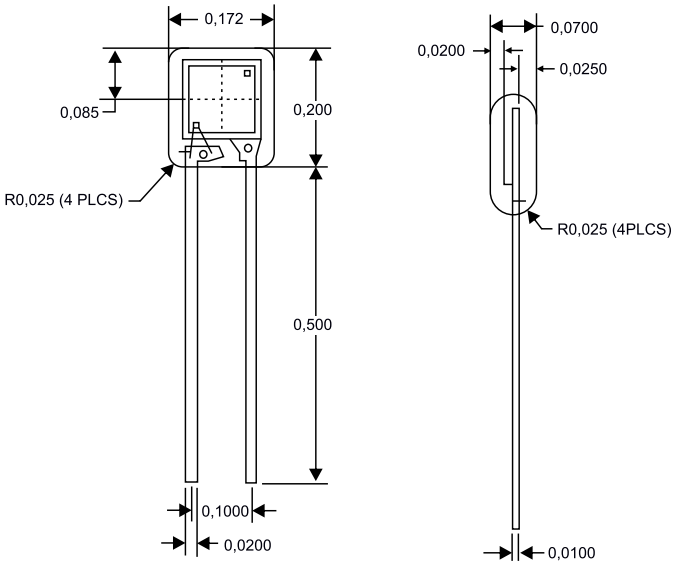
Rysunek 2. Topologia mostka H w zastosowaniu do sterowania diodami LED w czujniku pulsoksymetrycznym, zawierającym przeciwsobne połączenie nadajników

eprasa.pl 1ed9207c33



Fotografia 1. Dwupasmowy nadajnik optyczny z serii ELM--4000, przeznaczony do aplikacji pulsoksymetrycznych

Fotografia 2. Fotodioda z serii EPM-4001 marki TE Connectivity, przeznaczona do aplikacji pulsoksymetrycznych



Rysunek 3. Wymiary czujnika EPM-4001 (wartości podane w systemie calowym)

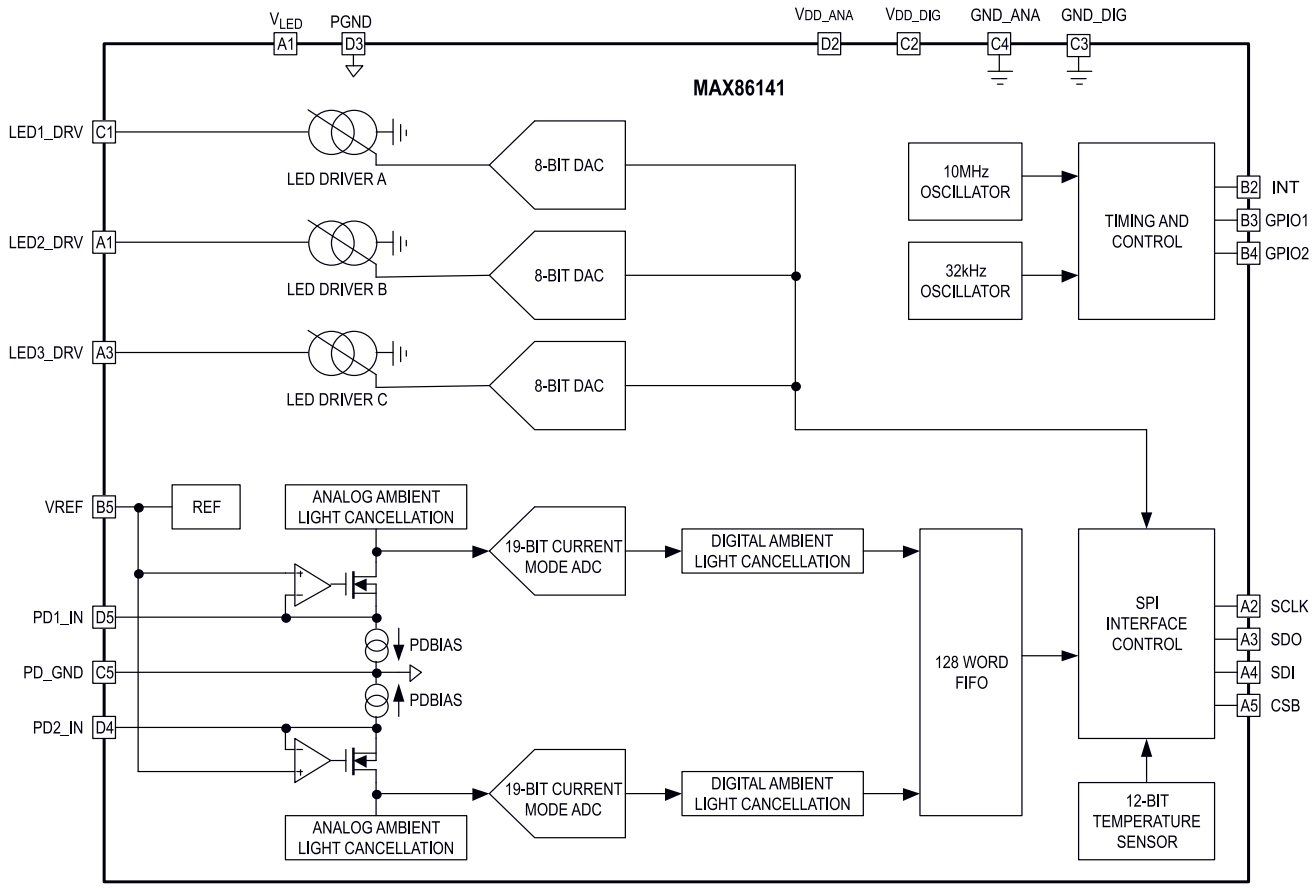
optoelektronicznych, których parametry widmowe są zoptymalizowane pod kątem zwiększenia czułości w pasmach wykorzystywanych przez techniki SpO2.

Seria czujników ELM-4000 marki TE Connectivity obejmuje kompaktowe (wymiary obudowy to 4,4×5,1×1,8 mm – **fotografia 1**) nadajniki dwupasmowe (660 nm+880/905/940 nm), ze strukturami LED połączonymi w topologii przeciwsobnej. Ostatnie wyprowadzenie trzykońcówkowej obudowy z transparentnego epoksydu pozostaje niepodłączone, ale w niektórych aplikacjach może być użyte do pewniejszego zamocowania na płytce drukowanej, o ile takowa zostanie użyta w konstrukcji czujnika (w większości sensorów SpO2, szczególnie w wersjach jednorazowych, końcówki elementów optoelektronicznych w obudowach THT są lutowane bezpośrednio do przewodów).

Linię produktów ELM-4000 uzupełniają fotodiody krzemowe EPM--4001, oferowane przez tego samego producenta w dwukońcówkowych obudowach o wymiarach identycznych jak nadajniki (**fotografia 2**, **rysunek 3**). Duża powierzchnia aktywna (ponad 8 mm^2) pozwala na zwiększenie czułości sensora w warunkach niskiego poziomu sygnału, a szeroki zakres czułości spektralnej (od 400 do 1080 nm) sprzyja jego zastosowaniu nie tylko w aplikacjach SpO2, ale także w innych układach pomiarowych UV-Vis.

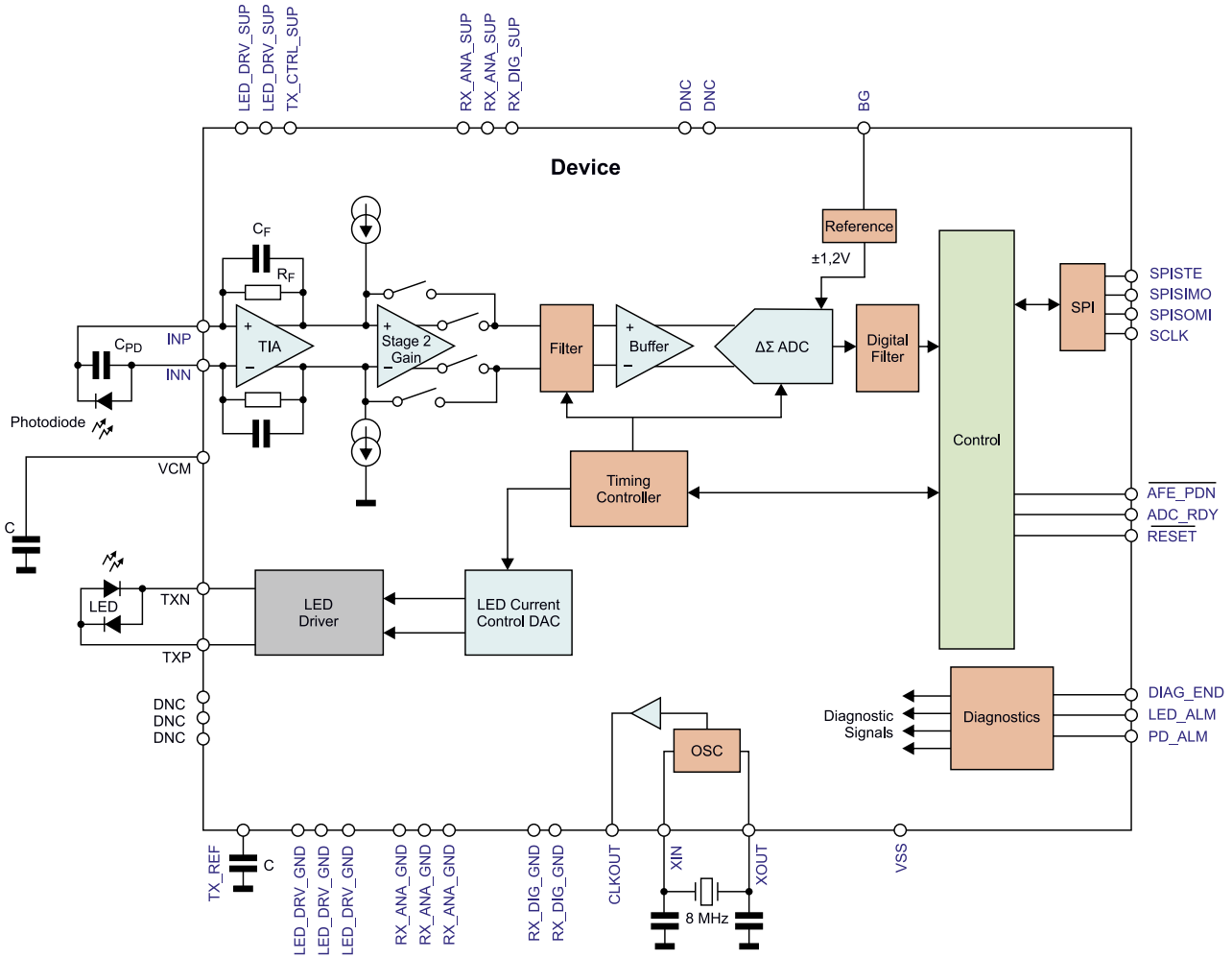
MAX86140

Kolejna, po omówionych w poprzedniej części *Poradnika Implementacji* układach MAX30101/2, propozycja firmy Maxim do aplikacji pulsoksymetrycznych to rodzina monolitycznych układów MAX86140 i MAX86141, wyposażonych w aż trzy źródła prądowe (do 124 mA!) przestrajane 8-bitowymi przetwornikami DAC i jeden (MAX86140) lub dwa (MAX86141 – **rysunek 4**) 19-bitowe przetworniki ADC z wejściem prądowym o przestrajanym programowo zakresie pomiarowym: 4...32 µA. W tym przypadku producent zastosował aż dwustopniowy system redukcji wpływu oświetlenia zewnętrznego na wynik pomiaru: analogowy, na wejściu przetwornika ADC

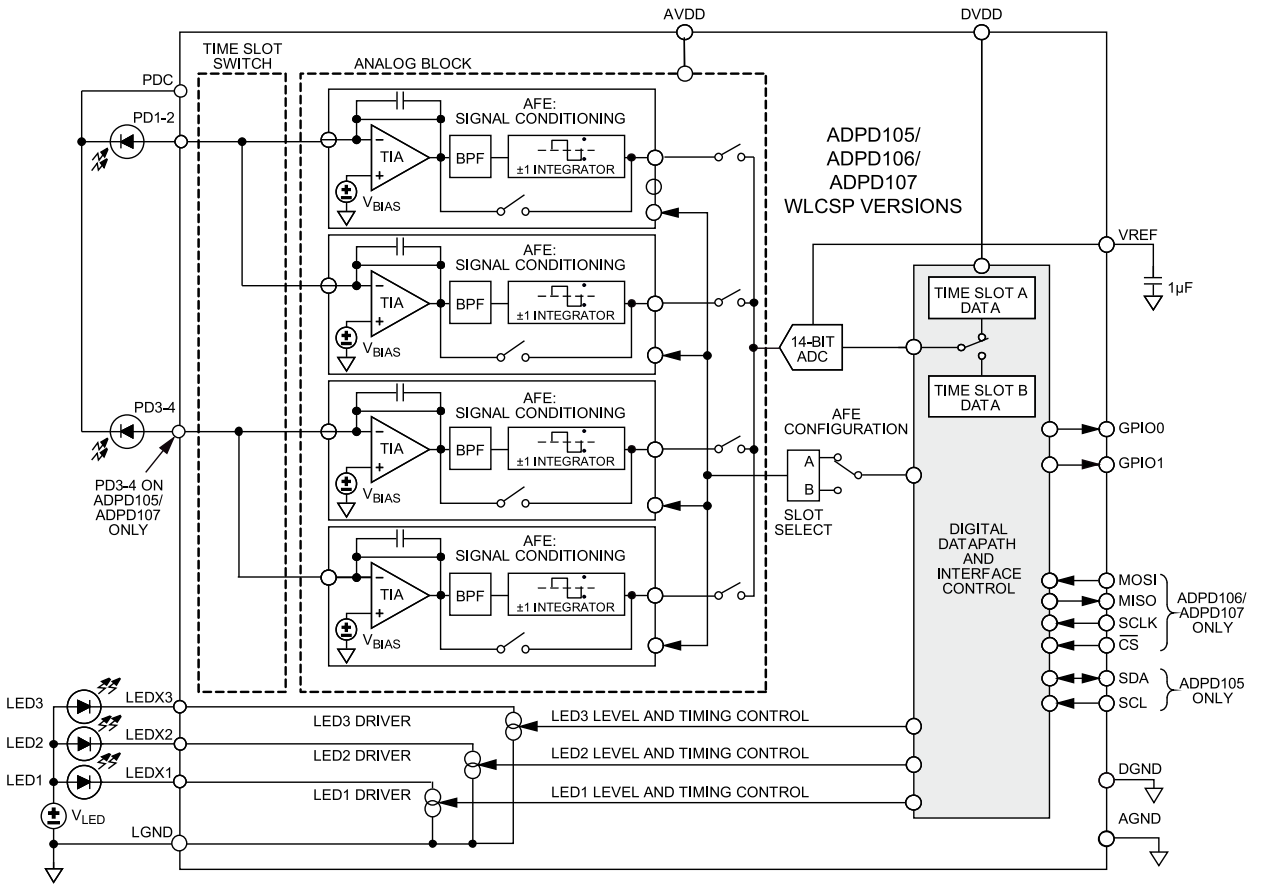


Rysunek 4. Schemat blokowy układu MAX86141

eprasa.pl 1ed9207c33

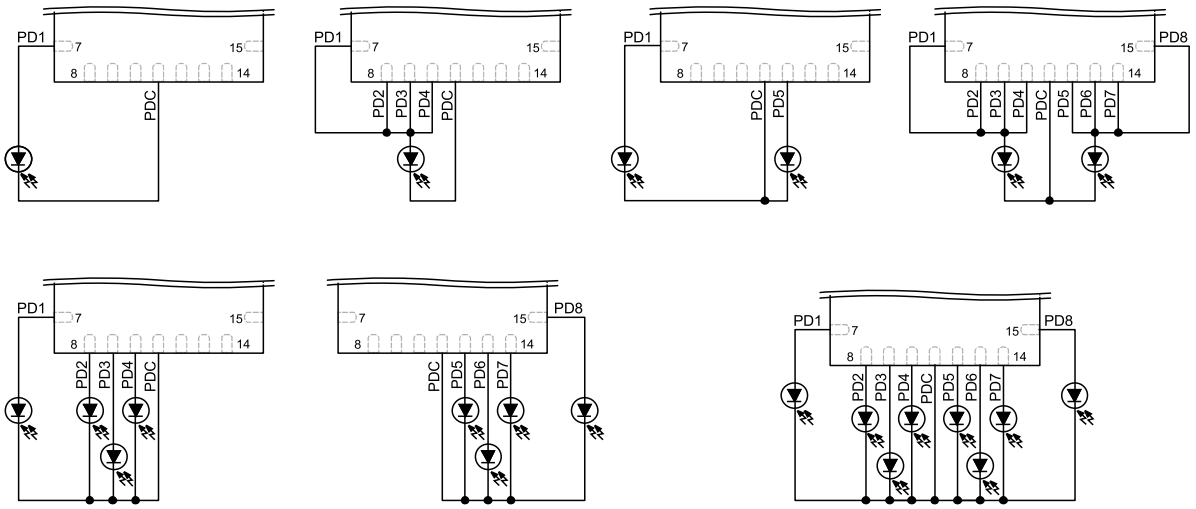


Rysunek 5. Schemat funkcjonalny front-endu monolitycznego AFE4400 marki Texas Instruments



Rysunek 6. Schemat funkcjonalny front-endów z rodziny ADPD105/106/107 marki Analog Devices

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 7. Możliwe konfiguracje podłączenia macierzy fotodiod w układach ADPD105 marki Analog Devices

(do 200 μA) oraz cyfrowy, w postaci bloku umieszczonego pomiędzy przetwornikiem a 128-próbkowym blokiem FIFO. Układ zawiera dwa oscylatory (10 MHz i 32 kHz), oferuje ponadto dodatkowe dwie linie GPIO i wyjście przerwań, zaś do komunikacji z mikrokontrolerem służy pełnowymiarowy (4-liniowy) interfejs SPI. Częstotliwość próbkowania może być przestrajana w bardzo szerokim zakresie od 8 Sps do aż 4,096 kSps. Redukcję poboru mocy zapewnia specjalny, dynamiczny tryb pracy oraz funkcja detekcji zbliżeniowej, pozwalająca na obniżenie strat mocy w czasie, gdy czujnik optyczny znajduje się z dala od ciała pacjenta. Układ jest dostępny w kompaktowych obudowach WLP o wymiarach 2,048×1,848 mm, z 0,4-milimetrowym rastrem.

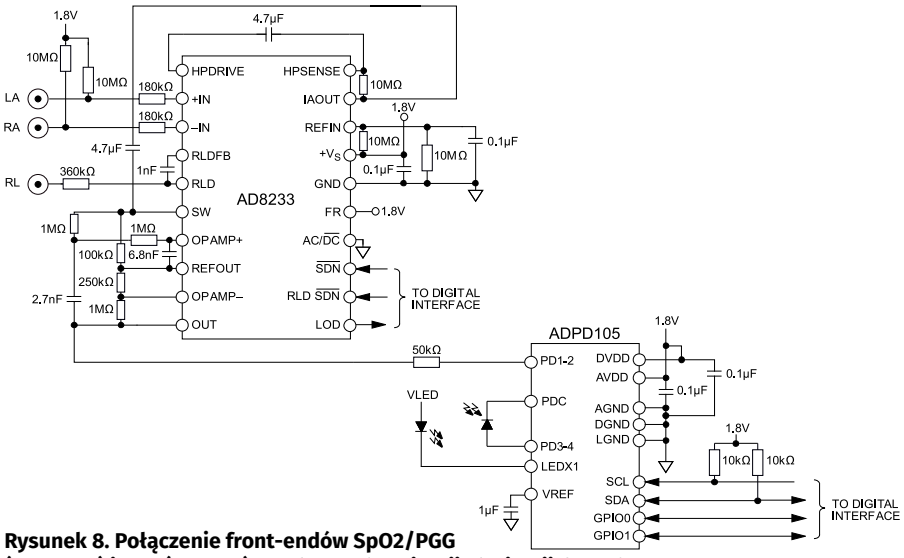
Ciekawym rozwiązaniem okazuje się blok adaptacyjnej filtracji artefaktów spowodowanych szybkozmiennym oświetleniem zewnętrznym, na które szczególnie narażone są ubieralne pulsoksymetry i mierniki tętna. Funkcja *Picket Fence Detect-and-Replace* obserwuje dane znajdujące się w FIFO i podmienia wartości próbek znacznie różniących się od wartości spodziewanych, wyznaczonych na podstawie ekstrapolacji ostatnio zarejestrowanych wyników pomiaru. Taka procedura pozwala uniknąć błędów wynikających ze ślepego działania analogowego bloku korekcji offsetu (ALC). Omawiane rozwiązanie jest jednym z bardziej zaawansowanych bloków redukcji artefaktów, jakie napotkać można we współczesnych front-endach medycznych.

AFE4400 i AFE4490

Choć rodzina układów AFE44x0 (**rysunek 5**) to propozycja firmy Texas Instruments skierowana (zdaniem producenta) raczej do niskobudżetowych urządzeń ubieralnych, to producent – jako jeden z nielicznych – zdecydował się na zastosowanie drivera LED, wspierającego podłączenie diod w topologii przeciwsobnej, znane z opisanych wcześniej czujników klinicznych. Ponadto układ zawiera także obwody detekcji odłączenia lub zwarcia fotodiody i diod LED, a ponadto oferuje funkcję wykrywania podłączenia przewodu czujnika do wejścia front-endu. O klasyfikacji układu AFE4400 jako rozwiązania niemedycznego zadecydował zapewne fakt stosunkowo niskiej jakości przetwornika ADC, który – pomimo natywnej rozdzielczości 22 bitów – oferuje zaledwie około 14 bitów ENOB i to w paśmie zaledwie 5 Hz (zakres dynamiki jest równy 95 dB). Niemiłym zaskoczeniem jest także konieczność zastosowania zewnętrznego źródła taktowania (oscylatora kwarcowego), co w połączeniu z dość sporymi wymiarami obudowy (40-pinowej VQFN o wymiarach 6×6 mm) czyni układ względnie mniej atrakcyjnym od rozwiązań nowszych (warto dodać, że oba układy zostały wprowadzone na rynek aż 9 lat temu). Nieco lepsza wersja – AFE4490 – ma deklarowany zakres dynamiki równy 110 dB i może pochwalić się czterokrotnie mocniejszym (do 200 mA) źródłem prądowym.

ADPD105/ADPD106/ADPD107

Rodzina układów ADPD10x zawiera trzy modele rozbudowanych, monolitycznych front-endów fotometrycznych, wyposażonych w potrójne, 370-miliamperowe wyjścia prądowe dla zewnętrznych diod LED, poczwórne układy kondycjonowania sygnałów z fotodiod, a także macierz przełączników i zaawansowany sekwencer do sterowania pracą AFE. Schemat funkcjonalny, wspólny dla wszystkich trzech wersji, został pokazany na **rysunku 6**. Układy ADPD106 i ADPD107 są wyposażone w interfejs SPI, zaś ADPD105 – I²C. Układ ADPD105 w obudowie LFCSP umożliwia współpracę z jedną, dwiema, czterema albo ośmioma fotodiodami, przy czym mniej liczne konfiguracje mogą wykorzystywać większą liczbę zwartych ze sobą wejść, co daje – podobnie jak w przypadku opisanego w poprzednim artykule ADPD1441RI – możliwość efektywnej regulacji balansu pomiędzy zakresem dynamiki a rozdzielczością pomiarów (**rysunek 7**). Układy mają szereg dodatkowych możliwości, w tym rozmaite konfiguracje połączeń bloku analogowego z przetwornikiem ADC, co pozwala nawet na… detekcję zanieczyszczeń pomontażowych (np. resztek



Rysunek 8. Połączenie front-endów SpO2/PGG (ADPD105) i EKG (AD8233) w celu synchronizacji akwizycji danych

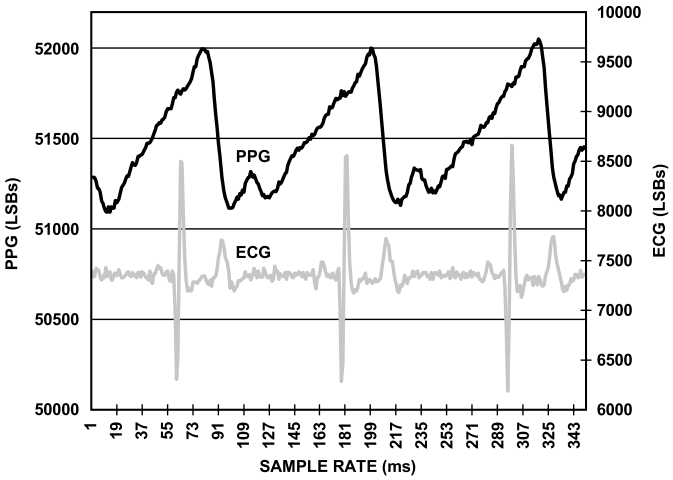
eprasa.pl 1ed9207c33

topnika lub zabrudzeń gromadzonych w czasie eksploatacji), wpływających na pracę czułych wzmacniaczy transimpedancyjnych.

Możliwość konfiguracji jednego z kanałów jako wejścia napięciowego umożliwia współpracę z zewnętrznymi obwodami wejściowymi EKG – przykład takiej aplikacji, wykorzystujący omówiony w jednej z wcześniejszych części *Poradnika Implementacji* front-end AD8233, został pokazany na **rysunku 8**. Dokładna synchronizacja pomiarów zebranych w dziedzinie bioelektrycznej i optycznej ma szczególne znaczenie w niektórych aplikacjach, wykorzystujących fuzję danych w celu wyekstrahowania dodatkowych informacji – więcej szczegółów na ten temat podamy w kolejnych odcinkach *Poradnika Implementacji*.

Podsumowanie

Monolityczne front-endy pulsoksymetryczne oraz fotopletyzmograficzne oferują szeroki zakres możliwości, dalece wykraczających poza samą tylko akwizycję danych pomiarowych. Rozbudowane obwody sterowania emiterami optycznymi (diodami LED), wysokiej jakości stopnie wejściowe z jednym lub wieloma kanałami pomiarowymi oraz sprzętowe wsparcie dla efektywnej redukcji wpływu oświetlenia zewnętrznego sprawiają, że układy AFE wydają się idealnym rozwiązaniem do konstrukcji tak przenośnych, jak i stacjonarnych pulsoksymetrów oraz mierników tętna działających w oparciu na fotopletyzmografi. Warto przy tym pamiętać, że narzucone przez konstruktorów AFE ograniczenia mogą w niektórych przypadkach utrudniać lub wręcz uniemożliwiać realizowanie bardziej zaawansowanych funkcjonalności – dlatego też należy się spodziewać, że najwyższej klasy urządzenia kliniczne jeszcze przez wiele lat będą zdominowane przez rozbudowane układy dyskretne, „szyte na miarę" przez projektantów doświadczonych w konstrukcji urządzeń typu *mixed-signal*. W większości podstawowych zastosowań parametry układów AFE wystarczają jednak w zupełności do realizacji pomiarów PPG/SpO2.



Rysunek 9. Przykładowy zapis synchroniczny sygnałów PGG i EKG

Niniejszy odcinek *Poradnika Implementacji* kończy omówienie układów *stricte* biosygnałowych – w kolejnych częściach cyklu przyjrzymy się front-endom przeznaczonym do realizacji pomiarów biochemicznych, po czym przejdziemy do zaprezentowania jednych z najbardziej rozbudowanych układów AFE, służących do prowadzenia wieloparametrowych pomiarów medycznych.

inż. Przemysław Musz, EP

REKLAMA

Wszystkie materiały dodatkowe do wydania znajdziesz w jednym miejscu ▷ ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 1ed9207c33

koktajl niusów

Internet satelitarny Starlink i upał

Amerykański użytkownik ze stanu Arizona, o imieniu Martin, przekonał się, jak wrażliwe na wysokie temperatury są urządzenia zapewniające dostęp do wspomnianej w tytule usługi. Mowa tu o antenie zewnętrznej, która doskonale absorbowała ciepło po dłuższej ekspozycji na słońce (ekspozycji, która trwała co najmniej kilka godzin). Oprogramowanie na komputerze użytkownika poinformowało go o zbyt wysokiej temperaturze elementu i natychmiast przerwało jego pracę. Ratunkiem okazało się zraszanie anteny wodą, jednak było to skuteczne tylko przez chwilę. Dopiero po siedmiu godzinach jej temperatura na tyle się zmniejszyła, by internet znowu mógł działać.

Zgodnie z danymi meteorologicznymi, temperatura miejsca, w którym znajdował się Martin, wyniosła aż 48°C. Jest to wartość wykraczająca poza zakres temperatury pracy urządzeń internetu Starlink, obejmujący wartości od –30 do 40°C. Firma SpaceX utrzymuje, że odcięcie od usługi następuje po rozgrzaniu się anteny do temperatury powyżej 50°C, a jej przywrócenie ma miejsce po wychłodzeniu się podzespołu do temperatury co najmniej 40°C.

W opisanej sytuacji nie było warunków umożliwiających takie wychłodzenie. Zdając sobie z tego sprawę, użytkownik wpadł na pomysł zbudowania zadaszenia dla anteny. Czy to pomogło – nie wiadomo. Niemniej wspomniano w tekście, że antena nie jest „talerzem" znanym z telewizji, a macierzą wielu drobnych anten tworzących tzw. szyk fazowany, w obrębie którego można formować, w sposób elektroniczny, określone wiązki sygnałowe. Krótko mówiąc – to skomplikowany element dopasowujący się do warunków zewnętrznych. Być może wymaga nieco wydajniejszego chłodzenia, ale nie można nazwać tego wadą. Warto o tym pamiętać, jeżeli posiadacie dostęp do internetu Starlink – u nas także afrykańskie upały, szkoda na nie dobrego sprzętu.

źródło rysunku: https://bit.ly/2VIvscB

Sieć neuronowa odwzorowuje to, co zobaczy!

Przykładem systemu tego typu jest GameGAN firmy NVIDIA złożone z dwóch sieci neuronowych: „generatora" i „dyskryminatora". Pierwsza jest uczona wieloma obrazami, na podstawie których tworzy realistycznie wyglądające przedmioty, które w rzeczywistości nie istnieją (można powiedzieć – sztuczna „wyobraźnia"). Druga sieć natomiast ma za zadanie rozpoznać, czy coś jest prawdziwe, czy wygenerowane sztucznie. Innymi słowy (za firmą NVIDIA): „Generator próbuje oszukać dyskryminator, a dyskryminator stara się nie dać oszukać" lub inaczej: „generator uczy się wytwarzać docelową wartość wyjściową" i jest sparowany „z dyskryminatorem, który uczy się odróżniać prawdziwe dane od danych wyjściowych generatora".

Zachęceni stosunkowo dobrymi rezultatami naukowcy postanowili wykorzystać GameGAN do opracowania własnej wersji gry GTA V zwanej „GAN Theft Auto". W tym celu zaczęli oni dostarczać systemowi sporo obrazów z oryginalnej produkcji Rockstar Games. W efekcie powstała skromna, lecz grywalna wersja demonstracyjna obejmująca niewielki fragment autostrady. Kod pozwalający na poruszanie się nią nie został napisany przez człowieka, jest to dzieło sztucznej inteligencji! Co prawda daleko mu do doskonałości produkcji człowieka, ale kilka szczegółów robi wrażenie. W szczególności chodzi tu o samą jazdę autem bądź oświetlenie odbijające się w szybach pojazdu zależnie od kierunku jazdy. Szczegóły te można obejrzeć pod adresem: https://bit.ly/3wJP4d2.

Niewykluczone, że w przyszłości sztuczna inteligencja będzie tworzyła gry wideo, a nie ludzie. Już teraz jest ona stosowana do opracowywania poziomów w grach lub nawet pojedynczych zadań. Może za parę lat producentami gier będą ludzie obsługujący sieci neuronowe. Na koniec link do repozytorium GitHub zawierającego wspomnianą w tekście wersję demo gry: https://github.com/sentdex/GANTheftAuto/.

źródło rysunku: https://bit.ly/3eoU4h4

Wypożyczalnie kaset VHS i płyt DVD

W Warszawie są dwa miejsca, w których wypożyczalnie działają do dziś. Pierwsza z nich, zwana „Tao", należąca do pana Piotra Sadowskiego, mieści się na Bielanach przy ul. Wrzeciono 35. Druga, o nazwie „DVD-Video", będąca własnością pana Norberta Rasińskiego, jest położona na Ursynowie w Domu Sztuki przy ul. Wiolinowej 14.

eprasa.pl 1ed9207c33

W pierwszej można pobierać oba tytułowe nośniki, w drugiej dostępne są tylko płyty. Obie powstały w zbliżonym czasie – kolejno: 1991 i 1992 rok.

Co mówią o swoich miejscach pracy wspomniani wcześniej panowie? Otóż pan Piotr uważa, że „gdy stawiał pierwsze kroki w tym biznesie, na tym osiedlu było trzydzieści lub nawet czterdzieści wypożyczalni kaset wideo. Do każdej z nich była wręcz kolejka, bo obejrzenie filmu było wówczas rodzinnym wydarzeniem. Dla nas, właścicieli takich punktów, był to zaś niezły zarobek, z którego można było godnie wyżyć. Dziś moja wypożyczalnia jest bardziej realizowaniem filmowego hobby niż metodą zarobkową". Natomiast pan Norbert twierdzi, że jego wypożyczalnia „zawsze trochę wyprzedzała popyt na poszczególne nośniki. Gdy w 1998 roku pojawiły się pierwsze filmy na DVD, to w Polsce jeszcze nie każdy miał odtwarzacz, na którym mógłby takie płyty uruchamiać. Zapoczątkowało to jednak pewien proces, w którym nowy nośnik zaczął wypierać stary". Ponadto zdaniem pana Piotra „obecne czasy mają to do siebie, że wycieczka do kina całej rodziny jest dość dużym wydatkiem. Z tego względu seans przed starym kinem domowym może być sposobem na wskrzeszenie domowego ogniska. W mojej wypożyczalni każdy znajdzie jakąś perełkę". Z kolei Pan Norbert przyznaje: „Nastawiamy się na nowości filmowe, ale nie tylko. Mamy bogatą filmotekę składającą się z klasyki kina. Można u nas znaleźć filmografie kultowych reżyserów, jak Jim Jarmush czy David Lynch. Ostatnio coraz popularniejsze są filmy Felliniego".

Ile kosztuje wypożyczenie filmów w obu wypożyczalniach? Niewiele – w przypadku pana Piotra jest to 5 zł, a w przypadku pana Norberta 8...10 zł dla płyty DVD i 14 zł dla płyty Blu-Ray. Czasy ich zwrotów są przy tym krótkie – jeden tydzień na Bielanach oraz dwa dni, poza serialami, dla których przewidziano siedem dni, na Ursynowie. Nic, tylko udać się w obydwa miejsca czynne o następujących porach: od poniedziałku do piątku w godzinach: 15…20 (wypożyczalnia „Tao") oraz od poniedziałku do czwartku w godzinach: 14...21, w piątki w godzinach: 12...22 i soboty w godzinach: 12...20 (wypożyczalnia „DVD-Video"). Więcej informacji pod adresem: https://bit.ly/3rdmRu5 oraz https://bit.ly/3er539E.

źródła: https://bit.ly/3rdmRu5; https://bit.ly/3er539E; https://bit.ly/3xIUaI9

Skąd się wzięła nazwa „język programowania C"?

Język C jest następcą języka B wywodzącego się z języka BCPL (*Basic Combined Programming Language*). Za wspomnianą w tytule nazwą nie stoi żadne określenie bądź fraza, a obecna w niej litera jest pozbawiona znaczenia. To takie proste, bo właśnie o to chodzi – technika powinna być definiowana prostymi zasadami. Nie ma miejsca na dowolność i niejednoznaczność, a piękno i elegancja sprowadzają do minimalizmu.

Awaria elektrowni w Bełchatowie

Przyczyną zdarzenia były dwa ludzkie błędy popełnione na terenie stacji elektroenergetycznej „Rogowiec", należącej do spółki PSE. Pierwszy z nich to niewłaściwie zrealizowane odłączenie linii energetycznej dochodzącej do tejże stacji z zastosowaniem uziemienia bez

uprzedniego zdjęcia napięcia ze wspomnianej linii przeprowadzone przez osobę, która nigdy wcześniej tego nie robiła. Drugi błąd to wykonana niezgodnie z projektem instalacja uziemiająca, która uległa natychmiastowemu spaleniu w chwili tego odłączania wskutek braku pełnego podłączenia jej do gruntu.

Tylko tyle wystarczyło do wyłączenia niemal całej elektrowni w Bełchatowie. Krótko mówiąc, winny był człowiek lub dokładniej: brak z jego strony należytej staranności. W szczególności chodzi tu o wspomnianą wcześniej instalację, która powstała w 1982 roku, czyli w trudnym dla Polski okresie, kiedy brakowało wszystkiego, a plany trzeba było mimo to wykonywać (i dlatego nie wykonano tej instalacji jak trzeba). Tym niemniej są jeszcze wyjaśniane niektóre wybrane kwestie awarii, m.in. to, dlaczego dwa pozostałe bloki energetyczne elektrowni nie utrzymały się w sieci, oraz zachowanie niektórych elementów automatyki na stacji „Rogowiec". Śledztwo w tej sprawie trwa. Pocieszające jest to, że wykonane parę lat temu modernizacje w sieci dystrybucji energii pozwoliły na zmniejszenie strat spowodowanych awarią, podobnie jak import energii z zagranicy. Niemniej sieć energetyczna w Polsce jest już coraz bardziej przestarzała i wiele jej elementów nie spełnia norm. Nic, tylko czekać na nieszczęście, by sobie o tym przypomniano.

źródło rysunku: https://bit.ly/3en76vF

Uniwersalność platformy Arduino na konkretnym przykładzie

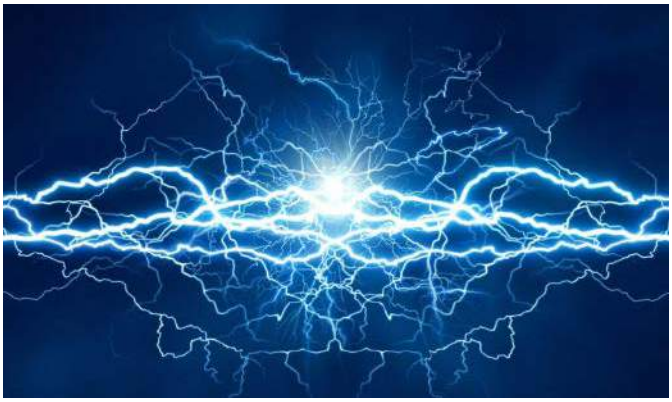
Przed Wami jeden z ciekawszych przykładów zastosowania wspomnianej w tytule platformy w postaci prostej w obsłudze stacji pogodowej Weather Station Kit with Solar Power firmy DFRobot zawierającej kontroler ATmega32U4 z rodziny AVR. Jest to jedyny w swoim rodzaju produkt zasilany z baterii litowo-polimerowej (Li-Poly) o napięciu 3,7 V, którą ładuje panel słoneczny złożony z 12 ogniw krzemowych. Stacja ta umożliwia pomiar trzech wielkości otoczenia: temperatury w zakresie od –40 do 80°C z dokładnością ±0,5°C, wilgotności względnej od 0% do 100% RH z dokładnością ±2...5% RH oraz ciśnienia w przedziale: 300...1100 hPa z dokładnością do ±1 hPa. Ich wartości są prezentowane na niebieskim, alfanumerycznym wyświetlaczu ciekłokrystalicznym.

Całość jest schowana w gustownej, trójkątnej, drewnianej obudowie, którą należy zmontować, podobnie jak samą stację. Do tego celu

eprasa.pl 1ed9207c33

przewidziano sześć bezśrubowych części, które można pomalować oraz płytkę drukowaną PCB pełniącą funkcję sterownika DFRobot Weather Station Kit with Solar Panel. Obsługę produktu zapewnia zestaw dedykowanych bibliotek do użycia w darmowym środowisku ArduinoIDE. Jest to idealne narzędzie dla majsterkowiczów, pozwalające doskonalić umiejętności praktyczne w elektronice. Jest to również urządzenie dla osób młodszych, którym pozwala poczuć przyrodę i klimat i rozwinąć w ten sposób ich zainteresowania. Jest do nabycia w przystępnej cenie pod adresem: https://bit.ly/3hHRtRp.

źródło rysunku: https://bit.ly/3hHRtRp

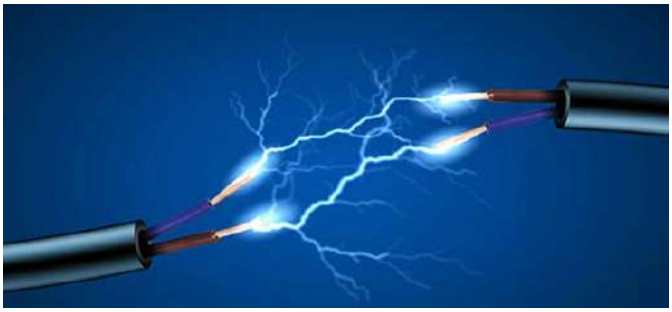


Nie bez powodu jednostka mocy elektrycznej to wat [W]

Jednak nie chodzi tu o szkockiego inżyniera Jamesa Watta, na cześć którego została ta jednostka nazwana. Chodzi o pewną rzecz w samej literze – taką, że W to dwie zestawione obok siebie litery V, czyli VV czytane jako „V razy V", równe iloczynowi V·V, tzn. V^2. Po podzieleniu przez R otrzymujemy znany wzór na moc elektryczną obliczaną z napięcia oraz rezystancji.

To nie przypadek, że W dotyczy wspomnianej w tytule wielkości! Od tej strony chyba mało kto ją zna. Jest to wspaniały sposób na zapamiętanie tejże wielkości, który polecamy każdemu, szczególnie młodym w szkole i na studiach.

źródło rysunku: https://bit.ly/3z4wOgk



Oblicze angielskiego słowa „elektryczny" dużo ciekawsze niż w języku polskim

Chodzi o przymiotniki: „electric" i „electrical", których znaczenia, choć są takie same, to jednak odnoszą się do innych aspektów sprawy. W pierwszym przypadku coś ma dosłownie korzystać w swoim działaniu z elektryczności, jak np.: czajnik elektryczny (*electric kettle*) lub pastuch elektryczny (*electric fence*) bądź gitara elektryczna (*electric guitar*). Z kolei w drugim coś jest po prostu związane z elektrycznością albo się do niej odwołuje/na nią się powołuje – dla przykładu przewód elektryczny (*electrical wire*): sam z prądu nie korzysta, ale go przewodzi (ma więc coś wspólnego z elektrycznością). Dalej: zjawisko elektryczne (*electrical phenomenon*) – samo w sobie dotyczy prądu (i nie jest tak, że potrzebuje go, by zaistnieć). Wreszcie schemat elektryczny (*electrical diagram*): pozwala on zrozumieć zasadę działania urządzenia elektrycznego, tj. jak przepływa przez nie prąd (powołuje się on w tym celu na elektryczność). I tak dalej. Czasami słowo „electric" jest również stosowane w znaczeniu metaforycznym, takim jak m.in.: kolor niebieski elektryczny (*electric blue*) czy elektryczne powietrze (*electric air*), jednak rzadziej niż to co wspomniano na początku.

źródło rysunku: https://bit.ly/3ku514Z

Minecraft w Korei Południowej tylko dla dorosłych

Nie przesłyszeliście się: w Korei Południowej, nie Północnej (w końcu w tym drugim kraju gry komputerowe nie są znane!). Jakim cudem? Otóż chodzi o obowiązuje tam od 2011 roku prawo wyłączenia (inaczej: prawo Kopciuszka), zgodnie z którym młodzież do lat 16 nie może grać w gry wideo, zwłaszcza te wymagające dostępu do internetu, od północy do 6 rano, co ma przeciwdziałać uzależnieniom od tej formy rozrywki. Wydawcy tych gier niemal natychmiast dostosowali się do przyjętych regulacji. Nie inaczej było w przypadku firmy Microsoft, obecnego dewelopera Minecrafta, który ograniczył dostępność tej gry tylko do konsol Xbox Live i pozwolił z nich korzystać wyłącznie osobom mającym 19 lat i wiecej przez dedykowane konta.

W teorii rozwiązanie wspaniałe – osoba młoda jest od razu blokowana (weryfikacja wiekowa uniemożliwia założenie konta). Pomijamy w tym względzie znane z polskich realiów cwaniactwo, a właściwie kombinatorstwo, polegające na udostępnianiu własnych kont określonej usługi innym osobom – coś takiego absolutnie nie przechodzi w Korei Południowej. Jednak w praktyce nie zawsze tak było – aż do grudnia zeszłego roku można było logować się do gry w oparciu o konta zewnętrzne bez konieczności sprawdzania wieku, co zapewne miało być tylko etapem przejściowym ułatwiającym korzystanie z Minecrafta bez potrzeby „masowego" przesiadania się na nowe konta, a stało się ostatecznie nagminnie wykorzystywanym sposobem do obchodzenia wskazanego początku prawa. Niedopatrzenie czy świadoma zagrywka firmy – trudno stwierdzić, jaka była rzeczywista motywacja. Niewykluczone, że któryś z lokalnych polityków zaczął skutecznie deptać po piętach gigantowi z Redmond i pod jego wpływem zmienił się stan rzeczy. Niezależnie od powodu firma dokonała migracji kont zewnętrznych na dedykowane, co z miejsca wywołało oburzenie u graczy. Ci wręcz wystosowali petycję do rządu, by znieść prawo wyłączenia. Na ile ona pomoże, nie wiadomo. Pewne jest natomiast to, że tylko w Korei Południowej Minecraft ma poważne ograniczenia wiekowe, co stanowi swego rodzaju precedens w świecie. Jak to się mówi „co kraj to obyczaj" i należy to uszanować.

źródło rysunku: https://bit.ly/3B8C988

Dobra rada: nie trzymaj smartfona przed przednią szybą w aucie, kiedy jest upał!

W przeciwnym razie dojdzie do przegrzania urządzenia, które może skończyć się trwałym jego uszkodzeniem! Dostępne na rynku uchwyty samochodowe na szybę skutkują umieszczeniem urządzenia w miejscu skupiania promieni słonecznych przez tę szybę (czemu towarzyszy wzrost temperatury powietrza). Pierwsze objawy przegrzania to wolniejsze działanie procesora, zmniejszenie jasności

eprasa.pl 1ed9207c33

podświetlenia, brak możliwości ładowania, a w skrajnym przypadku – ryzyko wybuchu baterii.

Czy warto ryzykować? Oczywiście nie – lepiej w upalny dzień położyć telefon w zacienionym miejscu nieutrudniającym prowadzenia auta. A jeśli to niemożliwe, to schować go do kieszeni spodni, torebki, plecaka lub innego dogodnego akcesorium, które niedużo waży i łatwo przenosić je w rękach. Szczęśliwie nowe (by nie powiedzieć najnowsze) modele ostrzegają o zbyt wysokiej temperaturze i można w porę na nią zareagować. Starsze natomiast tego nie robią i można się zbyt późno zorientować, że coś jest z nimi nie tak. Warto wyrobić sobie nawyk natychmiastowego zdejmowania urządzeń z uchwytów, gdy tylko robi się dość słonecznie, niezależnie od ich rocznika. A najlepiej zadbać o odbijanie promieni światła przy uchwycie, szczególnie jeżeli trzeba telefonem coś nagrywać.

źródło rysunku: https://bit.ly/3wIeojT

Jakub Tyburski
jakub.tyburski@wat.edu.pl

REKLAMA

Ogłoszenia i reklamy hurtowni, sklepów, importerów, producentów, dealerów, itp. są płatne. Cena podstawowego modułu (35×20 mm) wynosi 66 zł + VAT. Koszt minimalnej ramki dla ogłoszeń o wielkości 3 modułów wynosi 198 zł + VAT. Moduły można łączyć zarówno w pionie jak i w poziomie. Maksymalna szerokość ogłoszenia to 5 modułów, wysokość 12 modułów. Rabaty stosujemy wyłącznie dla reklam powyżej 8 modułów: 4-6 emisji 10%, 7-11 emisji 15% i od 12 emisji 25%.

KRAMIK i RYNEK

Oferta specjalna:

• publikacja fragmentów cennika w ramce o wielkości: 8 modułów w pionie cena 264 zł + VAT, 9 modułów w poziomie 305 zł + VAT

• rabat specjalny dla firm poszukujących pracowników wynosi 25% (wyłącznie dla dużych reklam).

Wszelkich informacji udziela **Grzegorz Krzykawski**, **tel. 22 257 84 60**, e-mail: **grzegorz.krzykawski@ep.com.pl**.

Reklamy do tej rubryki mogą być przygotowane przez Zamawiającego w CMYK, w formacie CDR (wersja do 2021), AI, EPS (tekst zmieniony na krzywe), PSD, PDF (programy Adobe w wersji do CC 2021 włącznie PC/Mac) z próbnym wydrukiem. Małe reklamy mogą być przygotowane w redakcji (gratis) na podstawie odręcznego szkicu. Opracowania te nie będą jednak wówczas uzgadniane z Zamawiającym przed oddaniem do druku.

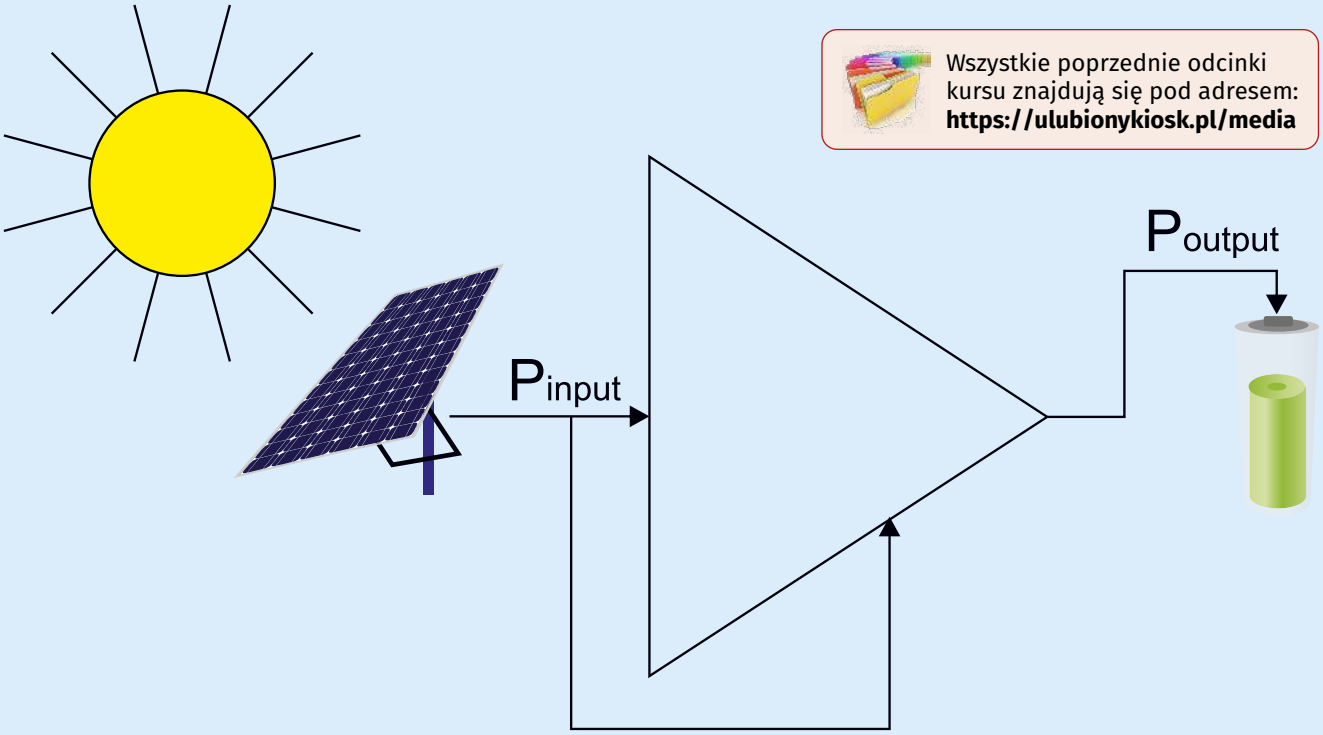
Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczonych w Elektronice Praktycznej

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

www.ep.com.pl

NINIEJSZE OGŁOSZENIA SĄ INFORMACJĄ HANDLOWĄ I NIE STANOWIĄ OFERTY W MYŚL ART. 66, § 1 KODEKSU CYWILNEGO. EWENTALNIE PODANE CENY MOGĄ ULEC ZMIANIE.

eprasa.pl 1ed9207c33



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

Systemy dla Internetu Rzeczy (51)

Pozyskiwanie energii słonecznej – układ BQ25570

Wraz z rozwojem Internetu Rzeczy, zdalne czujniki, które monitorują parametry środowiskowe i przesyłają dane do systemu hosta poprzez połączenie internetowe, stają się niezwykle powszechne. Jednym z podstawowych zadań większości takich urządzeń jest działanie w trybie ciągłym. Spełnienie tego warunku wymaga stałego zasilania energią elektryczną. Jedną z metod osiągnięcia tego celu jest zastosowanie techniki pozyskiwania energii. Zaprojektowanie czujnika, który ma być zasilany z odnawialnego źródła energii, na przykład panelu słonecznego lub generatora termoelektrycznego lub piezoelektrycznego, wymaga więcej czasu, lepszej znajomości komponentów i doświadczenia w projektowaniu niż w przypadku systemu ze standardowym źródłem zasilania.

W ofertach dystrybutorów elementów elektronicznych dostępnych jest wiele układów scalonych przeznaczonych do pozyskiwania energii z ogniw słonecznych. Bardzo interesującym wyborem jest seria trzech układów BQ25xxx firmy Texas Instruments o podobnej budowie i różnej funkcjonalności. Dostępne są również tanie płytki uruchomieniowe z tymi układami. Dlatego została podjęta próba sprawdzenia całości w praktyce. Szczególnie że po eksperymentach przeprowadzonych przez inne osoby opinie wahają się od: „zupełnie nieprzydatny" do „bardzo przydatny". Dokładniejszy opis budowy i działania ogniw słonecznych oraz sposobu ładowania akumulatorów litowych jest zamieszczony w poprzednim odcinku serii [S49].

BQ25570 firmy Texas Instruments

Układ scalony BQ25570 to wysoce zintegrowane rozwiązanie do pozyskiwania energii, które jest dobrze dostosowane do specjalnych potrzeb aplikacji o bardzo niskim poborze mocy [1]. Układ jest specjalnie zaprojektowany do efektywnego pozyskiwania i zarządzania niską mocą, od mikrowatów (μW) do miliwatów (mW), energii generowanej z różnych źródeł prądu stałego, takich jak ogniwa fotowoltaiczne (słoneczne) lub generatory termiczne. Przy zastosowaniu diod prostowniczych można pozyskiwać energię z wibracji czujników piezoelektrycznych. Układ jest szczególnie przydatny w zastosowaniach takich jak bezprzewodowe sieci czujników (WSN), które mają rygorystyczne wymagania dotyczące sposobu zasilania i jego mocy.

Praca jest zorganizowana w postaci kilku współpracujących obwodów. Uproszczona organizacja wewnętrzna układu scalonego BQ25570 została pokazana na **rysunku 1**. Układ wejściowy obejmuje wyprowadzenie VIN i zawiera jednostkę zimnego startu i kontroler MPPT. Jest on ściśle powiązany z układem ładowania zawierającym przetwornicę podwyższającą z obwodem ładowania i kontrolerem poziomów baterii (oznaczonym na rysunku 1 jako układ zarządzania niską mocą). Układ wyjściowy zawiera przetwornicę obniżającą.

BQ25570 ma pięć trybów funkcjonalnych:

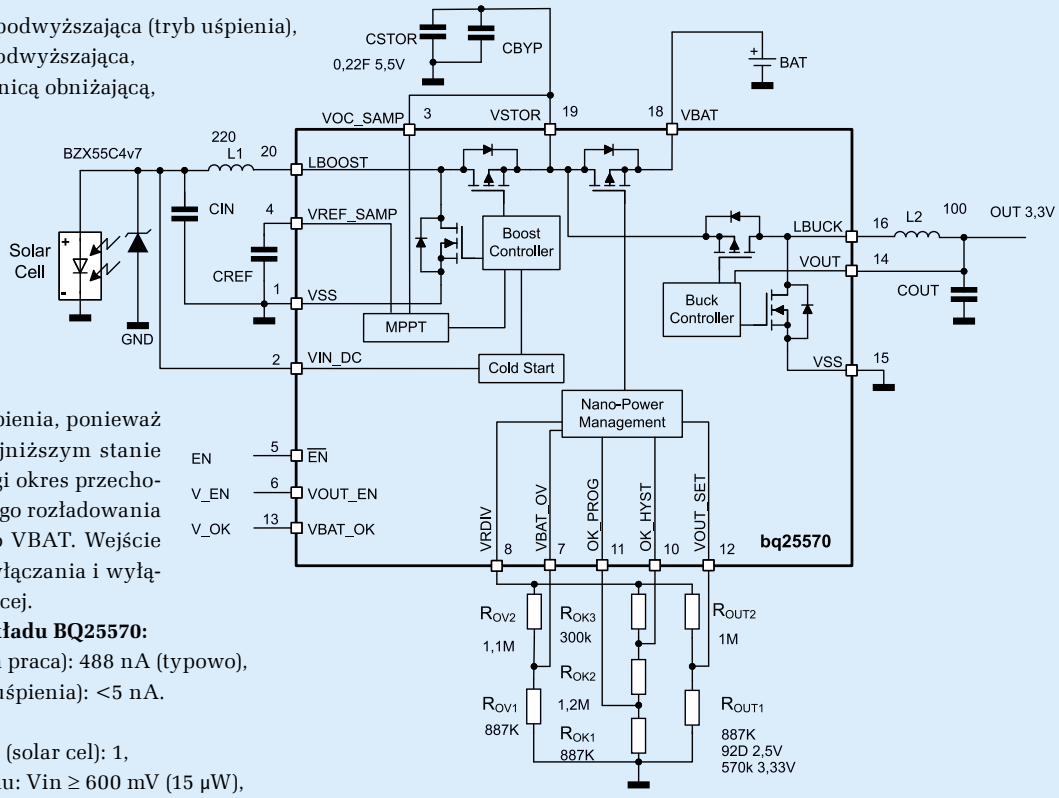
- praca w trybie zimnego startu,

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie **https://ulubionykiosk.pl/media**

eprasa.pl 1ed9207c33

- wyłączona przetwornica podwyższająca (tryb uśpienia),
- włączona przetwornica podwyższająca,
- tryb z włączoną przetwornicą obniżającą,
- wyłączenie termiczne (zabezpieczenie).

Wysoki poziom na wejściu EN wyłącza układ scalony, w tym przetwornicę podwyższająca, przetwornicę obniżającą i obwód zarządzania akumulatorem. Wyłączany jest również tranzystor PFET, który łączy VBAT z VSTOR. Można to opisać jako tryb uśpienia, ponieważ ustawia układ scalony w najniższym stanie poboru mocy i zapewnia długi okres przechowywania energii bez znacznego rozładowania akumulatora dołączonego do VBAT. Wejście VOUT_EN jest używane do włączania i wyłączania przetwornicy obniżającej.



Rysunek 1. Uproszczona organizacja wewnętrzna układu scalonego BQ25570

Podstawowe parametry układu BQ25570:

- prąd spoczynkowy (pełna praca): 488 nA (typowo),
- prąd spoczynkowy (tryb uśpienia): <5 nA.

Układ wejściowy

- liczba ogniw słonecznych (solar cel): 1,
- napięcie zimnego rozruchu: Vin ≥ 600 mV (15 μW),
- ciągłe pozyskiwanie energii z wejścia (Vin): od 100 mV do 5,1 V,
- moc wejściowa dla normalnego ładowania: 5 μW do 510 mW,
- prąd wejściowy: 0,1 A (maks.),
- programowalne śledzenie maksymalnego punktu mocy (MPPT).

Przetwornica podwyższająca

- magazynowanie energii: Li-Ion/Li-Polimer, SuperCap,
- napięcie pracy wyprowadzeń (VSTORE, VBAT, VOUT): 2 V do 5,5 V,
- ograniczenie prądu ładowania: 230 mA (typ.),
- wewnętrznie ustawiony poziom podnapięciowy i nadnapięciowy.

Przetwornica obniżająca

- programowalne regulowane napięcie wyjściowe (VOUT): od 1,8 V do 5,5 V,
- prąd wyjściowy: 110 mA (typ.),
- wydajność: do 93%.

Przetwornica podwyższająca

Przetwornica podwyższająca jest dołączona do wejścia – do wyprowadzenia VIN_DC (wymagany kondensator minimum 4,7 μF) a na wyjściu do VSTOR (wymagany kondensator minimum 4,7 μF+0,1 μF). Rozpoczynając pracę układu dla VSTOR=VBAT <100 mV, obwód zimnego startu potrzebuje co najmniej 600 mV na wejściu VIN, aby naładować kondensator dołączony do wyprowadzenia VSTOR, aż do napięcia VSTOR_CHGEN (typowo 1,8 V). Gdy napięcie na VSTOR jest powyżej VSTOR_CHGEN wtedy przetwornica podwyższająca pobiera energię z wejścia VIN o napięciu od 100 mV, stosując tryb sterowania modulacją częstotliwości impulsów (PFM) do regulacji napięcia na VIN_DC blisko żądanego napięcia odniesienia. Napięcie odniesienia jest ustawiane przez obwód MPPT. Przetwornica podwyższająca jest wyłączana, gdy napięcie na VSTOR osiągnie ustawiony przez użytkownika próg VBAT_OV, aby chronić akumulator podłączony do VBAT (wymagany kondensator minimum 100 μF) przed przeładowaniem.

Zabezpieczenie przepięciowe

Aby akumulatory nie były narażone na nadmierne napięcia ładowania i aby zapobiec przeładowaniu pojemnościowego elementu magazynującego, poziom progu przepięcia (VBAT_OV) należy ustawić za pomocą zewnętrznych rezystorów dołączonych do wyprowadzenia VBAT_OV. Jest to również wartość napięcia, do której ładowarka będzie regulować wyprowadzenia VSTOR, VBAT, gdy wejście ma wystarczającą moc.

Zabezpieczenie przed nadmiernym rozładowaniem

Aby zapobiec głębokiemu rozładowaniu i uszkodzeniu akumulatorów oraz aby zapobiec całkowitemu wyczerpaniu ładunku z pojemnościowego elementu magazynującego, przetwornica podwyższająca ma wewnętrznie ustawiony próg podnapięciowy (VBAT_UV) plus wewnętrzne napięcie histerezy (VBAT_UV_HYST). Aby funkcja VBAT_UV działała poprawnie, obciążenie systemu powinno być podłączone do wyprowadzenia VSTOR, a element magazynujący powinien być podłączony do wyprowadzenia VBAT. Gdy napięcie na VSTOR wzrośnie powyżej progu VBAT_UV plus VBAT_UV_HYST, wyprowadzenia VSTOR i VBAT są skutecznie zwarte przez wewnętrzny tranzystor PMOS FET. Wyjście VBAT_OK sygnalizuje spadek napięcia VSTOR poniżej progu ustawianego rezystorami dołączonymi do wyprowadzeń VBAT_OK_PROG i VBAT_OK_HYST.

MPPT

W układzie scalonym BQ25570 zaimplementowano śledzenie punktu maksymalnej mocy (MPPT) w celu maksymalizacji mocy pobieranej ze źródła pozyskiwania energii. Obwód MPPT co 16 s (typowo) odłącza na 256 ms (typowo) od wyprowadzenia VIN wejście przetwornicy podwyższającej. Wtedy kondensator 10 nF dołączony do wyprowadzenia VREF_SAMP jest ładowany do części napięcia obwodu otwartego (VOC) wejściowego źródła energii. Dołączenie wejścia VOC_SAMP do wyprowadzenia VSTOR ustawia próbkowanie VOC na 80% (co jest typowe dla obsługi ogniw słonecznych). Przetwornica podwyższająca pośrednio moduluje impedancję wejściową, regulując napięcie wejściowe przetwornicy podwyższającej, wykrywane przez pin VIN, do próbkowanego napięcia odniesienia, zapamiętanego na kondensatorze dołączonym do VREF_SAMP. Dokładny

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 1ed9207c33

punkt pracy MPPT można zoptymalizować, podłączając zewnętrznie dwa rezystory między VRDIV i GND, z punktem środkowym dołączonym do VOC_SAMP.

Przetwornica obniżająca

Wejście przetwornicy obniżającej jest dołączone do wyprowadzenia VSTOR, a wyjście do VOUT. Przetwornica realizuje sterowanie z modulacją częstotliwości impulsów (PFM) do regulacji napięcia w pobliżu żądanego napięcia odniesienia. Napięcie regulowane na pinie VOUT jest ustawiane przez programowany przez użytkownika dzielnik rezystancyjny dołączony do wyprowadzenia VOUT_SET. Przetwornica jest wyłączana, gdy napięcie na VSTOR spadnie poniżej VBAT_UV. Przetwornica nadal działa w trybie przesyłania (100% cyklu pracy), przekazując napięcie wejściowe na wyjście, o ile VSTOR jest większe niż VBAT_UV i mniejsze niż VOUT. Przetwornica obniżająca została zoptymalizowana, aby zapewnić wysoką sprawność przy małych prądach wyjściowych (<10 μA) oraz dużych (~110 mA).

Zarządzanie Nano-Power

Wysoka wydajność układu BQ25570 została osiągnięta dzięki opatentowanemu obwodowi i algorytmowi zarządzania Nano-Power. Ta funkcja zasadniczo próbkuje i utrzymuje napięcie VSTOR w celu zmniejszenia średniego prądu spoczynkowego. Oznacza to, że obwody wewnętrzne są aktywne tylko przez krótki czas, a następnie wyłączone przez pozostały czas przy najniższym wykonalnym cyklu pracy. Ten proces powtarza się co 64 ms.

Układy scalone BQ25504 i BQ25505

Dostępne są również wcześniejsze wersje układów scalonych z tym samym algorytmem śledzenia punktu maksymalnej mocy (MPPT). Układ BQ25504 jest pierwszy w tej serii i ma budowę taką jak BQ25570, lecz nie zawiera przetwornicy obniżającej [9]. Parametry pracy są bardzo zbliżone, z mniejszym zakresem napięć wejściowych od 130 mV do 3,0 V, mniejszym zakresem napięć ładowania od 2,5 V do 5,25 V oraz trochę niższym progiem zakończenia zimnego startu 1,77 V.

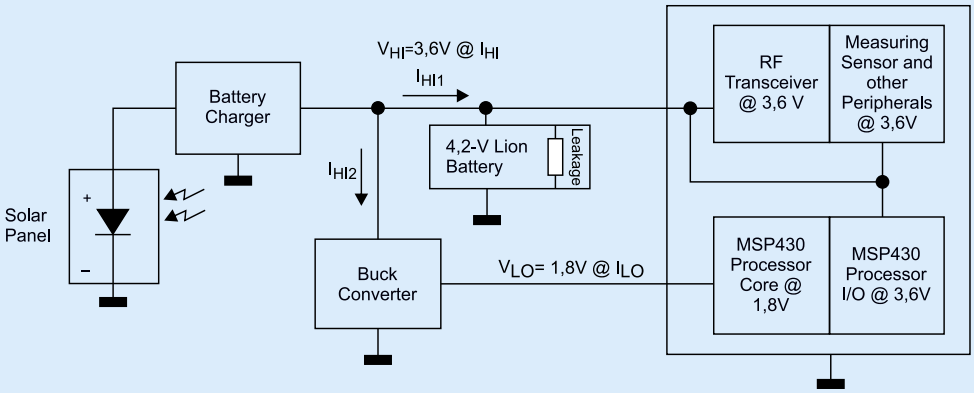
Układ BQ25505 ma budowę taką jak BQ25570 (i zbliżone parametry pracy), lecz zamiast przetwornicy obniżającej ma dwukanałowy układ diody idealnej z zewnętrznymi tranzystorami MOSFET [10]. Umożliwia to zastosowanie podstawowej baterii systemu, traktowanie pozyskanej energii jako zasilanie pomocniczego i automatyczne przełączanie wyjścia pomiędzy nimi.

Projektowanie zdalnego czujnika zasilanego energią słoneczną

Optymalizację systemu zasilanego akumulatorem z ładowaniem słonecznym można wykonać w pięciu (łatwych) krokach [3]:

1. Dobór sposobu pozyskiwania energii zewnętrznej odpowiedniego do środowiska pracy czujnika;
2. Minimalizacja obciążenia poprzez pracę systemu w zredukowanym cyklu pracy;
3. Wybór optymalnego układu scalonego do zarządzania energią;
4. Dobór baterii zapewniającej zasilanie podczas okresu ciemności;
5. Określenie minimalnego wymaganego rozmiaru panelu słonecznego.

Te punkty pokazują, jak optymalnie zaprojektować urządzenie zasilane z energii pozyskanej z otoczenia, wyposażone w nadajnik-odbiornik radiowy i akumulator litowo-jonowy, tak aby źródło energii i akumulator



Rysunek 2. Projekt zdalnego czujnika temperatury [3]

były odpowiednio dobrane do obciążenia, bez nadmiernego przerostu obwodu i dodatkowych kosztów. Rozpoczynając od obciążenia systemu i przechodząc do źródła wejściowego, można zaprojektować ekonomiczny system z komponentami o optymalnych parametrach.

Krok 1. Wybór sposobu pozyskiwania energii zewnętrznej

Pierwszym krokiem jest wybranie odpowiedniego typu przetwornika energii dla środowiska pracy czujnika, tak aby zmaksymalizować ilość energii pozyskanej poza czasem ciemności. Przykładowy system, do celów ilustracyjnych, to czujnik zewnętrzny o małej mocy i minimalnych rozmiarach, napędzany panelem słonecznym.

Krok 2. Minimalizacja obciążenia

Przykładowy schemat blokowy projektu zdalnego czujnika temperatury zasilanego energią słoneczną został pokazany na **rysunku 2**. Najbardziej krytycznym krokiem w projektowaniu systemu zbierania energii jest zminimalizowanie profilu obciążenia systemu poprzez:

- wybór układów scalonych o najniższym zużyciu energii,
- działanie tych układów scalonych w trybie impulsów o krótkim cyklu pracy.

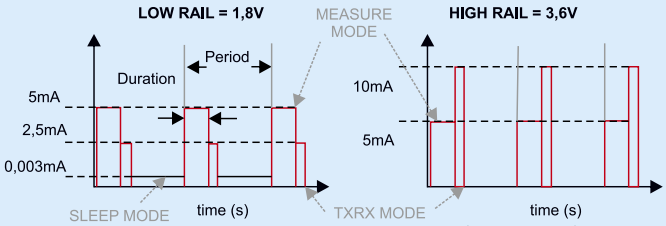
Dla uproszczenia obliczeń przyjmiemy, że sam czujnik, peryferia I/O oraz transceiver RF są zasilane z akumulatora Li-Ion z szyny 3,6 V (z wyprowadzenia VSTOR) z dużym średnim obciążeniem (oznaczenie „HI"), natomiast rdzeń procesora jest zasilany (wyprowadzenie VOUT) z osobnej szyny 1,8 V („LO"). Aby zmniejszyć całkowite zużycie energii, system ma dwa powtarzane okresowo tryby aktywne i tryb uśpienia. Tryb pomiaru to pomiar temperatury wykonywany przez 0,5 sekundy. Natychmiast po trybie pomiaru, tryb nadawania i odbioru (tryb TXRX) wysyła i odbiera dane do/z hosta przez 100 ms co 60 s. Procesor przechodzi w tryb uśpienia o niskim poborze mocy, podczas gdy transceiver i urządzenia pomiarowe są wyłączane. Profil prądu obciążenia dla systemu pokazano na **rysunku 3**.

Krok 3. Wybór układu scalonego do zarządzania zasilaniem

Z profilu obciążenia można wybrać przetwornicę DC/DC i/lub ładowarkę akumulatorów ze specyfikacjami odpowiednimi do pracy na tych poziomach napięcia i prądu, a także kilka innych kluczowych funkcji. W idealnym przypadku prąd spoczynkowy układów scalonych zasilania jest znacznie niższy niż pobór prądu przez system w trybie uśpienia. Ponieważ źródło energii (solarnej) ma znacznie wyższą impedancję wyjściową niż typowy akumulator o niższej impedancji, zachowuje się bardziej jak źródło prądu zamiast źródła napięcia. Powoduje to drastyczny spadek napięcia wyjściowego takiego źródła przy znacznie niższych prądach wyjściowych niż dla źródła o niskiej impedancji. Dlatego przetwornica DC/DC, która pracuje bezpośrednio po źródle energii, musi zarządzać (ograniczać) własny pobór prądu wejściowego, tak aby napięcie wyjściowe źródła nie spadło.

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 3. Bieżące profile obciążenia zasilania (obie szyny) [3]

System o minimalnych wymiarach, obejmujący powierzchnię paneli słonecznych, będzie miał jak najmniej ogniw słonecznych, wytwarzających od 0,6 do 0,7 V każdy, szeregowo lub równolegle. Pełne ładowanie akumulatora litowo-jonowego 4,2 V z ładowarki typu buck wymaga więcej niż 7 do 8 ogniw słonecznych połączonych szeregowo. Ładowarka typu boost zapewnia większą elastyczność konfiguracji paneli słonecznych i potencjalnie mniej paneli słonecznych. Wybieramy układ scalony BQ25570 z ładowarką akumulatorów typu boost oraz ze śledzeniem maksymalnego punktu mocy (MPPT) a także z dodatkową przetwornicą typu buck.

Krok 4. Oblicz minimalny rozmiar baterii na podstawie prądów obciążenia

Pojemność baterii jest mierzona w miliamperach (mAh). Dobierając rozmiar baterii, aby zapewnić pełną pracę przez maksymalnie dwa dni ciemne (zachmurzenie), najpierw obliczamy całkowity prąd pobierany z baterii IHI1 (tylko HI) + IHI2 (gałąź LO). Wykorzystując zmierzone wartości sprawności η dla konwertera buck z dokumentacji BQ25570 [7], odzwierciedlamy prąd obciążenia konwertera buck (ILO) z powrotem do prądu wysokiej szyny (IHI2), rozwiązując równanie bilansu sprawności:

$$\eta = POUT/PIN = (VOUT \cdot IOUT)/(VIN \cdot IIN)$$

Ponieważ czas działania panelu słonecznego jest mierzony w dniach, mnożymy przez cykl pracy każdego trybu, a następnie 24 godziny/dobę, aby uzyskać zużycie mAh/dzień. W **tabeli 1** pokazano podsumowanie obliczeń.

Układ BQ25570 jest dobrym rozwiązaniem ze względu na dwie przetwornice. Ponadto ILO=5 mA jest znacznie poniżej maksymalnego prądu wyjściowego przetwornika buck wynoszącego 100 mA. Także pobór mocy 3,6 V·(IHI1+IHI2)·TXRX/0,80=86,9 mW jest znacznie poniżej maksymalnej mocy wejściowej przetwornicy 510 mW. W przypadku dwóch bezsłonecznych dni absolutna minimalna pojemność baterii wymagana do ciągłej pracy czujnika zdalnego wynosi 2 dni · 2,10 mAh/dzień=4,20 mAh. Zalecany jest akumulator o nieco większej pojemności, aby zapewnić pewien margines bezpieczeństwa, żeby akumulator nie rozładował się całkowicie pod koniec okresu ciemności.

Jeśli chcemy użyć superkondensatora, który jest w pełni naładowany do 4,2 V, ale napięcie nie może spaść poniżej 2,5 V, trzeba rozwiązać poniższe równanie dla pojemności CSUPER

$$3{,}57\ mAh/1000 \cdot 3600\ s/h \cdot 3{,}6\ V = 1/2 \cdot CSUPER \cdot (4{,}2\ V2 - 2{,}5\ V2)$$

I wtedy uzyskujemy CSUPER=11,2 F.

Krok 5: Określ rozmiar panelu słonecznego

Pomnożenie 2,10 mAh/dzień przez średnie napięcie akumulatora 3,6 V daje zapotrzebowanie systemu 7,56 mWh/dzień. Jeśli panel słoneczny dostarcza zasilanie do ładowarki boost BQ25570 całą dobę przez 7 dni w tygodniu, to przy średniej sprawności 80% system mógłby działać z wyjścia ładowarki boost, bez baterii – gdyby ogniwo słoneczne zapewniało 7,56 mAh/dzień/0,8=9,45 mWh/dzień. Jednak ładujemy tylko przez 5 z 7 dni roboczych w tygodniu i tylko przez 4 godziny na dobę, a akumulator zapewnia energię przez 2 ciemne dni i podczas godzin bez ładowania. Oznacza to, że panel słoneczny musi zapewnić dodatkową moc, aby naładować akumulator łącznie 9,45 mWh/dzień · 7 dni/5 dni/4 h/dzień=2,65 mW. Zakładając, że dostępny jest mały panel słoneczny zapewniający 0,025 W/cm² przy minimalnym oświetleniu, wówczas potrzebujemy tylko 2,65 mW/0,025 mW/cm²=132 cm² powierzchni panelu słonecznego. Producent na stronie produktu [1] dostarcza plik *bq25570SolarAppDesignExample_V1p3.xlsx* z arkuszem kalkulacyjnym służącym do obliczeń parametrów pracy takiego samego projektu.

Projekty referencyjne

Jest kilka firmowych projektów referencyjnych z układem BQ25570. Już w dokumentacji układu BQ25570 [7] jest zamieszczony opis zastosowania układu do zbierania energii słonecznej. Zamieszczony jest podstawowy schemat referencyjny (rysunek 1) oraz wzory obliczeniowe i przykładowe rozwiązania projektowe. W projekcie TIDA-00242 realizowany jest w zasadzie podstawowy schemat referencyjny [6]. Pokazane tam rezultaty pomiarowe dobrze obrazują nieliniowe zależności pracy ogniw solarnych i ich obciążenia. Rozwinięciem tego rozwiązania jest projekt referencyjny TIDA-00588 [5]. Pokazane tam wykresy dobrze obrazują wewnętrzne działanie układu BQ25570 w różnych trybach pracy.

Moduł CJMCU-2557 z układem BQ25570

Jest wiele modułów sprzętowych z układem BQ25570, zaczynając od modułu ewaluacyjnego BQ25570EVM-206 firmy Texas Instruments. Zawiera on praktycznie sam układ scalony i kilka elementów pasywnych oraz zworki [8]. W sieci można znaleźć wiele innych modułów z tym układem, np. MIKROE-2814, oraz bardzo dużo wersji modułu CJMCU-2557 produkcji chińskiej [4] (**fotografia 1**). Ma on niską cenę, deklarację oryginalności układu scalonego, zainstalowany superkondensator 0,22 F oraz listę podstawowych parametrów:

- wejście napięcia zasilania modułu: DC 0,1...5,1 V,
- napięcie wyjściowe BAT/wyjście: 2...5,5 V,
- temperatura otoczenia podczas pracy: –40...85°C.

W sieci nie są udostępniane inne informacje o module. Na szczęście jest dostępny bardzo ciekawy blog opisujący próby z tym modułem. Autor wykonał pomiar podstawowych rezystorów konfigurujących na płytce i podał przybliżony schemat modułu CJMCU-2557 [2]. Jest to schemat zaadaptowany z opisu zastosowania modułu w dokumentacji układu BQ25570 [8].

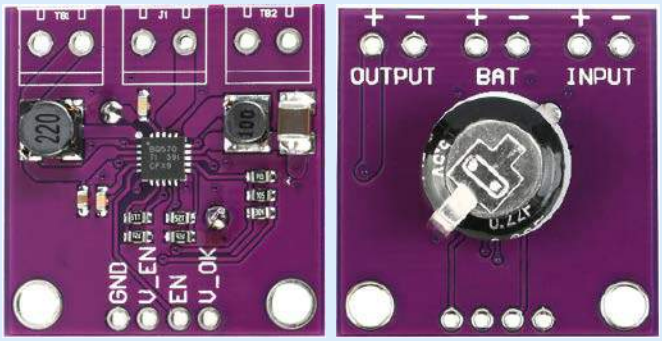
Tabela 1. Obliczanie mAh/dzień [3]

Mode	ILO (mA)	η of buck	IHI2 (mA)=(1,8V×ILO)/(η×3,6V)	IHI1 (mA)	Duty Cycle (D)	mAHr/Day=D×(IHI1+IHI2)×24 Hrs/day
Measure	5	0,87	2,87	5	0,5/60	1,58
TXRX	2,5	0,87	1,44	10	0,1/60	0,46
Sleep	0,001	0,82	0,001		1	0,043
ILEAK+ILQ			0,001[1]	1	0,024	
Current Totals	**5**		**4,31**	**15**		
					Total mAHr/Day	**2,10**

[1] obejmuje prąd upływu akumulatora i prąd spoczynkowy układu BQ25570

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 1ed9207c33



Fotografia 1. Przykład taniej płytki uruchomieniowej z układem BQ25xxx

Producent na stronie produktu [1] dostarcza arkusz kalkulacyjny w pliku *bq25505(70_Design_Help_V1_3.xlsx* służący do obliczeń parametrów pracy układu BQ25570 oraz doboru wartości rezystorów sterujących. W arkuszu pokazany jest schemat zgodny z dokumentacją układu BQ25570 [7] i z przybliżonym schematem modułu CJMCU-2557 (rysunek 1). Po wpisaniu, dla obliczanego parametru, w górnych wierszach: sumarycznej rezystancji w gałęzi oraz wartości wymaganego napięcia, w środkowych wierszach są pokazane wyniki obliczeń (**rysunek 4**). Ze względu na wymóg niskiej wartości prądu płynącego przez rezystory bardzo istotny jest dobór wysokiej wartości sumarycznej rezystancji w granicach MΩ. Dla oryginalnej wartości rezystora R_{OUT1}=887 kΩ napięcie VOUT (OUTPUT) wynosi 2,5 V. Aby dopasować moduł do zasilania układów z napięciem 3,3 V, wartość tego rezystora została obliczona i zmieniona na 570 kΩ.

Widok obu stron zmontowanej płytki modułu CJMCU-2557 jest pokazany na fotografii 1. Po jednej stronie jest rząd pól lutowniczych do zamontowania listwy 2,54 mm złącza sterowania (J2). Po drugiej stronie są trzy miejsca do zamontowania złączy 3,5 mm. Dostępne są: wejście INPUT – TB1 (wyprowadzenie VIN_DC), wyjście OUTPUT – TB2 (wyprowadzenie przetwornicy buck VOUT) oraz BAT – J2 ((wyprowadzenie VBAT). Brak jest udostępnionego głównego wyprowadzenia zasilania VSTOR. Można to poprawić poprzez dolutowanie się na górze płytki do nóżki superkondensatora CSTOR.

Złącze sterowania (J2) zawiera sygnały:

- GND – masa,
- V_EN – włączanie przetwornicy buck, aktywowane poziomem wysokim (wyprowadzenie VOUT_EN),
- EN – włączanie układu scalonego, aktywowane poziomem niskim (wyprowadzenie nEN),
- V_OK – znacznik normalnego poziomu baterii (wyprowadzenie VBAT_OK).

Konfiguracja sygnałów dla pracy normalnej:

- połącz J2.3 (EN) – J2.1 (GND),
- połącz J2.2 (V_EN) – J2.4 (V_OK),
- dołącz przewód panelu słonecznego do złącza INPUT (TB1),
- dołącz obciążenie do złącza OUTPUT (TB2),
- dołącz przewód akumulatora do złącza BAT (J1).

Uwaga: Do wyprowadzenia VBAT układu BQ25570 musi być dołączony element o pojemności co najmniej 100 μF [7]. Może to być kondensator lub akumulator. Wyprowadzenie nie może pozostać niepodłączone. Próby pokazywały wtedy niepoprawną pracę układu ograniczania napięcia ładowania.

Wprowadzone modyfikacje modułu CJMCU-2557:

- ustawiono napięcie wyjściowe OUTPUT na 3,3 V – zmiana wartości rezystora R_{OUT1}=570 kΩ,
- dodano wyprowadzenie VSTOR,
- dodano diodę zabezpieczającą wejście INPUT (VIN_DC) przed przepięciem ponad 5,5 V (dioda Zenera BZX55C4V7 4,7 V).

Badania

Pomiary działania konfiguracji sprzętowych z układem BQ25570 są bardzo trudne. Występuje jednocześnie wiele aspektów, które trzeba uwzględnić, nie jest sygnalizowany tryb pracy układu (zmieniany automatycznie), zależności pomiędzy parametrami są nieliniowe, a same wartości zmieniają się impulsowo. Sprawność układu BQ25570 dla różnych poziomów mocy wejściowej jest pokazana na rysunkach w dokumencie danych katalogowych [7]. Wszystkie punkty danych sprawności zostały uzyskane poprzez uśrednienie 50 pomiarów prądu wejściowego pomiędzy zdarzeniami próbkowania MPPT. Należy to zrobić z powodu pulsujących prądów oraz nieciągłego trybu pracy przetwornic. Sposób pomiaru jest opisany w [8].

Problemy zaczynają się już od samych ogniw słonecznych. Ogniwa słoneczne należy lokalizować w miejscach nasłonecznionych. W wyniku zmieniających się warunków pogodowych (nie zawsze jest słonecznie) jedną z trudności związanych z technologią słoneczną jest zmienna moc wyjściowa. Co więcej, typowe panele słoneczne składają się z ogniw słonecznych połączonych szeregowo. Parametry

User Input	VBIAS	1,21	V												
Fixed															
	Comparator threshold for VSTOR of charger. Typically the max storage element voltage, e.g. 4.2V for LiIon battery.					Comparator threshold voltages indicating when VSTOR has risen above VBAT_OK_HYST or fallen below VBAT_OK.					For the bq25570 only, comparator threshold for VOUT of buck converter.				
	VBAT_UV ≤ VBAT_OV ≤ 5.5V					VBAT_OV ≥ VBAT_OK_HYST ≥ VBAT_UV					1.3V ≤ VOUT ≤ VBAT_OV				
Desired						RSUM[1]	13	MΩ							
Desired	RSUM[1]	13	MΩ			VBAT_OK	2,8	V	> VBAT_UV		RSUM[1]	2	MΩ		
Desired	VBAT_OV	4,2	V			VBAT_OK_HYST	3,1	V	> VBAT_OK		VOUT	2,5	V		
								closest 1% resistor[1]							
			closest 1% resistor[1]				Exact	<	>				closest 1% resistor[1]		
Computed		Exact	<	>		ROK1	5,074	4,990	5,110	MΩ		Exact	<	>	
Computed	ROV1	5,618	5,490	5,620	MΩ	ROK2	6,668	6,650	6,810	MΩ	ROUT1	0,968	0,953	0,976	MΩ
Computed	ROV2	7,382	7,320	7,500	MΩ	ROK3	1,258	1,130	1,270	MΩ	+10MEG[2]	0,000	0,000	0,000	MΩ
Computed	VBAT_OV	→	4,235	4,237	V	VBAT_OK	→	2,823	2,823	V	ROUT2	1,032	1,000	1,100	MΩ
Computed						VBAT_OK_HYST	→	3,097	3,123	V	VOUT	→	2,480	2,574	V
Selected	ROV1	0,887	MΩ			ROK1	0,887	MΩ			ROUT1	0,887	MΩ		
Selected	ROV2	1,1	MΩ			ROK2	1,2	MΩ			'+10MEG[2]	0,00	MΩ		
Selected						ROK3	0,3	MΩ			ROUT2	1	MΩ		
		↓					↓					↓			
Typ voltage[3]	VBAT_OV(typ)	4,066	V	-3,30	% diff	VBAT_OK (typ)	2,847	V	1,65	% diff	VOUT(typ)	2,574	2,88	% diff	
Typ voltage[3]						VBAT_OK_HYST (typ)	3,256	V	4,80	% diff					

Rysunek 4. Wygląd arkusza kalkulacyjnego z wyliczonymi parametrami dla modułu CJMCU-2557

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

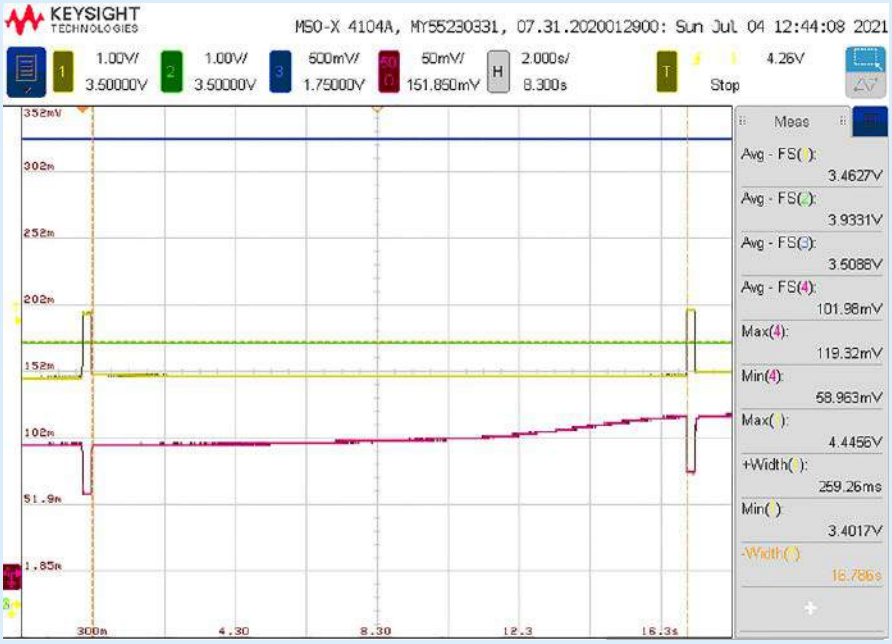
eprasa.pl 1ed9207c33

katalogowe tych paneli są wyznaczane przy równomiernym oświetleniu wszystkich ogniw panelu. Jednak w zmiennych warunkach pogodowych mamy zupełnie inną sytuację. Na przykład panel o nominalnym napięciu 6 V ma 12 tak połączonych ogniw. Gdy niektóre ogniwa panelu są zacienione to będą one spolaryzowane zaporowo, co spowoduje duży spadek mocy całego panelu.

Mały panel słoneczny

Do badań został zastosowany moduł CJMCU-2557 z modyfikacją napięcia wyjściowego na 3,3 V. Do gniazdka BAT zostały dołączone dwa superkodensatory 30 F 2,8 V połączone szeregowo. Próby pokazały, że pomimo wielokrotnego cyklu ładowania i rozładowania napięcie na obu kondensatorach różni się nieznacznie o kilkadziesiąt miliwoltów i ta różnica nie wzrasta. Przy ograniczeniu napięcia ładowania do ok. 4,2 V kondensatory mają spory zapas bezpieczeństwa pracy. Bardzo istotne jest, aby do wyprowadzenia VBAT układu BQ25570 był dołączony kondensator lub akumulator. Pozostawienie tego wyprowadzenia niepodłączonego może skutkować nadmiernym wzrostem napięcia na wyprowadzeniu VSTOR. Ponieważ do niego jest dołączone wejście przetwornicy obniżającej, może ona ulec uszkodzeniu. W próbach napięcie VSTOR w takiej sytuacji osiągało 5,5 V, czyli wartość absolutnie maksymalną dla tego układu scalonego.

Do badań został zastosowany mały panel słoneczny 1 W 5 V 60×110 mm (krzem monokrystaliczny). Na **rysunku 5** została pokazana praca modułu CJMCU-2557 z układem BQ25570. W kanale 1 jest pokazane napięcie wejściowe VIN z panelu słonecznego. W kanale 2 napięcie na wejściu BAT. W kanale 3 napięcie na wyjściu OUT. W kanale 4 jest pokazane napięcie różnicowe na rezystorze 10 Ω włączonym szeregowo z wejściem VIN z panelu słonecznego. Została zastosowana sonda różnicowa 1,99:1 z przesunięciem początkowym (piedestałem) ok. 37 mV. Na rysunku widoczne są dwa okresy, po ok. 260 ms, podczas których układ scalony wykonuje próbkowanie MPPT napięcia na nieobciążonym panelu słonecznym. Jest to powtarzane co ok. 16 s. Po zakończeniu próbkowania (4,456 V) ustawiany jest nowy punkt pracy układu BQ25570 (na ok. 80% tego napięcia). Wzrost prądu wejściowego od ok. 3,7 mA do 6,4 mA, spowodowany wzrostem poziomu oświetlenia, skutkował podwyższeniem napięcia pracy układu wejściowego.



Rysunek 5. Praca modułu CJMCU-2557 z układem BQ25570

Duży panel słoneczny

Zostały też przeprowadzone próby z większym panelem słonecznym 3,5 W, 6 V 165×135 mm. W takiej konfiguracji występowały kłopoty przy dużej dynamice zmian poziomu oświetlenia. Dla niskiego poziomu panel dostarczał dosyć mały prąd (przy stosunkowo niskim napięciu). Przy większym oświetleniu napięcie na nieobciążonym panelu – w trakcie cyklicznego próbkowania, wzrastało niebezpiecznie wysoko (dla ograniczenia układu scalonego VIN=5,1 V max.). Aby uniknąć zniszczenia układu scalonego, została na wejście dołączona dioda Zenera 4,7 V. Skutecznie ograniczało to poziom napięcia (przy nagrzewaniu się diody, czasami znacznym), ale zaburzało działanie mechanizmu śledzenia punktu maksymalnej mocy. W rezultacie zastosowanie panelu ze zbyt wysokim napięciem pracy prowadzi do pogorszenia działania systemu pozyskiwania energii słonecznej z układem BQ25570.

Zastosowany panel ma organizację w postaci dwóch równoległych ciągów 12 połączonych szeregowo ogniw słonecznych. Zasłonięcie tylko jednego ogniwa powodowało spadek oddawanego prądu nawet o 1/3.

Została przeprowadzona próba z minimalną konfiguracją modułu CJMCU-2557. Został tylko dołączony kondensator 220 μF do zacisków BAT, do wejścia INPUT duży panel słoneczny a do wyjścia OPTPUT rezystor 1,1 kΩ. Kondensatory modułu były

Wybrane pozostałe artykuły kursu Systemy dla Internetu Rzeczy

[S49] Pozyskiwanie energii słonecznej – Śledzenie maksymalnego punktu mocy (MPPT), EP 6/2021

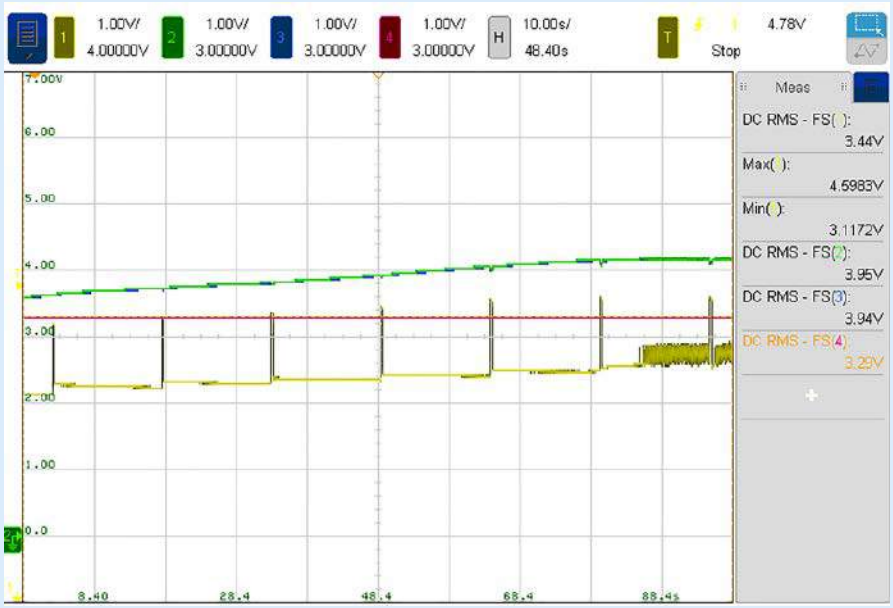
Literatura

[1] BQ25570 Ultra Low power Harvester power Management IC with boost charger, and Nanopower Buck Converter, Texas Instrumnets, https://bit.ly/3kkVAER
[2] ENERGY HARVESTING TUTORIAL WITH THE TI BQ25570 – PART 1, REFIK HADZIALIC, JULY 29, 2019, https://bit.ly/2Ug211g
[3] Designing a Solar Powered Remote Sensor, Jeff Falin, Texas Instruments, https://pl.mouser.com
[4] CJMCU-2557, BQ25570 moduł kombajnu energetycznego wzmocnienie ładowarki i Buck przekształtnik Buck moduł sieci bezprzewodowej o niskiej mocy, AliExpress, https://bit.ly/3ko2WHv
[5] Energy Harvester Booster Pack Reference Design TIDA-00588, 2015, Texas Instrumnets, https://bit.ly/36Gez4I
[6] TIDA-00242, Solar Power Energy Harvester Reference Design Using a Super Cap, Texas Instruments, https://bit.ly/3xLBTtt
[7] bq25570 nano power boost charger and buck converter for energy harvester powered applications datasheet (Rev. G), SLUSBH2G, Mar. 06, 2019, Texas Instruments, https://bit.ly/36CQThB
[8] User's Guide for bq25570 Battery Charger Evaluation Module for Energy Harvesting (Rev. A), SLUUAA7, Aug. 23, 2014, Texas Instruments, https://bit.ly/3erBXHc
[9] BQ25504 Ultra Low Power Boost Converter with Battery Management for Energy Harvester Nano-Power Management, Texas Instruments, https://bit.ly/3kwmppo
[10] BQ25505 Ultra low power harvester power management IC with boost charger, and autonomous power multiplexor, Texas Instruments, https://bit.ly/3ij5R1s

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 1ed9207c33

rozładowane. Na początku układ BQ25570 pracował w trybie zimnego startu i utrzymywał napięcie pracy panelu na poziomie 0,6 V. Przy prądzie na poziomie 20 mA następowało powolne ładowanie kondensatorów. Po naładowaniu ich powyżej progu 1,8 V układ przeszedł do pracy MPPT z ładowaniem, ustawił wysokie napięcia pracy panelu i zaczął pozyskiwać sporą moc, co spowodowało szybkie ładowanie kondensatorów. Taka sytuacja jest pokazana na **rysunku 6**. W kanale 1. jest pokazane napięcie wejściowe VIN z panela słonecznego. W kanale 2. napięcie na wyjściu VSTOR. W kanale 3. napięcie na wyjściu BAT a w kanale 4. napięcie na wyjściu OUT (3,3 V). Napięcie pracy MPPT rośnie po każdym próbkowaniu. Rośnie też napięcie VSTOR. Napięcie BAT wzrasta skokowo po każdorazowym włączeniu tranzystora MOSFET. Po osiągnięciu maksymalnego napięcia naładowania kondensatorów układ przechodzi w stan podtrzymania (ostatnie sekundy).



Rysunek 6. Praca modułu CJMCU-2557 z układem BQ25570 w trybie MPPT

Nie należy dać się zwieść gładkości oglądanych przebiegów, przecież układ jest usypiany co 64 ms. Na **rysunku 7** zostało pokazane przejście układu BQ25570 w trybie podtrzymania do próbkowania. Odpowiada to fragmentowi przebiegu z rysunku 6 w okolicach ostatniej szpilki. W kanale 2. (VSTOR) oraz w kanale 3. (BAT) zostało zastosowane sprzężenie zmiennoprądowe (AC) sond oscyloskopowych z dużym powiększeniem skali pionowej. Kanały zostały rozsunięte na ekranie. W każdym kanale widać impulsowy charakter pracy układu BQ25570. Co więcej, częstotliwość zmienia się wraz ze zmianą warunków pracy. W rezultacie napięcie na wyjściu OUT jest dosyć wygładzone, ale i ono wymaga zastosowania odpowiedniej filtracji.

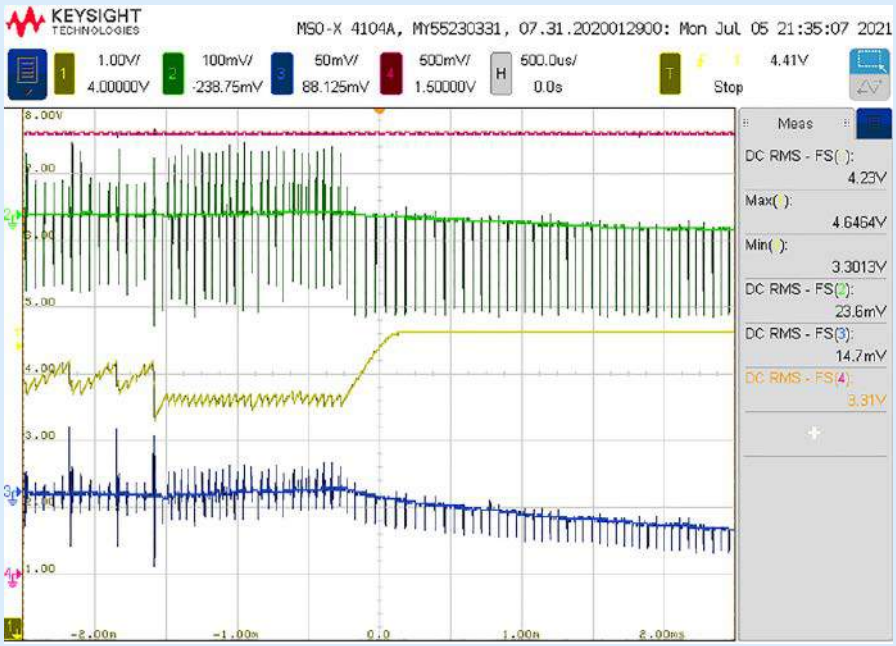
Podsumowanie

Należy pamiętać, że układ BQ25570 jest przeznaczony do pozyskiwania szczególnie małych poziomów energii. Maksymalna moc na wejściu wynosi 510 mW, napięcie maksymalne 5,1 V a maksymalny prąd 100 mA. Za to potrafi wydajnie pracować z prądem wejściowym już od 10 μA oraz z prądem wyjścia przetwornicy obniżającej również od 10 μA do 110 mA. W praktyce, układ w stanie zimnego startu bardzo wolno ładuje. Wejściowy punkt pracy jest ustawiony do obsługi pojedynczego ogniwa słonecznego, co oznacza pobieranie z ogniwa słonecznego małej mocy. Próby z małymi pojemnościami kondensatorów dołączonych układu BQ25570 pokazują ich szybkie ładowanie i skuteczne oddawanie mocy do obciążenia w warunkach dobrego oświetlenia panelu słonecznego. Jednak zastosowany panel pracował poniżej optymalnego zakresu maksimum mocy. I zgromadzonej energii starczyło na krótko.

Połączone szeregowo superkodensatory 2,8 V dołączone do wyjścia BAT mogą pracować do ok. 5 V (zamiast 4,2 V), co umożliwi zmagazynowanie większej energii. Wymaga to wykonania obliczeń i zmiany wartości rezystorów dzielników sterujących układ BQ25570. Jest to dosyć proste z zastosowaniem arkusza kalkulacyjnego dostarczanego przez producenta. Jednak po przelutowaniu układ ładował tylko do napięcia ok. 3,3 V (zamiast 5 V). Wydaje się, że przyczyną są upływności na powierzchni płytki drukowanej spowodowane zanieczyszczeniami pozostającymi po lutowaniu. W warunkach domowych nie jest łatwo wykonać skuteczne oczyszczenie płytki. A rezystancje zastosowanych rezystorów muszą mieć wartości megaomów. Wydaje się to największą wadą tego układu.

Układ BQ25570 wydaje się bardzo udany, ale potrzebne są próby z panelami słonecznymi zawierającymi pojedyncze ogniwa słoneczne. Tym bardziej że są dostępne inteligentne diody bocznikowania ogniw słonecznych (np. SM74611 firmy Texas Instruments), które zapewniają przewodzenie w warunkach stałego oświetlenia ogniwa w szeregu.

Henryk A. Kowalski
Instytut Informatyki
Politechnika Warszawska



Rysunek 7. Przejście układu BQ25570 do próbkowania w trybie podtrzymania

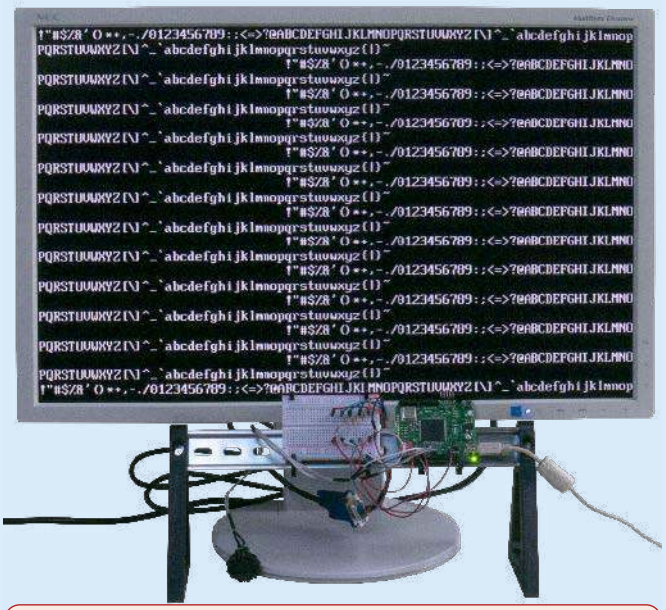
Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 1ed9207c33

Eksperymenty z FPGA (21)

Monitor jako wyświetlacz alfanumeryczny

Zgodnie z obietnicą, w tym odcinku zmienimy monitor w wyświetlacz alfanumeryczny, i to nie byle jaki, bo mieszczący dokładnie 2000 znaków. W tym odcinku zajmiemy się samym renderowaniem obrazu. Czas na modyfikację tekstu przyjdzie w kolejnym odcinku.



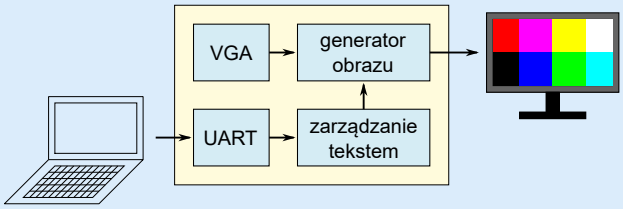
Tak jak zawsze, przed przystąpieniem do wykonywania eksperymentów zachęcam do aktualizacji repozytorium z przykładami [1], na przykład poprzez wywołanie polecenia `git pull`.

Wyświetlamy znaki

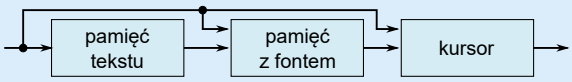
Koncepcja terminalu znakowego została pokazana na **rysunku 1**. Składa się on z czterech bloków. Dwa z nich już znamy: moduły obsługi portu szeregowego oraz generator sygnału VGA. Do implementacji zostały nam pozostałe dwa. W tej części przygotujemy generowanie obrazu, a w przyszłym miesiącu zajmiemy się zarządzaniem tekstem. Rozdzielenie tych dwóch zadań uprości implementację oraz pozwoli na ich osobne przetestowanie.

Uproszczony schemat modułu generowania obrazu został pokazany na **rysunku 2**. Składa się on z dwóch pamięci. Pierwsza z nich, dwuportowa pamięć RAM przechowuje tekst, a druga – pamięć ROM, przechowuje czcionkę (*font*). Na końcu znajdziemy jeszcze moduł odpowiedzialny za wyświetlenie kursora.

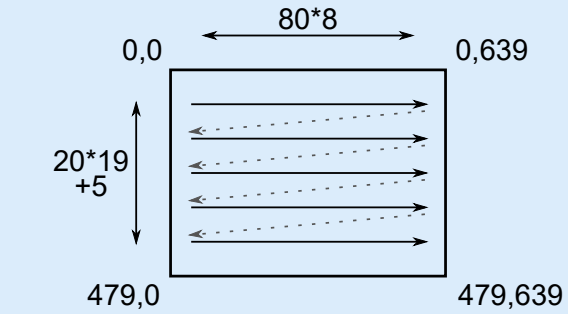
Do dyspozycji mamy ekran o rozdzielczości 640×480 pikseli. Dla uproszczenia zdecydujemy się na font o stałej szerokości znaków. Jest kilka używanych wymiarów znaku. Na przykład popularne kontrolery alfanumerycznych wyświetlaczy LCD HD44780 używają liter o rozmiarze 7 na 5 pikseli. Jednak w przypadku wyświetlania tekstów na monitorach VGA popularny jest font o wymiarach 19 wierszy na 8 kolumn. Jak widzimy na **rysunku 3**, pozwoli to na wyświetlenie dwudziestu wierszy po 80 znaków w każdym. Łącznie zmieścimy więc dwa tysiące liter. Zostanie nam także niewykorzystany pasek o wysokości pięciu pikseli.



Rysunek 1. Koncepcja terminalu



Rysunek 2. Generowanie obrazu



Rysunek 3. Organizacja ekranu

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

Font

Musimy jeszcze znaleźć czcionkę. Moglibyśmy sami ją zaprojektować, jednak jest to zajęcie pracochłonne i dodatkowo wymagające zmysłu estetycznego. Prostszym rozwiązaniem jest znalezienie gotowego projektu, najlepiej na którejś z przyjaznych licencji. Z pomocą przyszedł nam projekt UEFI – *Unified Extensible Firmware Interface*. Jest to interfejs pomiędzy systemem operacyjnym a firmware, następca dobrze znanego BIOS-u. Jest on dostępny na licencji BSD. A ponieważ pracuje on przed startem systemu operacyjnego, potrzebuje także własnego zestawu czcionek.

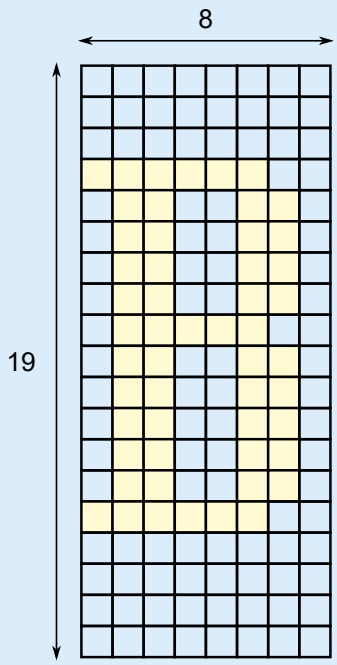
Interesujący kod znajdziemy w pliku [2]. Jego kopię, po drobnych zmianach tłumaczących kod z języka C na Python, znajdziemy w pliku

Listing 1. Opis czcionki (17_terminal/font/font_uefi.py)

```
05 FONT = [
06   [ 0x0020, 0x00, [0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00]],
07   [ 0x0021, 0x00, [0x00,0x00,0x00,0x18,0x3C,0x3C,0x3C,0x18,0x18,0x18,0x18,0x18,0x00,0x18,0x18,0x00,0x00,0x00,0x00]],

42   [ 0x0042, 0x00, [0x00,0x00,0x00,0xFC,0x66,0x66,0x66,0x66,0x7C,0x66,0x66,0x66,0x66,0x66,0xFC,0x00,0x00,0x00,0x00]],
```

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 4. Wygląd litery „B”

```
Listing 2. Zapisanie fontu do pliku graficznego (17_terminal/font/parse_font.py)

05 CHARS = 128
06 HIGHT = 19

33 img = Image.new('RGB', (WIDTH*16, HIGHT*8), color = 'black')
34
35 char = 0
36 for y in range(8):
37   for x in range(16):
38     c = y*16+x
39     if char < len(font) and c == font[char][0]:
40       for a in range(HIGHT):
41         for b in range(WIDTH):
42           if font[char][2][a] & (1 << b) != 0:
43             img.putpixel((WIDTH*(x+1)-b, HIGHT*y+a), (255, 255, 255))
44       char += 1
45
46 img.save("font.png")
```

Rysunek 5. Wszystkie znaki dostępne w naszym foncie

```
Listing 3. Przygotowanie wsadu dla pamięci fontu (17_terminal/font/parse_font.py)

05 CHARS = 128
06 HIGHT = 19
07 WIDTH = 8
08 MEM_HIGHT = 32
09
10 data = ""
11 char = 0
12
13 str_format = "{{0:0{}b}}\r\n".format(WIDTH)
14 str_format_nel = "{{0:0{}b}}".format(WIDTH)
15
16 for i in range(CHARS):
17   if char >= len(font) or i < font[char][0]:
18     for j in range(MEM_HIGHT):
19         data += str_format.format(0)
20   else:
21     for j in range(HIGHT):
22       c = str_format_nel.format(font[char][2][j])
23       data += c[::-1]
24       data += "\r\n"
25     for j in range(MEM_HIGHT-HIGHT):
26       data += str_format.format(0)
27     char += 1
28
29 f = open("font.mem", "w")
30 f.write(data)
31 f.close()
```

font/font_uefi.py. Jego fragment został zaprezentowany na **listingu 1**. Pojedynczy wiersz tablicy *font* opisuje jeden znak. Jest on listą, gdzie pierwszy element oznacza kod znaku w standardzie ASCII, a zapisana na końcu tablica 19 zmiennych 1-bajtowych opisuje kolejne wiersze. W zrozumieniu, co one dokładnie oznaczają, pomoże nam **rysunek 4**. Obrazuje on znak o kodzie ASCII 0x42 (66 dziesiętne), czyli dużą literę „B”. Kolejne bajty opisują wiersze od góry do dołu. Natomiast w każdym wierszu po lewej stronie znajdują się piksele zakodowane przez najbardziej znaczący bit.

Aby zobaczyć, jak wyglądają pozostałe znaki, posłużymy się krótkim skryptem w języku Python. Został pokazany na **listingu 2**. Na początku, w linii 33 tworzymy pusty obraz. Będzie się on składał z ośmiu wierszy po szesnaście znaków. Następnie w pętlach z wierszy 36 i 37 przejdziemy przez wszystkie znaki. Za pomocą zmiennej pomocniczej *c* obliczymy wartość wybranego znaku. Ponieważ nie wszystkim kodom ASCII odpowiadają znaki drukowalne, musimy sprawdzić, czy obecny znak znajduje się w tablicy. Na końcu w wewnętrznych pętlach (linie 40 i 41) piksel po pikselu rysujemy kolejne znaki. Wynik zostanie zapisany w pliku *font.png* (linia 46).

Aby uruchomić powyższy program, musimy mieć zainstalowaną bibliotekę Pillow. Możemy ją pozyskać poleceniem:

```
sudo pip3 install Pillow
```

Uzyskany wynik został zaprezentowany na **rysunku 5**.

bity	adres: znak 11 ... 5	adres: wiersz 4 ... 0	dane 7 ... 0
	0	0 ... 18	znak 0
		19 ... 31	X
	1	0 ... 18	znak 1
		19 ... 31	X
	...		
	127	0 ... 18	znak 127
		19 ... 31	X

Rysunek 6. Organizacja pamięci fontu

Organizacja pamięci

Znaleźliśmy font, teraz musimy umieścić go w pamięci ROM. Naszym celem jest łatwy dostęp do interesującego nas piksela. Nawet kosztem zmarnowania części pamięci. Organizacja danych została pokazana na **rysunku 6**. Słowo w pamięci ma długość 8 bitów i odpowiada pojedynczemu wierszowi. Adres składa się z dwóch części:

- starsze 7 bitów to kod ASCII znaku,
- młodsze 5 bitów to numer wiersza.

Jak widzimy, kosztem takiej adresacji jest strata 13 z każdych 32 słów (czyli nieco ponad 40%). Jednak należy mieć

bity	adres: kolumna 11 ... 5	adres: wiersz 4 ... 0	litery 7 ... 0
	0	0 ... 19	kolumna 0
		20 ... 31	X
	1	0 ... 19	kolumna 1
		20 ... 31	X
	...		
	79	0 ... 19	kolumna 79
		20 ... 31	X
	80 ... 127	...	X

Rysunek 7. Organizacja pamięci danych

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

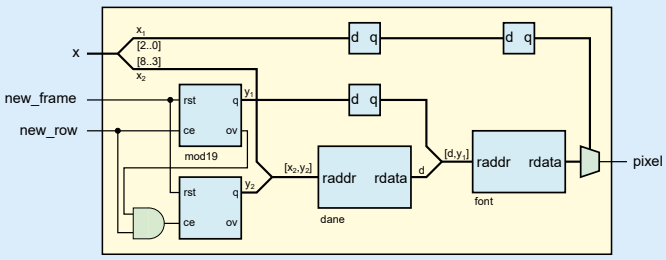
eprasa.pl 1ed9207c33

Listing 4. Generowanie testowego wsadu dla pamięci danych (17_terminal/gen_init_mem.py)

```
01 W = 80
02 H = 25
03 MEM_W = 128
04 MEM_H = 32
05 C_MAX = 128
06 WIDTH = 8
07
08 str_format = "{{0:0{}b}}\r\n".format(WIDTH)
09
10 f = open("test_page.mem", "w")
11
12 for w in range(MEM_W):
13   for h in range(MEM_H):
14     if (h == 0 or h == H-1) and w < W:
15       f.write(str_format.format(ord('!') + w))
16     elif w < W and h < H:
17       c = W * (h % 2) + w
18       f.write(str_format.format(c if c < C_MAX else 0))
19     else:
20       f.write(str_format.format(0))
21
22 f.close()
```

Listing 5. Odczytywanie informacji o aktualnym pikselu (17_terminal/terminal_show.sv)

```
066 always_ff @(posedge clk)
067   {hcnt_r, vcnt_r} <= {hcnt, vcnt};
068
069 always_ff @(posedge clk)
070   {hsync_r, vsync_r} <= {hsync, vsync};

072 assign cnt_letter_v_rst = (vcnt_r == V_MAX - 1);
073 assign cnt_letter_v_ce = !hsync && hsync_r;

080 counter #(.N(LETTER_HIGH)) cnt_letter_v (
081   .clk(clk),
082   .rst(!cnt_letter_v_rst),
083   .ce(cnt_letter_v_ce),
084   .q(letter_v),
085   .ov(ov_letter_v));
086
087 counter #(.N(LETTERS_Y + 1)) cnt_char_h (
088   .clk(clk),
089   .rst(!cnt_letter_v_rst),
090   .ce(ov_letter_v & cnt_letter_v_ce),
091   .q(char_v),
092   .ov());

107 assign data_addr = {hcnt_r[H_BIT-1:3], char_v};
108
109 simple_dual_port_ram #(
110   .DATA_WIDTH(LETTER_BIT),
111   .ADDR_WIDTH(CHAR_NUM_BIT),
112   .INIT(1),
113   .DATA("test_page.mem")
114 ) data (
115   .clk(clk),
116   .waddr(waddr),
117   .wdata(wdata),
118   .we(we),
119   .raddr(data_addr),
120   .q(current_letter));
121
122 always_ff @(posedge clk)
123   letter_v_d <= letter_v;
124
125 assign font_addr = {current_letter, letter_v_d};
126
127 rom #(
128   .DATA_WIDTH(LETTER_WIDTH),
129   .ADDR_WIDTH(FONT_ADDR_WIDTH),
130   .DATA("font/font.mem")
131 ) font (
132   .clk(clk),
133   .addr(font_addr),
134   .q(letter_row));
```



Rysunek 8. Odczyt wartości aktualnego piksela

na uwadze, że poświęcamy ją dla uzyskania prostoty rozwiązania. A ponadto dzięki uproszczeniu logiki zużyjemy mniej elementów logicznych. W zależności od tego, jakich zasobów brakuje w naszym projekcie, możemy próbować różnych sposobów na optymalizację. Łączny rozmiar pamięci to 4096 bajtów.

Możemy więc już sporządzić skrypt, który przygotuje wsad dla naszej pamięci. Jest on pokazany na **listingu 3**. Na początku definiujemy pomocnicze stałe: liczbę znaków, jego rozmiar oraz liczbę słów w pamięci, która na niego przypada. W wierszach 13 i 14 tworzymy ciągi znaków reprezentujące linie danych oraz „pustą" (wpisywaną do nieużywanych fragmentów pamięci). Następnie w pętli iterujemy przez wszystkie znaki. Jeżeli znak o danym numerze znajduje się w tablicy, jest on dopisywany do pamięci. Następnie nieużywane pola są wypełniane zerami (25...26). Na zakończenie wygenerowany tekst jest zapisywany do pliku (linie 29...31). Wynik znajdziemy w pliku *17_terminal/font/font.mem*.

Druga pamięć służy do przechowywania danych. Musimy w niej zmieścić 2000 znaków, które mają być wyświetlane na monitorze. Pojedyncze słowo w pamięci ma także długość ośmiu bitów i przechowuje kod ASCII znaku. Sposób adresowania prezentuje **rysunek 7**:

- starsze 7 bitów to numer kolumny,
- młodsze 5 bitów to numer wiersza.

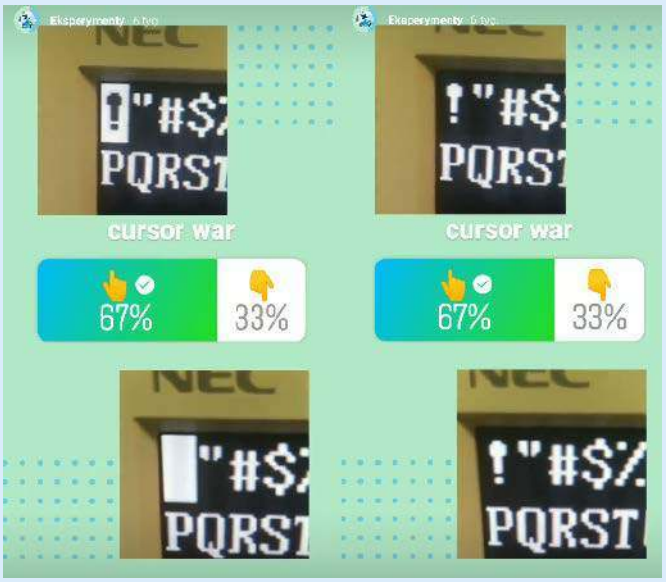
Aby równocześnie mogła być ona używana do generowania obrazu oraz edytowana przez użytkownika, użyjemy dwuportowej pamięci RAM. Jednak na początku chcemy tylko wyświetlać, dlatego przygotujemy tekst testowy.

Wsad do pamięci także wygenerujemy za pomocą skryptu. Na początku definiujemy stałe (wiersze 1...6). Następnie w wierszu 8 tworzymy szablon pojedynczej linii. Pierwszy i ostatni wiersz zawiera tylko znaki drukowalne, natomiast do reszty wpisywane są po kolei wszystkie 128 możliwości. Gotowy wsad znajdziemy w pliku *17_terminal/test_page.mem*.

Adresowanie pamięci

Wiemy już, jak rozlokować dane w pamięci. Pozostało nam ją jeszcze odpowiednio zaadresować. Rozwiązanie zostało zaprezentowane na **rysunku 8**. Wyjściem naszego modułu VGA jest pozycja aktualnego piksela: x i y. W przypadku osi poziomej rozdział na numer znaku oraz położenie wewnątrz znaku jest proste: dzielenie przez 8 oraz modulo 8 sprowadza się do podzielenia wektora: trzy młodsze bity to numer piksela w znaku, a 6 starszych to numer znaku.

Sprawa ma się gorzej dla osi pionowej. Wysokość jednego znaku to 19 pikseli. Operacja dzielenia przez stałą jest syntezowalna, ale spróbujemy prostszego rozwiązania: zrobimy zestaw liczników



Rysunek. 9. Dwa pomysły na prezentację kursora

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 1ed9207c33

zliczających kolejne wiersze: pierwszy z nich, liczący modulo 19, pokazuje pozycję w znaku. Drugi, wyzwalany przepełnieniem poprzedniego, liczy wiersze tekstu. Pierwszym krokiem jest odoczytanie odpowiedniego znaku z pamięci danych. Składamy więc adres, korzystając ze starszych części pozycji x i y, tworząc wektor: `[x2,y2]`. Pozwoli on odczytać kod ASCII znaku. Pamięć (oraz cały nasz moduł) działają przepływowo. Wynik będzie dostępny na wyjściu w następnym cyklu zegara. Razem z numerem kolumny y_1 posłuży on do zaadresowania pamięci fontu. Jednak aby dane były poprawne, musimy wyrównać jego opóźnienie, dodając rejestr. Ostatnim krokiem jest wybranie piksela z odczytanego wiersza. Tutaj użyjemy multipleksera sterowanego trzema młodszymi bitami położenia w poziomie: x_1. On także musi zostać opóźniony o jeden cykl zegara. Na wyjściu dostajemy informację, czy obecny piksel ma być zaświecony, czy wygaszony.

Implementację znajdziemy na **listingu 5**. Na początku (wiersze 66...70) zatrzaskujemy sygnały wejściowe w rejestrach. Następnie w linii 72 wykrywamy pojawienie się nowej ramki, a w linii 74 nowego wiersza. Sygnały te sterują licznikiem `cnt_letter_v` (linie 80...85) zliczającym znaki w wierszu. Jego przepełnienie powoduje inkrementację licznika `cnt_char_h`. W wierszu 107 tworzymy adres, który służy do odczytania z pamięci RAM obecnego znaku. Na jego podstawie w linii 125 tworzymy kolejny adres, tym razem dla pamięci ROM z fontem. Opóźnienie drugiej części adresu znajdziemy w wierszach 122...123. Na samym końcu (127...134) znajdziemy samą pamięć ROM.

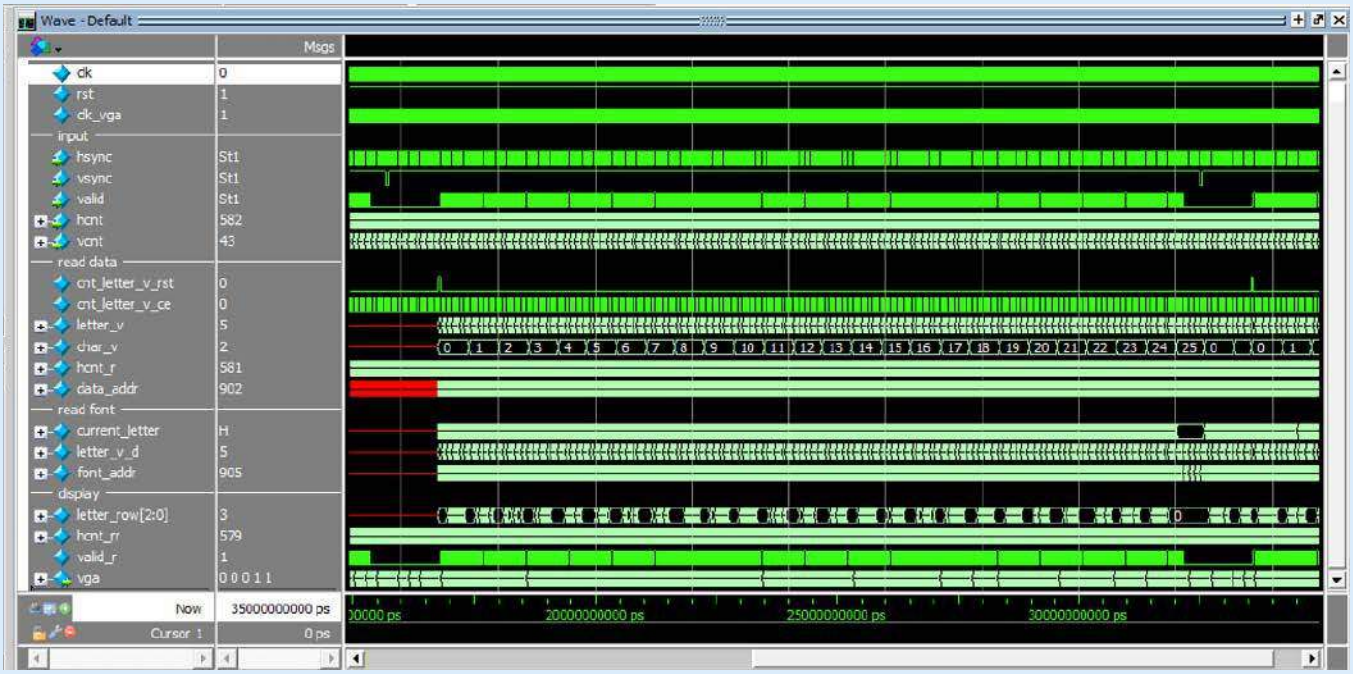
Listing 6. Implementacja kursora (17_terminal/terminal_show.sv)

```
074 assign new_frame = !vsync && vsync_r;
075
076 always_ff @(posedge clk)
077   if (new_frame)
078     {cursor_x_r, cursor_y_r, cursor_on_r} <= {cursor_x, cursor_y, cursor_on};

094 counter #(.N(CURSOR_BLINK_RATE)) cnt_cursor_blink (
095  .clk(clk),
096  .rst(rst),
097  .ce(new_frame),
098  .q(),
099  .ov(cnt_cursor_blink_ov));
100
101 always_ff @(posedge clk)
102   if (!rst)
103     cursor_blink <= '0;
104   else if (new_frame && cnt_cursor_blink_ov)
105     cursor_blink <= !cursor_blink;

156 delay #(
157   .N(2),
158   .L(1)
159 ) d_cursor (
160   .clk(clk),
161   .rst(rst),
162   .ce('1),
163   .in((hcnt_r[H_BIT-1:3] == cursor_x_r) && (char_v == cursor_y_r) && cursor_on_r),
164   .out(is_cursor));
165
166 always_ff @(posedge clk)
167   if (valid_r && v_valid) begin
168     if (is_cursor && cursor_blink) begin
169       if (letter_row[hcnt_rr[2:0]])
160         {vga.red, vga.green, vga.blue} <= '0;
171       else
172         {vga.red, vga.green, vga.blue} <= COLOR;
173     end else begin
174       if (letter_row[hcnt_rr[2:0]])
175         {vga.red, vga.green, vga.blue} <= COLOR;
176       else
177         {vga.red, vga.green, vga.blue} <= '0;
178     end
179   end else begin
180     {vga.red, vga.green, vga.blue} <= '0;
181   end
```

Kursor

Został nam jeszcze jeden element: kursor. Jak pokazano na **rysunku 9**, rozważałem dwie wersje: miganie całego pola na biało albo „negatyw" znaku. W ankiecie na instagramowym koncie Rysino wygrała ta druga opcja. Implementację tej pierwszej zostawiam zainteresowanym Czytelnikom jako ćwiczenie. A jeżeli ktoś ma inne pomysły na kursor, chętnie przyjmę kolejne propozycje ;).

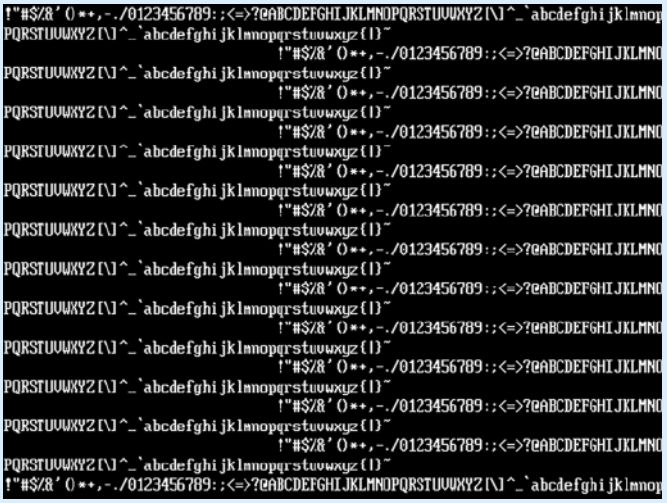
Samą implementację widzimy na **listingu 6**. Najpierw (wiersz 74) wykrywamy początek ramki i używamy go do zatrzaśnięcia obecnej konfiguracji kursora: położenia oraz informacji, czy ma zostać wyświetlony (`cursor_on`). Dalej znajdziemy licznik odpowiedzialny



Rysunek 10. Symulacja głównego modułu

Poprzednie części kursu i dodatkowe materiały dostępne są na na stronie
https://ulubionykiosk.pl/media

eprasa.pl 1ed9207c33



Rysunek 11. Obraz wygenerowany podczas symulacji

Rysunek 12. Zużycie zasobów

za „mruganie”. Powoduje on zmianę stanu zmiennej `cursor_blink` na przeciwny co `CURSOR_BLINK_RATE` ramek. W przykładzie ustawiłem ją na 30, więc okres animacji wynosi 2 sekundy. Teraz musimy wyrównać latencję sygnałów sterujących kursorem do pozostałych danych (linie 156...164). Na samym końcu, na podstawie stanu piksela oraz kursora podejmujemy decyzję o wyświetlanym kolorze.

Testujemy

Zostaje nam połączenie nowego modułu z generatorem sygnału VGA. Znajdziemy je w pliku *17_terminal/terminal_show_top.sv*. Najpierw sprawdzimy jego działanie w symulacji. Użyjemy naszego monitora portu VGA. Uruchamiamy program Questa i wywołujemy polecenie:

```
do ./terminal_show_top.do
```

Symulacja jest dość długa, może zająć kilkanaście minut. W jej wyniku otrzymamy przebiegi zaprezentowane na **rysunku 10** oraz obraz ekranu pokazany na **rysunku 11**.

Możemy przejść do ostatniego kroku. Uruchamiamy środowisko Quartus i budujemy projekt *17_terminal/terminal.qpf*. Warto przyglądnąć się zużyciu zasobów, zaprezentowanemu na **rysunku 12**. Widzimy, że zajętych jest 61440 bitów pamięci RAM, choć w projekcie mamy dwie pamięci składające się z 4096 ośmiobitowych słów. Powinno to dać razem 65536 bitów. Jednak w czasie budowy środowisko wykryło, że kod ASCII składa się tylko z 7 bitów i usunęło jeden dodatkowy. Mamy więc jedną pamięć, gdzie słowo ma 8, a drugą, gdzie ma 7 bitów. Co właśnie daje uzyskaną wartość.

Działanie projektu możemy zobaczyć na fotografii tytułowej oraz filmie [3]. Kursor możemy włączać i wyłączać za pomocą przełącznika DIP switch.

Podsumowanie

W tym odcinku uruchomiliśmy projekt wyświetlający na monitorze tekst zawarty w pamięci RAM. W kolejnym odcinku podłączymy port szeregowy i użyjemy drugiego portu pamięci do zmiany jej zawartości.

Rafał Kozik
rafkozik@gmail.com

[1] Repozytorium z przykładami https://bit.ly/3l2rK8h
[2] Font z UEFI https://bit.ly/37bl2od
[3] Film demonstrujący pracę projektu https://bit.ly/3BNyTiY

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, faks 22 257 84 00

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 60
faks 22 257 84 00
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:
Grzegorz Becker

Redakcja strony internetowej *www.ep.com.pl*
MAD Sp. z o.o.

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

Sekretarz Redakcji:
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

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

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl
lub tel. 22 257 84 22
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

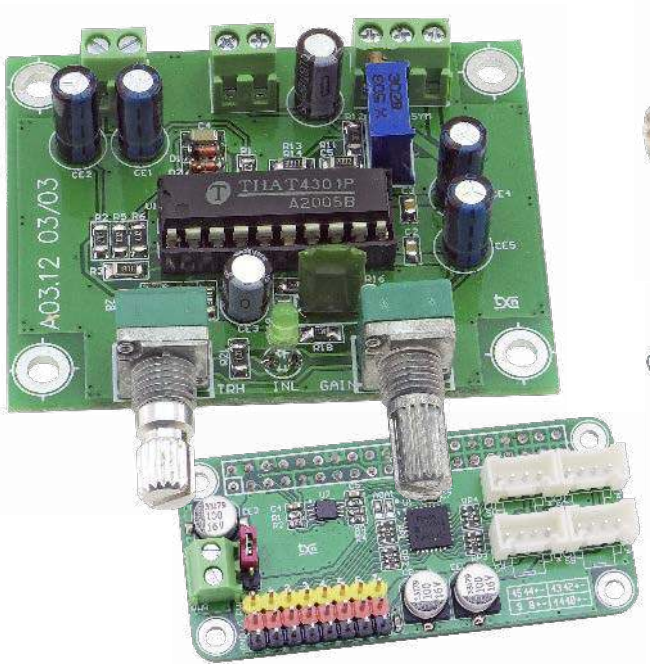
Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

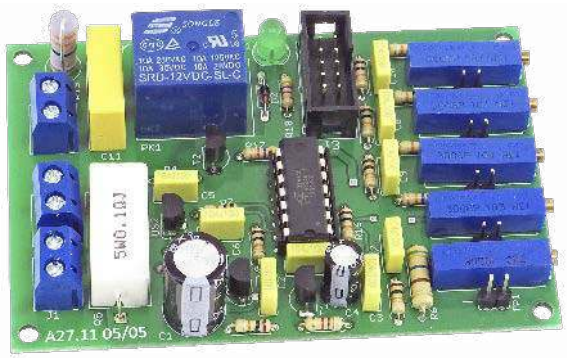
Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11

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 1ed9207c33

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 9/2021





Rozbudowany sterownik ładowarki akumulatora 12 V

Proste ładowarki akumulatorów kwasowych nie zawierają żadnych układów odłączających ładowanie po jego zakończeniu. Trzeba wtedy robić to samodzielnie lub ładować akumulator przez określony czas, co może wiązać się z jego przeładowaniem. W sytuacji, kiedy ładowanie ma odbywać się cyklicznie – na przykład co kilka dni, użytkownik może często zapominać o podłączeniu ładowarki. Zaprezentowany układ samodzielnie monitoruje napięcie na zaciskach akumulatora i decyduje o tym, kiedy włączyć i wyłączyć ładowarkę.

Wzmacniacze wejściowe do częstościomierza

W „Elektronice Praktycznej” były publikowane różne mierniki częstotliwości. Ważnym elementem takich urządzeń jest wzmacniacz sygnału wejściowego. Ze względu na różne potrzeby zaprojektowano trzy rodzaje wzmacniaczy, a każdy może być wykonany w kilku wariantach. Zasadniczym przeznaczeniem płytek wzmacniaczy jest współpraca z licznikiem częstotliwości AVT3275, ale można je podłączyć do innych mierników wyposażonych w interfejs I²C.

Automatyczny regulator poziomu dźwięku

Układ automatycznego regulatora poziomu – AGC, jest przydatny przy obróbce i rejestracji sygnału audio. Pomocny szczególnie, gdy rejestrujemy lub transmitujemy sygnał mowy, a mówca ma „niespokojny” charakter lub najzwyczajniej wierci się przed mikrofonem, co utrudnia utrzymanie stałego poziomu sygnału. Układ przyda się też w torze audio odbiorników komunikacyjnych, pozbawionych funkcji AGC. Moduł zawiera układ THAT4301, zapewniając regulację w klasyczny analogowy sposób.

Miniklawiatura I2C z podświetleniem LED

Przyciski i diody LED są najprostszym, ale efektywnym interfejsem użytkownika. Minimoduł z czteroprzyciskową klawiaturą z interfejsem I²C i podświetlonymi przyciskami bez problemu znajdzie zastosowanie w projektach z Arduino czy Raspberry Pi. Wbudowany kontroler PCA9531, oprócz monitorowania stanu przycisków, umożliwia sprzętowe sterowanie LED bez zbędnego obciążenia procesora sterującego.

16-kanałowy kontroler PWM lub sterownik serwomechanizmów

Przydatny w robotyce amatorskiej moduł z 16-kanałowym kontrolerem PWM, który może służyć także do sterowania serwomechanizmami, regulacji jasności LED lub, po zastosowaniu stopni mocy, może regulować prędkość silników prądu stałego.

a ponadto tematy wiodące EP 9/2021:

- MIKROKONTROLERY DO KAŻDEJ APLIKACJI
- OŚWIETLENIE LED

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 94
ARMEL 94
BORNICO 5
COMPUTER CONTROLS 23
ELMAX 94
GAMMA 7
KONFERENCJA WZEE 9
PIEKARZ 7
RENEX 7, 71, 108

eprasa.pl 1ed9207c33

KOMPLEKSOWE WSPARCIE
PRZEMYSŁU ELEKTRONICZNEGO

renex.pl

CENTRUM TECHNOLOGICZNO-SZKOLENIOWE RENEX

WSPARCIE TECHNICZNE

SERWIS MASZYN I URZĄDZEŃ

SZKOLENIA SPECJALISTYCZNE

CHCESZ DOSTARCZYĆ NA RYNEK NOWY PRODUKT ELEKTRONICZNY?

POMOŻEMY CI W:

- Opracowaniu projektu
- Optymalizacji pod kątem produkcji masowej
- Weryfikacji kosztów
- Stworzeniu obudowy, etykiet i instrukcji
- Prototypowaniu
- Stworzeniu partii próbnych
- Doborze i instalacji kompletnych linii produkcji elektroniki
- Automatyzacji procesów SMT i THT
- Wdrożeniu urządzeń inspekcyjnych AOI, SPI, RTG
- Szkoleniach dla operatorów
- Stworzeniu i kontroli stref EPA i stref czystych cleanroom
- Optymalizacji i ustawieniu procesów produkcyjnych
- Serwisie urządzeń

BAZA TECHNOLOGICZNA DO TWOJEJ DYSPOZYCJI:

- Kompletne linie produkcji elektroniki
- Park obróbki stali
- Obróbka CNC
- Malarnia proszkowa
- Zrobotyzowane stanowiska do optymalizacji produkcji
- Systemy inspekcyjne X-RAY
- Mikroskopy cyfrowe i optyczne

Szczegóły na stronie internetowej:

RENEX.PL/CENTRUM-TECHNOLOGICZNE

DIAGNOZUJEMY | ZNAJDUJEMY ROZWIĄZANIA | DORADZAMY | SZKOLIMY

A JAK MOŻEMY TOBIE POMÓC?

T: +48 601 432 615 | E: centrum@renex.pl

eprasa.pl 1ed9207c33