Warsztat Elektroniczny

Projekt „Matematyka dla Ciekawych Świata”,
Krzysztof Lasocki
<krz.lasocki@gmail.com>,
Robert Ryszard Paciorek <rrp@opcode.eu.org>

2023-06-25

Elektronika to dziedzina nauki zajmująca się praktycznym wykorzystaniem prądu elektrycznego w postaci sygnałów do przetwarzania informacji. Aby sprawnie eksplorować tę dziedzinę, warto rozpocząć od zapoznania się z podstawowymi pojęciami i narzędziami w elektronice. Ten skrypt opisuje elementy niezbędne do pracy w małym warsztacie, który umożliwi Ci eksperymenty elektroniczne. Omówimy obsługę multimetru oraz przetwornicy, a także podstawy lutowania i bezpieczeństwa pracy w domowym warsztacie elektronicznym.

1 Zakupy, czyli co warto kupić na początek

Praktyczna zabawa z elektroniką wymaga posiadania przynajmniej minimalnego zaplecza sprzętowego. W jego skład powinno wejść co najmniej: uniwersalny miernik wielkości elektrycznych (multimetr), źródło zasilania (najlepiej z regulacją napięcia i ograniczenia prądowego), płytka prototypowa wraz z różnymi kabelkami i podstawowymi narzędziami (przynajmniej śrubokrętem), moduł mikrokontrolera wraz z programatorem oraz jakiś zestaw podstawowych elementów od których zaczniemy naszą zabawę. W tym rozdziale powiemy na co warto zwrócić uwagę przy tych zakupach oraz przedstawiami kilka godnych uwagi propozycji dostępnych na rynku.

1.1 Multimetr

Najważniejszym przyrządem w naszym warsztacie elektronika jest uniwersalny miernik parametrów elektrycznych, zwany multimetrem. Dla naszych potrzeb powinien on zapewniać co najmniej:

- pomiar napięcia stałego (DC) od 0.1V do 20V (np. zakresy pomiarowe: 200mV, 20V)
- pomiar prądu stałego (DC) od 1mA do 200mA (np. zakresy pomiarowe: 20mA, 200mA)
- pomiar rezystancji od 10Ω do 1MΩ (np. zakresy pomiarowe: 200Ω, 20kΩ, 2000kΩ)
- pomiar diody

Przydatne będą także funkcje takie jak:

- sygnalizacja akustyczna ciągłości obwodu (może być razem z pomiarem diody)
- pomiar tranzystora ”hfe”

Oczywiście fajnie jak nasz miernik będzie miał szersze zakresy pomiarowe, będzie umożliwiał pomiar prądu zmiennego (AC), pojemności kondensatorów, itd., ale nie jest to wymagane.

Warto natomiast aby posiadał zabezpieczenie pomiaru prądu (czyli bezpiecznik w tym obwodzie, oznaczenie przy gniazdach ”fused”) przynajmniej na zakresie do 200mA. Natomiast przy teście diody warto aby

miernik podawał napięcie wystarczające, jeżeli nie do zmierzenia, to przynajmniej do zaświecenia dowolnego LED (czyli tak naprawdę białego lub niebieskiego). Niestety producenci na ogół nie podają tego parametru i nawet dobre mierniki potrafią mieć ten paramter zaskakująco słaby.

Ogólnie dobry multimetr jest ważny, ale na początek wystarczy nawet najtańszy model. Jeżeli będziemy kontynuować przygodę z elektroniką to z czasem i tak kupimy drugi, gdyż często przydaje się możliwość równoległego pomiaru w dwóch punktach, równoczesnego pomiaru prądu i napięcia, itd.

Poniżej kilka propozycji do wyboru.

1.1.1 DT-830B / DT-830D / DT-832 / DT-832D

(jest wiele bardzo zbliżonych modeli – warto zwrócić uwagę aby miał "fused" na zakresie 200mA oraz buzzer do sygnalizacji ciągłości obwodu)

- **+** spełnia wymagania minimalne oraz posiada pomiar hfe i test ciągłości obwodu
- **+** pomiar napięcia DC i AC do 500V
- **+** pomiar prądu DC do 10A
- **∗** od 10PLN

1.1.2 DT9205A

- **+** spełnia wymagania minimalne oraz posiada pomiar hfe i test ciągłości obwodu
- **+** pomiar napięcia DC i AC do 500V
- **+** pomiar prądu DC i AC do 20A
- **+** pomiar pojemności
- **∗** od 20PLN

1.1.3 DT33A

(nie mylić z DT33B, DT33C i DT33D):

- **+** spełnia wymagania minimalne oraz posiada pomiar hfe i test ciągłości obwodu
- **+** pomiar napięcia DC i AC do 500V
- **+** pomiar prądu DC do 10A
- **+** pomiar pojemności
- **+** pomiar temperatury
- **∗** od 30PLN

1.1.4 DT890G / M890G / M890C

- **+** spełnia wymagania minimalne oraz posiada pomiar hfe i test ciągłości obwodu
- **+** pomiar napięcia DC i AC do 500V
- **+** pomiar prądu DC i AC do 20A
- **+** pomiar pojemności
- **+** pomiar temperatury
- **+** pomiar częstotliwości (tylko DT890G / M890G)
- **+** (u niektórych producentów) zabezpieczony pomiar 20A
- **∗** od 35PLN

1.1.5 Uni-T UT890C+

- **+** spełnia wymagania minimalne oraz posiada pomiar hfe i test ciągłości obwodu
- **+** pomiar napięcia DC i AC do 500V

+ pomiar prądu DC i AC do 20A
+ pomiar pojemności
+ pomiar temperatury
+ pomiar częstotliwości
+ zabezpieczony pomiar 20A
+ zakresy 6, 60, 600 a nie 2, 20, 200
+ true RMS
∗ od 76PLN

1.2 Zasilacz

Jednym z najważniejszych elementów zestawu służącego do zabawy elektroniką jest źródło zasilania. Może nim być nawet zwykła bateria, jednak dla wygody i bezpieczeństwa podłączanych układów warto posiadać podstawowy zasilacz regulowany z regulowanym ograniczeniem prądowym. Powinien on zapewniać co najmniej:

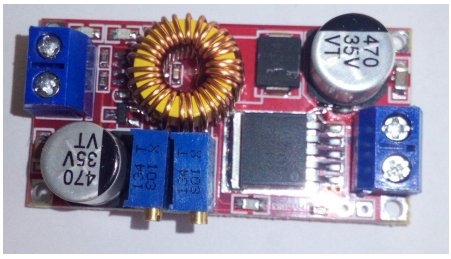
- regulację napięcia wyjściowego w zakresie od 2.5V do 7V
- regulowane ograniczenie prądowe[1] w zakresie od 20mA do 500mA
- sygnalizacja trybu CV/CC (np. za pomocą diody LED)

Dla wygody jego używania warto aby był wyposażony także w:

- woltomierz pokazujący wartość napięcia wyjściowego
- amperomierz pokazujący wartość prądu podawanego do obciążenia

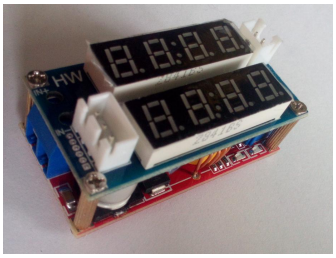
Poniżej kilka propozycji przetwornic do wyboru.

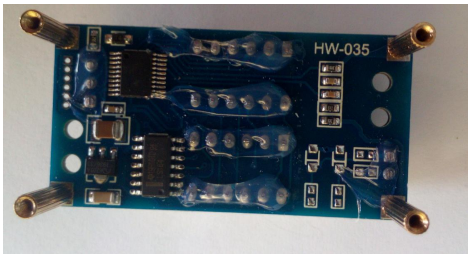
1.2.1 przetwornica DC/DC Step-Down XL4015



− brak zabezpieczenia przed odwrotną polaryzacją zasilania wejściowego (zamianą plusa z minusem na wejściu)
− brak wskazań wartości napięcia i prądu
∗ od 8PLN (moduł "czerwony"), od 10PLN (moduł "niebieski")
! należy zwrócić uwagę aby moduł posiadał dwa potencjomery - jeden do regulacji napięcia drugi prądu (występują moduły umożliwiające tylko regulację napięcia)

1.2.2 przetwornica DC/DC Step-Down XL4015 z woltomierzem i amperomierzem LED

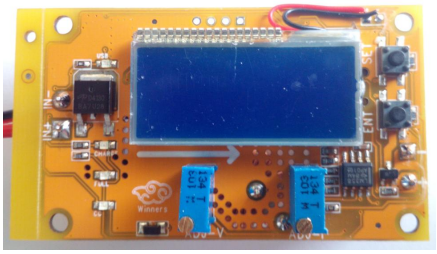
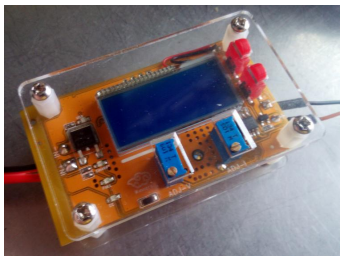
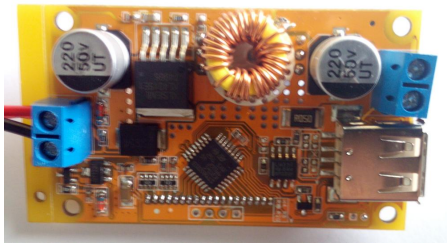




1. w przypadku próby pobrania większego prądu niż nastawiony zasilacz powinien przejść z trybu stałego napięcia (CV) do trybu stałego prądu (CV) i obniżyć podawane napięcie tak aby płynął nastawiony prąd.

+ modularna konstrukcja (oparta na opisanym wcześniej module "czerwonym")
- brak zabezpieczenia przed odwrotną polaryzacją zasilania wejściowego (zamianą plusa z minusem na wejściu)
- mała dokładność pomiaru (wskazuje 0.01A gdy płynie 0.1A)
- brak możliwości (oficjalnie udokumentowanej) kalibracji pomiarów
- słaba czytelność wyświetlacza LED przy dobrym oświetleniu
* od 30PLN

1.2.3 przetwornica DC/DC Step-Down XL4015 z woltomierzem i amperomierzem LCD

+ zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją zasilania wejściowego (zamianą plusa z minusem na zaciskach wejściowych), **uwaga:** dotyczy wersji pokazanej na zdjęciu, podobna wersja z dwoma dodatkowymi LEDami najprawdopodobniej nie posiada tego zabezpieczenia
+ dobra precyzja pomiaru (wskazuje 0.04A gdy płynie 0.03A)
+ możliwość łatwej kalibracji pomiarów
- niebezpieczne gniazdko USB (można podać na nie zbyt wysokie napięcia)
* od 40PLN

1.2.4 elementy dodatkowe

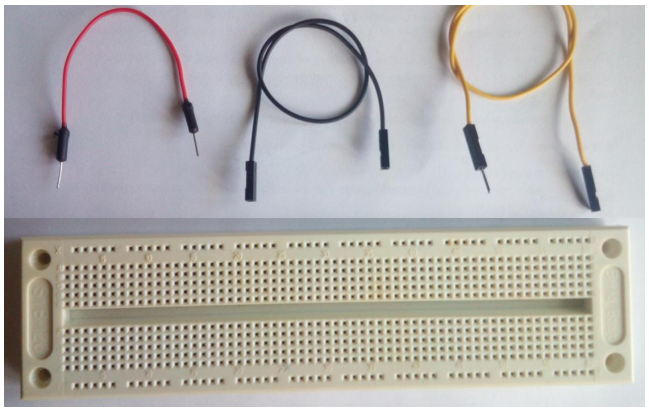
Do wybranej przetwornicy sugerujemy dokupienie gniazda DC 2.5/5.5 wraz z przewodem oraz baterii 9V (ze złączem i wtykiem DC 2.5/5.5) lub zasilacza wtyczkowego np. 12V z prądem większym niż 0.9A (z wtykiem DC 2.5/5.5). Pozwoli to na wygodne podłączanie i odłączanie zasilania od przetwornicy poprzez rozpięcie wtyku DC.

1.3 Warsztat – płytka stykowa, przewody i śrubokręt

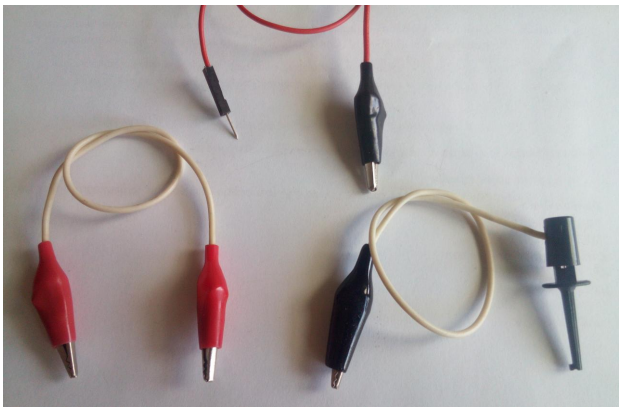
Kolejnymi rzeczami w które warto się zaopatrzyć są elementy umożliwiają łatwe budowanie układów prototypowych:

- płytka prototypowa stykowa (jedna lub dwie)
- przewody męsko-męskie (około 30sztuk)
- przewody męsko-żeńskie (około 10sztuk)
- przewody żeńskie-żeńskie (opcjonalnie, około 10sztuk)
- przewody pin męski - krokodylek lub krokodylek-krokodylek (około 5sztuk)

- śrubokręt mały płaski



na górze od lewej: przewód męsko-męski (czerwony), żeńsko-żeński (czarny) i męsko-żeński (żółty);
poniżej przykładowa płytka stykowa

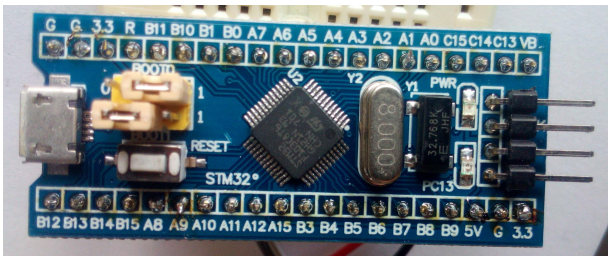


od lewej: przewód krokodylek - krokodylek (biało-czerwony), krokodylek - pin męski (czerwono-czarny), krokodylek - chwytak (biało-czarny)

Koszt płytki prototypowej, zestawu kabelków i śrubokręta to około 20PLN.

1.4 Mikrokontroler - Moduł STM32

W ramach zajęć będziemy uczyć się podstaw programowania mikrokontrolerów w oparciu o mikrokontroler STM32F103C8. W tym celu potrzebne będą nam płytka zawierająca mikrokontroler wraz niezbędnymi peryferiami - będziemy używać tzw. modułu „blue-pill” pokazanego na zdjęciu obok. Cena od około 11.5PLN.

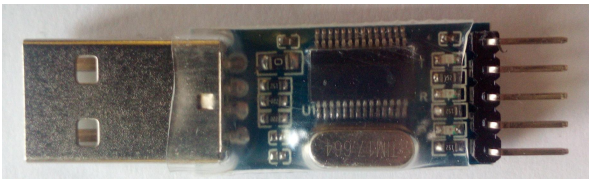


1.5 Programator do STM32 – Konwerter USB-UART

Do programowania użyjemy portu szerowego naszego mikrokontrolera, w celu połączenia się z nim potrzebna będzie przejściówka USB-UART. Zasadniczo dowlna tego typu przejściówka (mająca napięcia logiczne na poziomie 3.3V, czyli **nie** przejściówka typu RS232) będzie OK. Poniżej dwie przetestowane propozycje do wyboru.

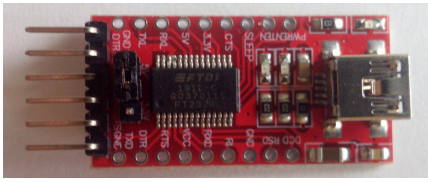
1.5.1 Moduł z układem PL2303HX

- moduł ma wyprowadzone jedynie linie RxD i TxD
- moduł do wygodnego używania wymaga przedłużacza USB
* od 3.5PLN



1.5.2 Moduł z układem FTDI FT232RL

+ moduł ma wyprowadzone na bocznych wszystkie linie portu szeregowego, co prawda nam nie będzie to potrzebne, ale może się przydać w innych zastosowaniach (np. programowanie układów ESP)
- moduł wymaga kabla mini-usb
* od 10PLN



1.6 Podzespoły elektroniczne

Będzie potrzebny też zestaw drobnych podzespołów elektronicznych:

- rezystory 1kΩ i 22kΩ, po około 10 sztuk
- potencjometr / rezystor nastwany 5kΩ, który da się włożyć w płytkę stykową, najlepiej wieloobrotowy, 1-2 sztuki
- kondensator elektrolityczny 100uF, kilka sztuk
- dioda prostownicza, około 10 sztuk
- dioda świecąca, około 10 sztuk
- dioda Zenera 3.3V, około 5 sztuk
- tranzystor NPN (np. BC337) i PNP (np. BC327), po kilka sztuk
- układ logiczny z serii 4000 lub 7400: NAND (np. CD4011BE) lub NOR (np. CD4001BP)
- rejestr przesuwny z serii 4000 lub 7400 (np. CD4094 lub 74HC595)
- rejestr z interfejsem I2C (np. PCF8574A lub MCP23008)

1.7 Inne

Jeżeli kupiony moduł STM32 nie ma przylutowanych pinów po bokach (a na ogół nie ma), będzie potrzebna także lutownica z cyną i kalafonią. Koszt od 16PLN.

Przydać mogą się także małe obcążki boczne, szczypce, czy też jakiś nożyk.

Oczywiście do programowania mikrokotrolera będzie potrzebny także działający komputer z portem USB i system Linux (da się na innych systemach operacyjnych, ale to na Linuxie będzie oparte nasze środowisko do tworzenia programów dla STM32), jednak zakładamy że jakiś już masz 😄.

2 Obsługa multimetru

Multimetr (zwany też miernikiem) to podstawowy przyrząd pomiarowy każdego elektronika. Zgodnie z nazwą posiada wiele funkcji pomiarowych. Najczęściej są to woltomierz (do pomiaru napięcia stałego **V⎓** i zmiennego **V∼**), amperomierz (do pomiaru natężenia prądu stałego **A⎓** i zmiennego **A∼**, potocznie zwanego prądem) oraz omomierz (do pomiaru rezystancji, Ω). Często multimetr posiada także funkcje:

- **Test połączeń** (*continuity mode*), oznaczany symbolem fali dźwiękowej (lub nuty), służy do sprawdzania połączeń elektrycznych. Miernik wydaje dźwięk jeśli między sondami pomiarowymi (przewodami) jest połączenie.
- **Pomiar diod** (*diode check*), oznaczony symbolem diody ⊳|, służy do sprawdzania diod i innych elementów półprzewodnikowych. Wyświetla spadek napięcia na testowanym złączu półprzewodnikowym.
- **Test tranzystorów** (pomiar h_{FE}), służący do pomiaru wzmocnienia tranzystora. Najczęściej posiada oddzielne gniazdo na mierniku.
- **Pomiar pojemności**, oznaczany symbolem ⫼ służy do pomiarów pojemności kondensatorów
- **Pomiar temperatury**, ocznaczany symbolem °**C**, najczęściej za pomocą termopary (dołączana do miernika).

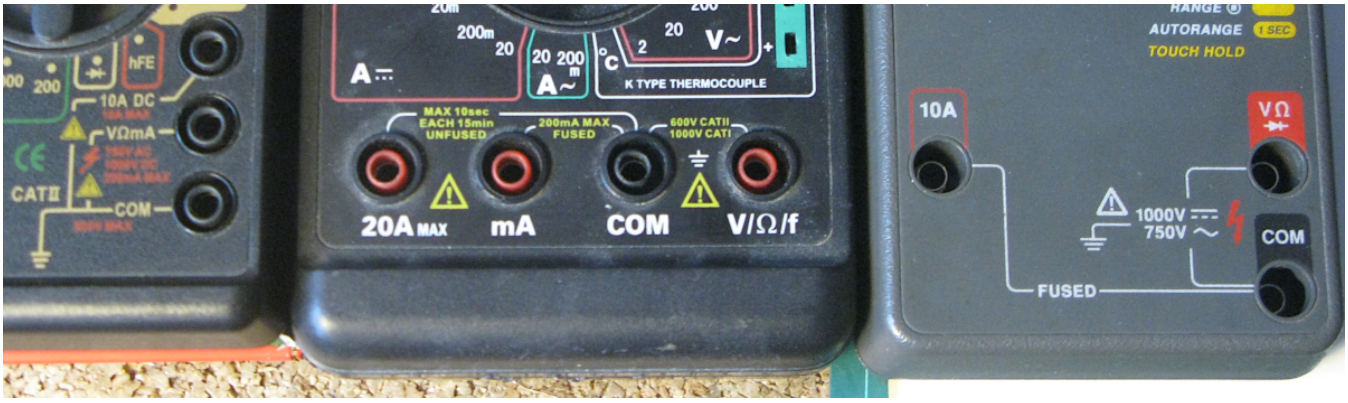
Multimetr zachowuje się tak jak przyrząd pomiarowy, którego funkcjonalność jest aktualnie wybrana. Oznacza to że należy go podłączać tak samo, jak odpowiednie przyrządy pomiarowe.

2.1 Połączenie miernika

W zależności od modelu, multimetr może posiadać od dwóch do czterech gniazd na przewody. Są to:

- Masa, oznaczana **COM** (od słowa *common*). Tutaj podłącza się czarny przewód

- Wejście pomiarowe dla woltomierza, ozn. symbolem **V**. Często także jest to wejście omomierza, oznaczone Ω, oraz testu diod (ozn. symbolem diody ⊳|)
- Wejście miliamperomierza, oznaczone symbolem **mA**. Jeżeli Twój miernik posiada trzy wejścia, to najczęściej jest ono tym samym wejściem, co wejście woltomierza.
- Wejście amperomierza, oznaczone symbolem **A**. Najczęściej również jest obok niego podany maksymalny dopuszczalny prąd oraz czas pomiaru.



Wejścia trzech różnych multimetrów. Pomiędzy wejściami zaznaczone są maksymalne wartości napięcia lub natężenia i informacja o zabezpieczeniach (“FUSED”) bądź ich braku (“UNFUSED”).
Od lewej: typowy model z trzema wejściami, model z czterema wejściami, model z trzema wejściami (bez miliamperomierza)

Przy wyborze multimetru należy zwrócić uwagę na jego wejścia. Modele z czterema wejściami są preferowane (zapewnia to izolację funkcji woltomierza od amperomierza). Przyrząd musi być też opisany jako “FUSED”, czyli posiadać bezpiecznik na zakresie miliamperomierza (oraz opcjonalnie, także amperomierza). Pozwoli to uniknąć uszkodzenia multimetru w wypadku przekroczenia dopuszczalnego natężenia prądu.

2.2 Woltomierz

Woltomierz to przyrząd służący do pomiaru napięcia elektrycznego między dwoma punktami. Z tego powodu **woltomierz podłączamy równolegle** do elementu, który badamy, lub między dwoma punktami w układzie. Opór woltomierza jest możliwie duży (rzeczywiste woltomierze mają opór około 1-10 MΩ, woltomierz idealny ma opór nieskoczenie wysoki).

2.3 Amperomierz

Amperomierz (tudzież miliamperomierz) służy do pomiaru prądu płynącego w gałęzi obwodu. Z tego powodu **amperomierz podłączamy szeregowo** z innymi elementami obwodu. Opór amperomierza jest możliwie mały (idealny amperomierz ma nieskończenie niski opór).

Podłączenie amperomierza równolegle powoduje zwarcie. Nie należy więc odkładać miernika ustawionego na zakres amperów, szczególnie w przypadku modeli, które używają tego samego gniazda do pomiaru oporności lub napięcia. Skutki pomyłki mogą być fatalne dla urządzenia - bezpiecznik się spali.

2.4 Omomierz

Omomierz jest przyrządem służącym do pomiaru oporności. Jego zasada działania jest dosyć prosta. Składa się on ze źrodła małego napięcia, które pojawia się na końcówkach przewodów pomiarowych. Gdy przyłożymy sondy do elementu mierzonego, omomierz zmierzy jaki prąd płynie przez element testowany i wyświetli jego opór.

Omomierz w praktyce służy tylko do pomiarów oporników. Trzeba pamiętać o tym, że jeżeli mierzymy element umieszczony w układzie, to jego oporność będzie zawsze niższa od oczekiwanej. Taki opornik jest połączony równolegle z innymi elementami obwodu o nieznanym oporze, skąd wynika błąd pomiaru. Zasadniczo nie wykonuje się za jego pomocą pomiarów oporników we włączonych układach.

Przy pomiarach większych oporników (ponad 100kΩ) należy uważać aby nie dotykać palcami końcówek sond, ponieważ opór Twojego ciała zaniży pomiar. Lepiej jest położyć opornik na stole i przycisnąć jego nóżki za pomocą końcówek sond.

2.5 Inne funkcje multimetrów

Oprócz podstawowych funkcji (pomiaru napięcia, natężenia i oporu)[2], większość nowoczesnych multimetrów posiada także funkcje pomiaru diod oraz tranzystorów.

Funkcja pomiaru diod jest najczęściej oznaczona symbolem diody półprzewodnikowej (⊳|) i korzysta z tej samej pary złącz, co woltomierz i omomierz. Aby zmierzyć spadek napięcia na diodzie należy dotknąć sondą podłączoną do masy (COM) do katody, a sondą dodatnią do anody. Miernik wyświetli spadek napęcia na złączu diody. Jeżeli miernik wskazuje wynik poza skalą, może to oznaczać, że polaryzacja diody jest odwrotna (sondy są przyłożone na odwrót). Może też okazać się, że spadek napięcia na jej złączu jest większy niż zakres pomiaru (który najczęściej wynosi do 2V).

Funkcja pomiaru współczynnika wzmocnienia tranzystora bipolarnego jest z reguły oznaczana **hFE** (od symbolu h_{FE} stosowanego do oznaczenia tej wartości)[3]. Pomiar tranzystora za pomocą multimetru polega na umieszczeniu jego nóżek w **odpowiedni sposób** w gnieździe pomiarowym w multimetrze. Jego emiter, baza oraz kolektor (oznaczane **E**, **B** i **C** odpowiednio) muszą trafić w otwory w odpowiedniej połowie gniazda (**PNP** oraz **NPN** zależnie od typu tranzystora). Trzeba go obrócić tak, żeby emiter trafił do **E**, baza do **B** a kolektor do **C**. Gniazdo jest tak skonstruowane, że pasują do niego tranzystory o dowolnej kolejności wyprowadzeń. Kolejność dla Twojego tranzystora jest opisana w jego karcie katalogowej. Po umieszczeniu tranzystora w gnieździe, na ekranie miernika pojawia się wartość jego współczynnika wzmocnienia h_{FE}.

Niektóre mierniki posiadają także funkcje pomiaru pojemności elektrycznej kondensatora. W zależności od konstrukcji połączenie testowanego kondensatora odbywa się poprzez umieszczenie go w specjalnym gnieździe na obudowie miernika albo przez podłączenie sond do wyprowadzeń kondensatora. Należy pamiętać o tym, że trzeba ustawić zakres w podobny sposób jak przy innych pomiarach. Uwaga - **nie należy mierzyć pojemności naładowanych kondensatorów**. Funkcja pomiaru pojemności przydaje się przy sprawdzaniu kondensatorów ceramicznych lub foliowych o pojemnościach od kilku nF do kilkudziesięciu uF. Na kondensatorach elektrolitycznych lub tantalowych (o większych pojemnościach) wartość pojemności jest z reguły napisana na obudowie. Należy także wybrać kondensator, którego maksymalne dopuszczalne napięcie (też napisane na obudowie) jest wyższe niż największe możliwe napięcie mogące na nim wystąpić w układzie.

2. Mierniki, które posiadają tylko te trzy funkcje nazywane są po angielsku VOM (Volt-ohm-milliammeter). Najczęściej są to mierniki analogowe.
3. Czasami oznaczanego też jako β, beta.

Uwaga

Kondensatory elektrolityczne oraz tantalowe są elementami **spolaryzowanymi**. Podłączając je, należy o tym pamiętać i podłączać je tylko zgodnie z polaryzacją - biegun ujemny do punktu o niższym napięciu, a biegun dodatni do punktu o wyższym napięciu. Na tych kondensatorach jeden z biegunów (najczęściej ujemny) jest zaznaczony na obudowie.
Uwaga: Niewłaściwe podłączenie kondensatora może doprowadzić do jego eksplozji. Dla własnego bezpieczeństwa nie rób tego – jeżeli jesteś ciekawy jak to wygląda obejrzyj filmik w Internecie. Pamiętaj o tym także montując kondensatory w swoich konstrukcjach.

Oprócz opisanych wyżej funkcji, niektóre multimetry mogą mieć także funkcje pomiaru temperatury (poprzez **termoparę** lub **termistor** podłączane do specjalnego złącza na mierniku) oraz pomiar częstotliwości.

2.6 Dokonywanie pomiarów

Zależnie od wielkości fizycznej, którą chcemy zmierzyć, po stroni emiernika, czerwony (dodatni) przewód musi być podłączony do odpowiadającego mu gniazda. Czarny przewód (ujemny, masa) należy zawsze podłączyć do gniazda **COM**. Miernik ustawiamy na pomiar danej wielkości.

Przy wykonywaniu pomiaru nieznanej wartości należy rozpocząć od największego zakresu miernika i stopniowo zmniejszać zakres aż otrzymamy najdokładniejszy wynik. W przypadku gdy mierzona wartość przekracza aktualny zakres, miernik to zasygnalizuje, najczęściej wyświetlając "**1**" (po lewej stronie ekranu), lub "**OL**" (*overload*). Oba znaki oznaczają to samo, czyli wartość powyżej zakresu. W takiej sytuacji trzeba przełączyć zakres na większy.

Przy pomiarze **napięcia** w danym punkcie układu, najczęściej masę miernika (czarną sondę) podłączamy do masy układu. Drugą sondę (czerwoną) podłączamy do mierzonego punktu. Jeśli chcemy zmierzyć napięcie na jakimś elemencie (np. oporniku), masą miernika dotykamy do punktu, w którym oczekujemy niższego napięcia, a czerwoną sondą do punktu, w którym oczekujemy wyższego napięcia. Jeżeli podłączymy sondy odwrotnie, po prostu dostaniemy wynik z przeciwnym znakiem. Woltomierz należy podłączać równolegle.

Przy pomiarze **natężenia** w danej gałęzi układu należy zachować szczególną ostrożność. Podobnie jak wyżej, zaczynamy pomiar na największym zakresie miernika. W przeciwieństwie do woltomierza, amperomierz należy podłączyć szeregowo. Ponieważ opór wewnętrzny amperomierza jest bardzo niski ($<1\ \Omega$), trzeba uważać, aby nie zrobić zwarcia.

Pomiaru **oporności** dokonujemy dotykając końcówkami sond pomiarowych końcówek opornika (lub innego elementu). Dla oporników kolejność przewodów nie ma znaczenia (opór jest identyczny niezależnie od kierunku płynięcia prądu).

Test połączenia służy do sprawdzania połączeń w układach. Przy wyłączonym zasilaniu dotykamy sondami do punktów, pomiędzy którymi chcemy sprawdzić połączenie. Jeżeli punkty są połączone, to miernik zasygnalizuje to brzęczykiem. Ta funkcja jest szczególnie przydatna przy sprawdzaniu prototypów na płytkach stykowych, lub przy sprawdzaniu prawidłowości połączeń w urządzeniu, które diagnozujemy. Jeżeli Twój multimetr nie ma tej funkcji, to możesz użyć omomierza (bezpośrednie połączenie ma znikomy opór, maksymalnie kilka Ω).

Tester diod (i innych elementów półprzewodnikowych) pozwala sprawdzić polaryzację złącza półprzewodnikowego w elemencie. W tym celu dotykamy sondami do obu końców testowanego elementu. Jeżeli "trafiliśmy" z polaryzacją sond (podłączyliśmy czarną sondę, COM, do katody, a czerwoną dodatnią, do anody), to miernik powinien pokazać spadek napięcia na złączu. W przeciwnym razie pokaże przekroczenie zakresu. Z reguły zakres spadków napięć jakie można w tym trybie zmierzyć jest poniżej 2V,

więc większość diod LED pokaże spadek napięcia poza skalą (niektóre diody LED mogą się bardzo słabo świecić podczas pomiaru jeśli polaryzacja sond jest prawidłowa).

W niektórych multimetrach test diody jest wspólny z testem połączeń. W takim wypadku, w trybie testu multimetr sygnalizuje buzzerem sytuację, gdy spadek napięcia jest odpowiednio mały. Oznacza to, że mierzone punkty są ze sobą zwarte (lub połączone bardzo małym oporem).

Wskazówka

W zmontowanym i zasilonym układzie należy dokonywać tylko pomiarów woltomierzem. Amperomierz włącza się w szeregowo w badany układ, zatem jego użycie wymaga modyfikacji układu, chyba że układ przewiduje możliwość takiego pomiaru.
Omomierz i pomiar pojemności używa się do pomiarów elementów poza układem, jednak pomiar ciągłości (rzadziej oporności) może być wykonywany na wyłączonym układzie celem ustalenia dlaczego ten nie działa. Należy wtedy pamiętać o tym, że pomiary omomierzem będą zaniżone z powodu obecności innych oporów w układzie.

3 Przetwornica zasilająca

Przetwornica z regulacją napięcia i ograniczenia prądowego będzie pełniła funkcję (stosunkowo taniego i przenośnego) zasilacza laboratoryjnego.

3.1 Uruchomienie

3.1.1 Zasilanie przetwornicy

Nasza przetwornica może być zasilona z baterii 9V lub zasilacza wtyczkowego 12V DC. Zarówno gniazdo baterii jak i zasilacz może być wyposażone we wtyk DC 2.5/5.5 lub 2.1/5.5 (taki jak widoczny na zdjęciu obok) lub bezpośrednio wyprowadzone przewodu. W przypadku zastosowania wtyku DC będzie możliwe łatwe odłączanie zasilania od przetwornicy. Jednak konieczne jest wtedy użycie także odpowiedniego gniazda DC.

Uwaga

Niektóre przetwornice nie są odporne na niepoprawną polaryzację wejścia. Odwrotne podłączenie napięcia do wejścia takiej przetwornicy doprowadzi do jej zniszczenia. Dlatego odłącz przetwornicę od kabli zasilających zanim sprawdzisz ich polaryzację.

Niezależnie od tego, czy do zasilania przetwornicy używamy baterii, czy zasilacza wtyczkowego, musimy **sprawdzić polaryzację przewodów, które będziemy podłączać do przetwornicy**.

W tym celu:

- **odłączamy przewody zasilające od przetwornicy**.
- wkładamy wtyk DC do gniazda DC zasilacza.
- włączamy multimetr i nastawiamy go na pomiar napięcia stałego (DC) w zakresie do 20V.
- dbając o to, aby przewody zasilające nie zetknęły się ze sobą (aby uniknąć zwarcia) podłączamy zasilanie, czyli wkładamy zasilacz wtyczkowy do gniazdka lub podłączamy baterię do złącza baterii.
- dokonujemy pomiaru napięcia na przewodach zasilających, podłączając czerwoną sondę (dodatnią) do czerwonego przewodu, a masę (czarną sondę) do czarnego przewodu.

- Multimetr powinien wskazać dodatnie napięcie. Jeżeli wskazuje ujemne, to znaczy, że polaryzacja naszego przewodu zasilającego jest odwrotna. W takiej sytuacji **czerwony** przewód od zasilacza (lub baterii) jest **ujemny** a **czarny** jest **dodatni**. Jeśli multimetr wskazuje napięcie dodatnie, oznacza to, że kolory przewodów są zgodne z polaryzacją.
- zapisujemy jaki kolor przewodu odpowiada masie, a jaki biegunowi dodatniemu.
- **wyłączamy zasilanie** – wyjmujemy wtyk DC z gniazdka DC, odłączamy baterię od złącza lub wyjmujemy zasilacz wtyczkowy z gniazdka.

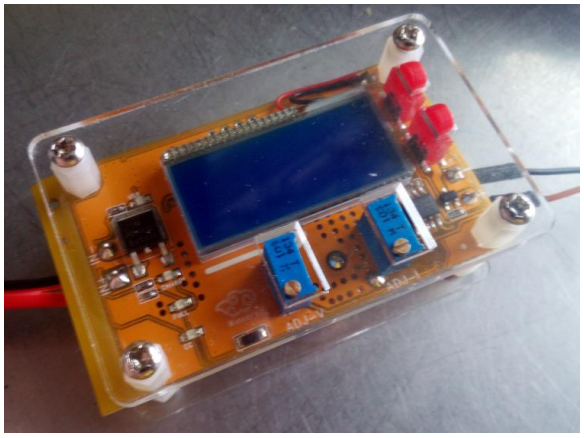
Teraz możemy przykręcić przewody zasilające do naszej przetwornicy. Należy zwrócić szczególną uwagę aby podłączyć je do zacisków wejściowych (oznaczonych jako `IN`) z zachowaniem ustalonej przez nas polaryzacji:

- przewód na którym mieliśmy masę (biegun ujemny) podłączamy do IN- / GND
- przewód na którym mieliśmy biegun dodatni podłączamy do IN+

3.1.2 Regulacja przetwornicy

W celu sprawdzenia działania przetwornicy:

- do wyjścia przetwornicy podłączamy multimetr nastawiony na zakres pomiaru napięcia stałego (DC) do 20V.
- włączamy zasilanie przetwornicy – wkładamy wtyk DC do gniazdka DC, podłączamy baterię od złącza lub wkładamy zasilacz wtyczkowy z gniazdka.
- multimetr wyświetla napięcie na wyjściu przetwornicy. Jeżeli nasza przetwornica posiada wbudowany woltomierz to wskazania obu przyrządów powinny być podobne (mogą się różnić o ułamkowe części wolta).



Przetwornica posiada dwa potencjometry – jeden służy do regulacji napięcia, a drugi do regulacji ograniczenia prądowego. Zazwyczaj są podpisane, ale jeżeli nie są, to możemy łatwo ustalić, który za co odpowiada. W tym celu, przy pomocy odpowiedniego wkrętaka, obróć śrubkę regulacyjną potencjometru od napięcia i zobacz jak wpływa to na napięcie wyjściowe.

Nastaw napięcie wyjściowe na 5V. Drugi potencjometr odpowiedzialny jest za regulację prądu. Ustaw go w okolicy wartości minimalnej:

- pokręć nim aż do oporu lub kliknięcia w tę samą stronę, która odpowiadała za zmniejszanie napięcia w potencjometrze od regulacji napięcia.
- zrób pół obrotu w przeciwną stronę.

Następnie:

- odłącz multimetr od wyjścia przetwornicy, nastaw na pomiar prądu do 10A lub 20A i podłącz sondy do odpowiednich gniazd w mierniku.
- przytknij na krótko (około 1 – 2 sekund) sondy do zacisków wyjściowych i zaobserwuj wskazanie multimetru.

Jeżeli wskazanie było duże (około ampera lub kilku) obrócić potencjometr odpowiedzialny za regulację prądu w przeciwnym kierunku i ponów procedurę pomiaru. Jeżeli było ono poniżej 0.2A przestaw multimetr na zakres 200mA, przełóż sondy do odpowiednich gniazd i ponownie wykonaj pomiar.

Nastaw ograniczenie prądowe na około 40mA.

4 Przygotowanie mikrokontrolera STM32

Bardzo możliwe, że Twój mikrokontroler nie będzie miał przylutowanych pinów do połączenia z płytką stykową. W takim wypadku będziesz musiał/musiała użyć lutownicy, aby je przylutować.

Ostrożnie

Podczas pracy, grot (metalowa końcówka) lutownicy jest rozgrzany do 200-400 stopni Celsjusza. Zachowaj ostrożność podczas jej używania. Zapamiętaj:

- Zawsze odkładaj lutownicę do stojaka. Nigdy nie kładź jej luzem na stole.
- Nigdy nie łap za metalowy koniec lutownicy.
- Nie wolno łapać spadającej lutownicy. Nie martw się, zawszę można kupić nową.
- Grot lutownicy jest gorący przez jakiś czas po wyłączeniu.
- Nie zostawiaj włączonej lutownicy bez opieki.
- **Przed lutowaniem musisz odłączyć układ (lub urządzenie) od zasilania**.

Do lutowania drobnej elektroniki (takiej jak mikrokontrolery i układy scalone) najepsza jest precyzyjna lutownica o małej mocy (do 30W), z regualcją temperatury oraz ostrym lub małym płaskim (w kształcie śrubokręta płaskiego, około 2mm szerokości) grotem. Potrzebny jest też do niej stojak. Inne przydatne akcesoria to kalafonia (ułatwia lutowanie) lub topnik (elektroniczny), oraz wyciorek do wycierania grotu - może być to specjalna gąbka (zwilżona przed użyciem) lub druciak do mycia naczyń.

Najwygodniej jest używać spoiwo lutownicze w formie drutu o średnicy nie większej niż 0.5 mm, najlepiej 0.25mm. Przy budowie prototypów najczęściej używa się cyny ołowiowej Sn40/Pb60 (stop 40% cyny oraz 60% ołowiu).

Jeżeli Twój mikrokontroler nie ma przylutowanych pinów, musisz przylutować je sam/sama. Przymierz i odetnij obcążkami dwa odcinki listwy kołkowej pasujące do otworów na brzegach płytki mikrokontrolera. Włóż piny do otworków na płytce. Następnie odwiń lub wyciągnij odcinek cyny ze szpulki. Włącz lutownicę i odłóż ją na stojak. Jeżeli twoja lutownica ma ustawianie temperatury, ustaw ją na około 250-300 st. C. Daj jej około minuty na osiągnięcie temperatury. Pamiętaj, że grot lutownicy jest bardzo gorący. Lutownicę należy trzymać tylko i wyłącznie za rękojeść.

Aby zalutować pin w otworze, najpierw dotknij grotem lutownicy miejsca, które będziesz lutować (pola lutowniczego) oraz pinu. Trzeba ogrzać oba elementy przed ich połączeniem. Po około sekundzie, dotknij pinu końcówką odcinka cyny.

Postaraj się, aby listwy kołkowe były prostopadle do płytki. Jeżeli masz odcinek damskiej listwy, możesz za jego pomocą umiejscowić piny, które lutujesz. Możesz też użyć do tego płytki stykowej. Lutowanie zacznij od czterech pinów na rogach płytki.

Kształt gotowego lutu powinien być stożkowaty. Jeżeli jest obły, oznacza to zbyt dużą ilość użytej cyny. Kuliste luty prawdopodobnie nie związały pinu z płytką (pole lutownicze nie było dobrze ogrzane). Jeśli lut nie jest błyszczący, oznacza to, że niepoprawnie związał (tzw. *zimny lut*). W takim wypadku spróbuj dodać topnika (np. kalafonii).

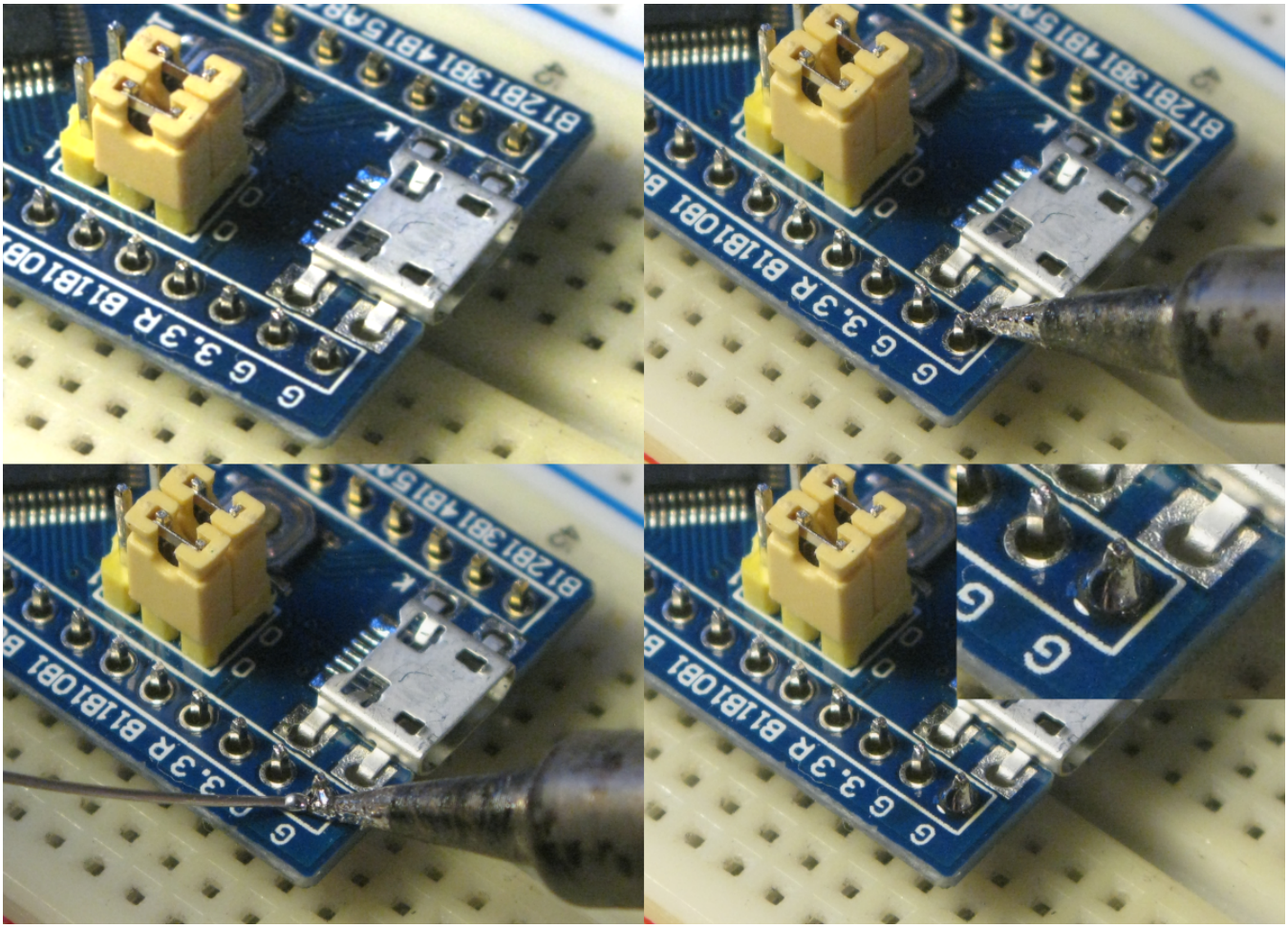
Umiejętne lutowanie wymaga trochę praktyki, ale nie jest skomplikowane. Pamiętaj, aby lutować w dobrze wentylowanym pomieszczeniu. Po zakończeniu umyj ręce.

4.1 Instalacja i przygotowanie narzędzi

Do programowania mikrokontrolera STM32 użyjemy następujących narzędzi programistycznych:

- Toolchain[4]dla architektury *arm-none-eabi* (`gcc-arm-none-eabi` oraz `binutils-arm-none-eabi`)

4. Tooolchain to zbiorowe określenie na narzędzia do przekształcania kodu źródłowego na kod maszynowy. Zawiera m.in. kompilator, linker (konsolidator), narzędzia obsługujące pliki obiektowe oraz kopujące dane między formatami plików wykonywalnych (`objcopy`) itd.



Lutowanie pinu mikrokontrolera. Listwy kołkowe zostały umieszczone w płytce stykowej, aby je umiejscowić. *Zaczynając od lewego górnego zdjęcia, zgodnie z ruchem wskazówek zegara:* Umiejscowienie pinu. Ogrzanie pinu i pola lutowniczego na płytce mikrokontrolera. Dotknięcie spoiwem (cyną). Gotowy lut (oraz jego przybliżenie).

- Implementację libC (`libstdc++-arm-none-eabi-newlib`)
- Narzędzie do programowania przez UART (`stm32flash`)
- Program terminalowy do obsługi portów szeregowych (`picocom`)
- Bibliotekę `libopencm3`

Wszystkie narzędzia, oprócz ostatniego, dostępne są w repozytoriach Debiana (i systemów na nim opartych). Możesz je zainstalować za pomocą polecenia:

```
sudo apt install gcc-arm-none-eabi binutils-arm-none-eabi
 ↪  libstdc++-arm-none-eabi-newlib stm32flash picocom git make
```

Instalacja i kompilacja `libopencm3` odbywa się w następujący sposób:

```
git clone https://github.com/libopencm3/libopencm3.git
cd libopencm3
make
```

Pamiętaj o ustawieniu ścież

4.2 Połączenie mikrokontrolera

Aby móc uruchomić nasz kod na mikrokontrolerze, musimy podłączyć go do komputera w celu wgrywania na niego skompilowanych programów. STM32 można programować na wiele sposobów, my będziemy używać do tego interfejsu UART[5].

Aby zaprogramować mikrokontroler musisz podłączyć go do przejściówki USB-UART (nie podłączaj jeszcze przejściówki do komputera). Za pomocą pasujących kabelków podłącz następujące piny przejściówki do pinów na mikrokontrolerze:

- masę (GND) do (dowolnej) masy miktrokontrolera (GND lub G)
- RX do TX mikrokontrolera (pin A9)
- TX do RX mikrokontrolera (pin A10)
- 5V do 5V mikrokontrolera

Za pomocą obcążków lub pęsety przełóż górną (patrząc na mikrokontroler tak aby port USB był po lewej) zworkę na pozycję "1".

Sprawdź wszystkie połączenia i podłącz przejściówkę do portu USB komputera. Na mikrokontrolerze powinna zaświecić się tylko czerwona dioda `PWR`

Możesz sprawdzić połączenie z mikrokontrolerem używając `stm32flash` do wyświetlenia informacji na temat podłączonego mikrokontrolera. Jeżeli polecenie poniżej nie zgłosi błędów, oznacza to, że wszystko działa poprawnie.

```
stm32flash /dev/ttyUSB0
```

Tak przygotowany mikrokontroler jest gotowy do pracy.

5 Płytka stykowa

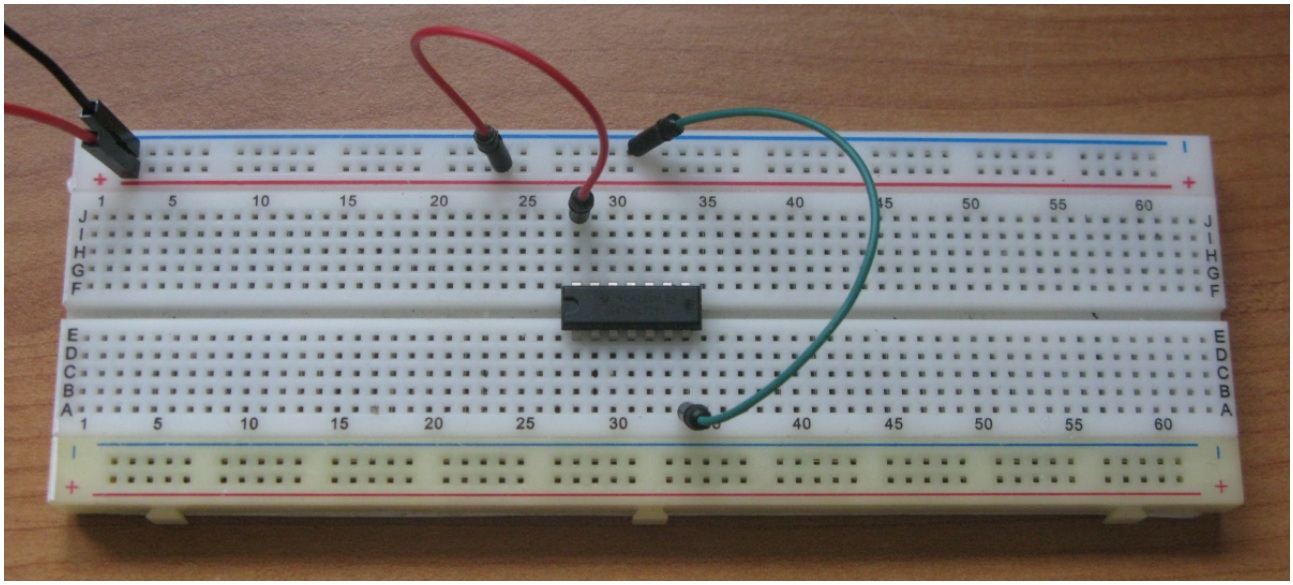
Płytka stykowa pozwala na szybkie prototypowanie układów bez konieczności lutowania. Składa się ona z macierzy dziurek, pod którymi są umieszczone blaszki łączące sąsiednie dziurki. Blaszki są umieszczone w taki sposób, aby łączyły wszystkie 5 dziurek w kolumnie. Dzięki temu zamiast budować prototypy lutując je na uniwersalnych płytkacj drukowanych, wystarczy, że umieścimy nasze elementy w otworkach płytki stykowej.

Przez środek płytki przechodzi wyżłobienie bez dziurek. Otworki w tej samej kolumnie, ale po przeciwnych jego stronach nie są ze sobą połączone elektrycznie. Służy ono do umieszczania tam układów scalonych w obudowach DIP. Układy wkłada się "okrakiem" nad tym odstępem, tak aby każda z nóżek trafiła do dziurki w oddzielnej kolumnie. Typowo, po wyprodukowaniu w fabryce, nóżki układów scalonych są rozgięte do zewnątrz. Jeżeli układ nie pasuje do płytki, to trzeba je troche dogiąć. Najłatwiej jest doginać jedną stronę na raz, na przykład o blat stołu. Nie należy doginać nóżek pojedynczo, np. za pomocą obcążków. Nie powinno się też nadmiernie ich rozginać, ponieważ po kilkunastu zgięciach mogą odpaść.

Umieszczając inne elementy w płytce stykowej należy pamiętać, jak połączone są otworki - to znaczy, że jeżeli chcemy połączyć dwa elementy, to ich odpowiednie "nóżki" muszą być umieszczone w tej samej kolumnie. Można też połączyć dwie kolumy otworków ze sobą za pomocą pasujących kabelków.

Na brzegach płytki najczęściej znajdują się podłużne listwy z takimi samymi otworkami, co reszta płytki, pogrupowanymi w grupy 2x5. Niektóre płytki posiadają też nadrukowane kreski oraz znaki + i -. Te listwy służą do doprowadzania zasilania do układu na płytce. Otworki w jednej linii wzdłuż płytki są połączone elektrycznie - tworzą tzw. **szynę zasilania**. Z reguły umieszczane są w parach - jedna szyna

5. Inne z nich to SWD oraz JTAG



Tak umieszczamy układy scalone w płytce stykowej. Dzięki temu każdy z pinów ma połączenie z oddzielną kolumną otworków na płytce.

dla dodatniego napięcia, a druga dla ujemnego (masy).

Jeżeli twoja płytka ma nadrukowane oznaczenia wzdłuż tych szyn, to napięcia zasilania (+ oraz -) z przetwornicy należy podłączać zgodnie z tymi oznaczeniami. Zmniejsza to ryzyko kosztownej pomyłki.

W niektórych płytkach szyny zasilania są rozdzielone w połowie. Należy o tym pamiętać, ponieważ nie ma na to reguły. Możesz sprawdzić czy Twoja płytka ma rozdzielone szyny za pomocą multimetru (w trybie omomierza lub testu przewodnictwa). Pozwoli to uniknąć niespodzianek przy prototypowaniu.

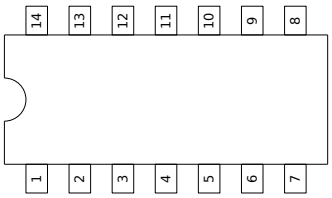
Uwaga

Przed wprowadzaniem jakichkolwiek zmian na płytce stykowej odłącz zasilanie. Pozwoli to uniknąć przypadkowych zwarć i uszkodzeń elementów.

6 Układy scalone

Układy scalone pozwalają szybko i sprawnie konstruować skomplikowane układy elektroniczne przy minimum nakładu i kosztu. Dzięki nim możemy używać gotowych bloków cyfrowych (np. licznik, sumator, bramka logiczna) oraz analogowych (regulator napięcia, wzmacniacz operacyjny, przełączniki anlogowe itp.) zamiast budować je od postaw z **elementów dyskretnych** (transyzstory, oporniki itp.). Produkowane są układy o bardzo różnych stopniach integracji - od bardzo niskich, takich jak np. bramki logiczne, do bardzo wysokich, jak np. gotowe komputery (tzw. SoC - system on a chip).

Układ scalony posiada od kilku do kilkudziesięciu wyprowadzeń które służą do łączenia go z innymi elementami układu elektronicznego. Każde z tych wyprowadzeń pełni określoną funkcję (zasilanie, wejścia, wyjścia itp.). W karcie katalogowej danego układu scalonego wszystkie piny są ponumerowane, nazwane a ich funkcje opisane.



14-pinowa obudowa DIP, widok z góry

Na razie skupimy się na prostszych układach, które możesz umieścić

w swojej płytce stykowej - układach, które produkowane są w obudowach DIP. Charakteryzuje się ona prostopadłymi, szeroko (w porównaniu do innych obudów) rozstawionymi pinami które można łatwo umieścić w płytce stykowej.

W obudowie typu DIP, oznaczenie pinu 1. ma formę wklęsłego wcięcia na jednym z końców układu, lub kropki na narożniku. W przypadku tego drugiego, pin przy którym znajduje się kropka to pin nr 1. W przypadku wcięcia, pin nr 1 to lewy dolny, patrząc na układ obrócony oznaczonym końcem w lewo, napisami na obudowie w Twoją stronę. Kolejne piny liczy się idąc przeciwnie do ruchu wskazówek zegara. Przedstawia to rysunek obok. Przy podłączaniu układu scalonego ważne jest aby nie pomylić numerów pinów (nóżek). Każdy z nich ma z góry określoną funkcję.

Wskazówka

W elektronice do wyrażania wymiarów stosuje się m.in. jednostkę **mil**[a], równą 1/1000 cala. Rozstaw nóżek w obudowie DIP to 100 mili (= 2.54 mm). Taki sam jest również rozstaw otworków na płytce stykowej.

a. zwaną też *thou*, od *thousands of an inch*

7 Wykład wideo

- *Warsztat elektroniczny: pomiary multimetrem* – http://video.opcode.eu.org/07.01.mkv[6]
- *Warsztat elektroniczny: płytka stykowa* – http://video.opcode.eu.org/07.02.mkv[6]
- *Warsztat elektroniczny: lutowanie* – http://video.opcode.eu.org/07.03.mkv[6]
- *Warsztat elektroniczny: moduł STM32* – http://video.opcode.eu.org/07.04.mkv[6]

6. Film bez transkrypcji/napisów. Przepraszamy.

© Matematyka dla Ciekawych Świata, 2020-2021.
© Robert Ryszard Paciorek <rrp@opcode.eu.org>, 2020-2021.
© Krzysztof Lasocki <krz.lasocki@gmail.com>, 2020-2021.
Kopiowanie, modyfikowanie i redystrybucja dozwolone pod warunkiem zachowania informacji o autorach.