



Metronom

Do czego to służy?

Metronom służy do odmierzenia równych odcinków czasu i wybijania rytmu. Przyrząd ten jest powszechnie wykorzystywany przez muzyków podczas gry na instrumencie i pomaga w utrzymaniu tempa podczas grania utworu. Metronom przydatny jest zwłaszcza podczas ćwiczeń, kiedy to oprócz szlifowania techniki gry pracujemy także nad opanowaniem umiejętności trzymania równego tempa.

Klasyczny metronom zbudowany jest na bazie mechanizmu zegarowego o napędzie sprężynowym. Jego drewniana obudowa kształtem zbliżona jest zazwyczaj do piramidy. Od frontu ma charakterystyczne odwrócone wahadło oraz skalę z naniesionymi wartościami tempa, które określają liczbę wychyleń wahadła na minutę. Miara ta odpowiada stosowanej współcześnie nomenklaturze uderzeń na minutę – BPM (ang. Beats Per Minute). Potrzebną wartość tempa ustawia się, regulując położenie ciężarka, umieszczonego wzdłuż ramienia wahadła. Dostępne są również cyfrowe wersje metronomów. W porównaniu do swych mechanicznych odpowiedników, mają zazwyczaj większy zakres podawanego tempa oraz wyposażone są w szereg dodatkowych funkcji.

Metronom prezentowany w artykule może stanowić ciekawą alternatywę dla produktów fabrycznych. Główną cechą wyróżniającą go spośród innych metronomów jest wyświetlacz LED, który zapewnia poprawny odczyt informacji nawet w zupełnej ciemności. Warto również zwrócić uwagę na szeroki zakres generowanego tempa oraz dodatkowe funkcje tj. akcentowanie i kamerton. Dużą zaletą jest także niewielka liczba użytych elementów składowych, co wpływa na niską cenę całości. Cechy metronomu:

- generowanie tempa w zakresie od 15 do 400 uderzeń na minutę (15...400BPM),
- ustawiany akcent w zakresie od 1 do 9,
- kamerton – generowanie tonu odniesienia a1 440Hz,
- 5 różnych trybów pracy metronomu,
- dostępne dwa różne dźwięki metronomu,
- możliwość wzrokowej kontroli tempa,
- potrójny wyświetlacz LED,
- zasilanie bateryjne 2x1,5V.

Jak to działa?

Metronom ma trzy klawisze sterujące: S1, S2 i S3. Funkcje poszczególnych klawiszy oraz strukturę menu użytkownika przedstawia **rysunek 1**. Klawiszem S1 uruchamiamy menu nastaw tempa, klawiszem S2 – menu nastaw akcentu, a S3 – menu nastaw trybu pracy. Chcąc uruchomić wybrane menu nastaw, wciskamy odpowiedni klawisz i czekamy na zaświecenie się diody umieszczonej w prawym dolnym rogu wyświetlacza (kropka przy cyfrze jednostek). Po tym zdarzeniu zwalniamy klawisz. Praca metronomu zostaje wstrzymana i następuje przejście do trybu nastaw. Na ten czas klawisze przyjmują nowe funkcje – zgodnie z rysunkiem 1.

W menu nastaw tempa mamy możliwość ustalenia dowolnej jego wartości z zakresu od 15 do 400BPM. Klawiszem S1 zwiększamy, a S2 zmniejszamy wartość tempa o 1BPM, natomiast dłuższe wciśnięcie zmienia wartość tempa o 10BPM (opcja dla niecierpliwych). Wyjście z menu nastaw tempa z równoczesnym zatwierdzeniem wprowadzonych zmian, możliwe jest po wciśnięciu klawisza S3, lub po odczekaniu kilku sekund. Podobnie wygląda obsługa menu nastaw akcentu, które uruchamiamy klawiszem S2. Ustalamy tu akcent z przedziału od 0 do 9, przy czym 0 oznacza akcentowanie wyłączone. Wyjście i zatwierdzenie wprowadzonych zmian wykonujemy klawiszem S3.

Menu nastaw trybu pracy uruchamiamy klawiszem S3. Po wejściu do menu klawiszem S1 wybieramy 1 z 5 dostępnych trybów pracy: Tryb 1 – ciągła praca wyświetlacza, dźwięk typu 1. Tryb 2 – naprzemienne miganie dwóch skrajnych segmentów wyświetlacza w rytm generowanego tempa, dźwięk typu 1. Tryb 3 – wyświetlacz wygaszony, dźwięk typu 1.



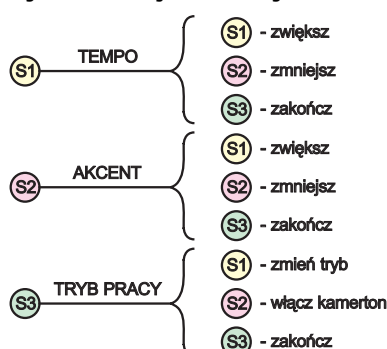
Tryb 4 – ciągła praca wyświetlacza, dźwięk typu 2.

Tryb 5 – wyświetlacz wygaszony, dźwięk typu 2.

Jak widać, dostępne są dwa różne dźwięki metronomu. Dźwięk typu 1 to charakterystyczny stuk, natomiast dźwięk typu 2 to krótki sygnał o częstotliwości kilkuset herców. Mamy także możliwość wyboru jednego spośród trzech trybów pracy wyświetlacza. Praca ciągła – tryb 1 lub 4 oznacza, że podczas pracy metronomu wyświetlana jest wartość tempa. Jest to najnormalniejszy stan, ale też powoduje największe zużycie energii, a co za tym idzie – szybsze rozładowywanie baterii. Dlatego oszczędniej jest korzystać z trybu 3 lub 5, gdzie podczas pracy metronomu wyświetlacz jest wygaszony. Równie oszczędny, ale bardziej praktyczny, jest tryb 2 – dostępny jedynie dla dźwięku typu 1. W trybie tym w rytm tempa migają na przemian dwa skrajne segmenty wyświetlacza. Funkcja ta może być przydatna zwłaszcza do wzrokowej kontroli tempa. Zmiany wprowadzane w każdym z menu nastaw są na bieżąco zachowywane w wewnętrznej pamięci EEPROM mikrokontrolera. Nie ma więc obawy o utratę nastaw po wyłączeniu zasilania metronomu.

W menu nastaw trybu pracy mamy także możliwość skorzystania ze stroika, czyli tzw. kamertonu. Kamerton wydaje ton a1 o częstotliwości 440Hz, który jest pomoc-

Rys. 1 Funkcje klawiszy



ny podczas strojenia instrumentu np. gitary. Dla prawidłowo zestrojonej gitary, dźwięk a1 wydobędziemy, szarpiąc jej najcieńszą strunę – E1, skróconą na piątym progu. Posiadając kamerton, możemy nastroić rozstrojoną strunę E1. Strojenie wykonujemy metodą na słuch – po uruchomieniu kamertonu klawiszem S2, szarpimy strunę równocześnie, strojąc ją tak, aby uzyskać zbieżność dźwięków – dążymy do zaniku dudnień. Pozostałe struny gitary stroimy w odniesieniu do nastrojonej już E1 np. metodą fłażoletów.

Schemat ideowy metronomu znajduje się na **rysunku 2**. Sercem układu jest mikrokontroler ATtiny2313 taktowany za pomocą zewnętrznego rezonatora kwarcowego 4MHz. Program został napisany w asem-

blerze i zajmuje niemal całą 2-kilobajtową pamięć FLASH mikrokontrolera. Listing programu oraz plik HEX dla programatora można pobrać z Elportalu. Wyprowadzenie 1 (FA2) mikrokontrolera skonfigurowane jest jako wejście sygnału RESET, co daje możliwość programowania przez interfejs szeregowy – SPI. Wyświetlacz LED pracuje w trybie multipleksowym. Rezystory: R4...R11 ustalają jasność świecenia poszczególnych segmentów. Wspólne anody wyświetlacza sterowane są bezpośrednio z wyjść mikrokontrolera, bez użycia dodatkowych tranzystorów. Takie uproszczenie było możliwe ze względu na niewielki prąd pobierany przez pojedynczą cyfrę. W stanie świecenia wszystkich siedmiu segmentów łącznie z kropką, wartość ta nie

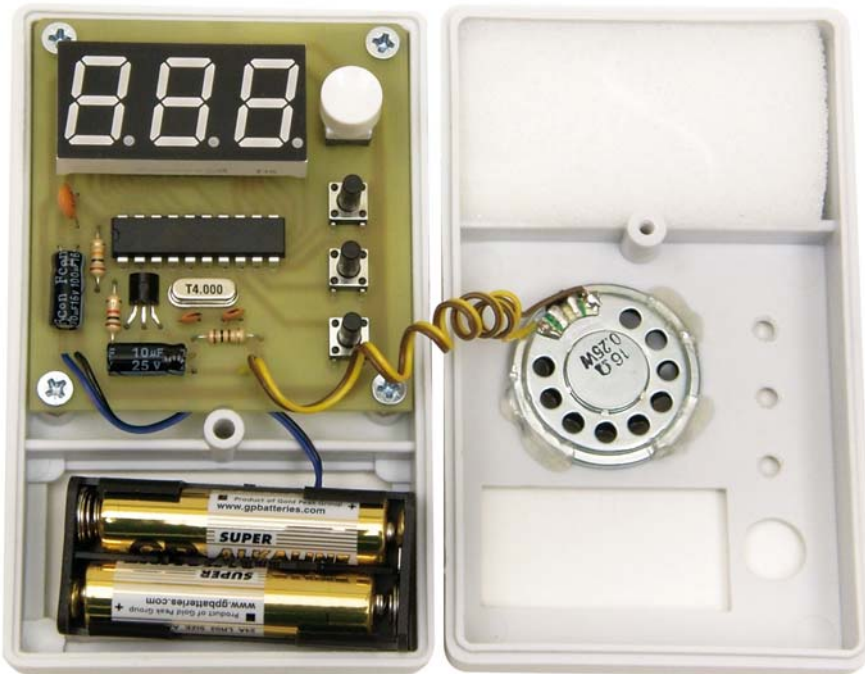
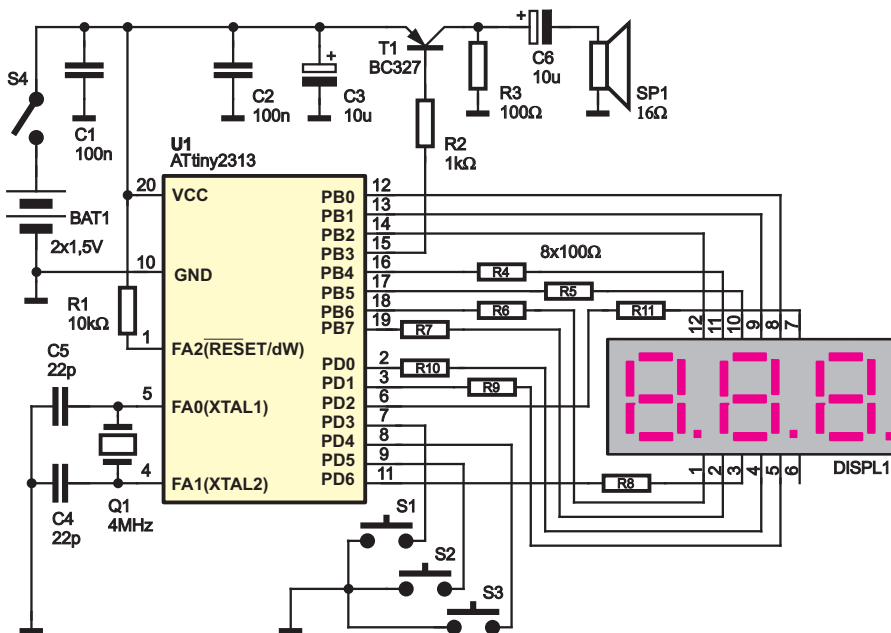
przekracza próg maksymalnej dopuszczalnej obciążalności prądowej pojedynczego wyjścia mikrokontrolera. Głośnik SP1 sterowany jest poprzez tranzystor T1. Kondensator C6 nie dopuszcza, aby na głośniku pojawiła się składowa stała sygnału. Rezystor R3 rozładowuje kondensator C6 w chwilach zatkania tranzystora T1.

Montaż i uruchomienie

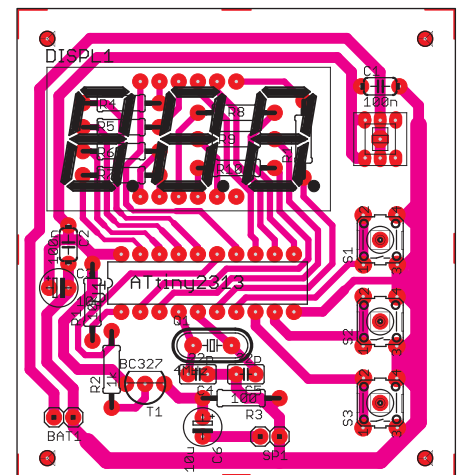
Wzór płytki drukowanej metronomu znajduje się na **rysunku 3**. Niewielka ilość elementów oraz ich małe opakowanie sprawiają, że z montażem nie powinni mieć problemów nawet zupełnie początkujący adepci elektroniki. Montaż przebiega tradycyjnie i rozpoczynamy go od wlutowania wszystkich rezystorów i kondensatorów. Elementy C3, C6 oraz T1 montujemy w pozycji leżącej. Na tym etapie nie lutujemy jeszcze mikrokontrolera oraz wyświetlacza, natomiast zabieramy się do przygotowania obudowy. Najlepiej zaopatrzyć się w obudowę Z-55, pod którą to została zaprojektowana płytka drukowana. Niewielkie rozmiary oraz wydzielone miejsce na baterie sprawiają, iż obudowa ta jest wręcz idealna dla naszego metronomu. Dodatkowa kłapka pozwala na szybką wymianę wyczerpanych baterii bez konieczności użycia śrubokręta.

W pierwszej kolejności należy wykonać niezbędne otwory w obudowie. W tym celu warto przygotować wydruk wzoru płytki drukowanej w skali 1:1, który posłuży do naniesienia punktów pilotujących. Wydruk przykładamy do czolowej części obudowy i ostrym narzędziem zaznaczamy punkty pod przyciski: S1, S2, S3, włącznik S4 oraz cztery punkty na wierzchołkach wyświetlacza. Ważne jest, aby podczas tego zabiegu wydruk był przyłożony centralnie w takim samym miejscu, w jakim będzie znajdować się płytka przykręcona wewnątrz obudowy. W przeciwnym razie wywiercone później otwory mogą nie pasować w wystające kolki przycisków i włącznika. Naniesione punkty rozwiercamy początkowo wiertłem o średnicy 1mm.

Rys. 2



Rys. 3



Bity	Wartość	Opis
CKSEL3..1	110	Zewnętrzny kwarc f=4MHz
CKDIV8	1	Wyłącz podział f/8
BODLEVEL2..0	110	Włącz BOD dla 1.8V

Tab. 1

Otwory pod przyciski oraz włącznik rozwieramy na odpowiednio większe średnice. Następnie wycinamy prostokątny obszar pod wyświetlacz. Można to zrobić, rozwierając go obwód prostokąta bądź wypalając go lutownicą. Oczywiście należy zostawić niewielki zapas, aby można było później wyrównać pilnikiem powstałe nierówności. W części czołowej obudowy wierzemy także otwory dla głośnika.

Po wykonaniu wszystkich niezbędnych otworów przykręcamy płytkę wewnątrz obudowy za pomocą wkrętów. Głośnik przyklejamy przy użyciu niewielkiej ilości kleju na gorąco. Następnie skręcamy obudowę i sprawdzamy, czy kołki przycisków i włącznika wystają lekko ponad poziom obudowy, tak by była możliwość ich swobodnego wciskania. Najprawdopodobniej wysokość kołków okaże się niewystarczająca, dlatego trzeba będzie je przedłużyć. Alternatywą może być podwyższenie płytki drukowanej za pomocą dodatkowych dystansów – tak jest to zrobione w prototypie widocznym na fotografiach. Niestety zabieg ten zmniejszył ilość wolnej przestrzeni wewnątrz obudowy i z tego powodu nie było możliwe jej domknięcie. Rozwiązaniem problemu okazało się zrezygnowanie z podstawki pod mikrokontroler. Kiedy już uzyskamy odpowiednią wysokość przycisków i włącznika, zabieramy się do montażu wyświetlacza. W prototypie wyświetlacz został zamontowany za pomocą podstawki 2x6pin zrobionej z dostępnej na rynku listwy precyzyjnej 1x32pin. Takie rozwiązanie zwiększyło wysokość wyświetlacza w stosunku do płytki drukowanej, dzięki czemu został on idealnie wpasowany w otwór w obu-

dowie. Podstawka pozwala na szybki demontaż wyświetlacza np. w przypadku, gdy chcielibyśmy zamienić go na typ o innym kolorze świecenia.

Metronom zasilany jest z dwóch baterii 1,5V lub dwóch akumulatorów 1,2V o rozmiarze R3 (małe paluszki). Należy zaopatrzyć się w koszyk na dwa takie ogniwa, który pozwoli na szybką wymianę wyczerpanych baterii, bez konieczności użycia lutownicy. Do zasilania można w zasadzie wykorzystać dwa paluszki R6, jednak ze względu na większe gabaryty, najprawdopodobniej pojawi się problem z ich wymianą przez otwór z klapką. Koszyk z bateriami łączymy z płytką za pomocą odcinka przewodu dwużyłowego, pamiętając przy tym o zachowaniu prawidłowej polaryzacji napięcia zasilającego.

Możliwość zmian

Na płycie drukowanej metronomu nie znalazło się niestety miejsce na złącze ISP do szybkiego programowania mikrokontrolera w układzie. Mikrokontroler należy więc zaprogramować za pomocą zewnętrznego programatora. W prosty sposób można jednak wyprowadzić złącze ISP przy użyciu kilku przewodów i listwy goldpinów. Tak wykonane przyłącze ISP pozwoli programować mikrokontroler bez konieczności wyjmowania go z podstawki. Zainteresowanych odsyłam do Internetu, gdzie bez problemu można znaleźć schematy połączeń dla programatorów szeregowych. Podczas programowania należy pamiętać o odpowiednim skonfigurowaniu fusebitów mikrokontrolera ATtiny2313 – tabela 1.

Użyty wyświetlacz LED dostępny jest w dwóch kolorach świecenia: czerwonym i zielonym. Jeśli ktoś chciałby użyć tego drugiego, to dla uzyskania zadowalającej jasności świecenia w miejsce R4...R11 należy włutować rezystory o mniejszej wartości np. 68Ω.

Wykaz elementów

Rezystory

R1	10kΩ
R2	1kΩ
R3-R11	100Ω

Kondensatory

C1,C2	100nF
C3,C6	10μF
C4,C5	22pF

Półprzewodniki

U1	ATtiny2313 (ATtiny2313V)
T1	BC327
DISPL1	wyświetlacz potrójny LED 14,2mm wspólna anoda, symbol: LED3-AT-05636BMR-B PBF lub zamiennik: TOT-5362BMR-B

Pozostałe

Q1	rezonator kwarcowy 4MHz niski
S1-S3	μswitch pionowy
S4	przycisk bistabilny PS-D15
SP1	głośnik mini 30mm 16Ω
BAT1	2 baterie 1,5V lub 2 akumulatory 1,2V
Obudowa Z-55	

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2926.

W roli włącznika S1 występuje miniaturowy przycisk bistabilny o symbolu PS-D15. W przypadku problemu z jego zdobyciem należy we własnym zakresie zaadaptować inny miniaturowy włącznik np. suwakowy.

Według noty katalogowej, najniższa dopuszczalna wartość napięcia zasilania mikrokontrolera ATtiny2313 wynosi 2,7V. W praktyce okazuje się jednak, że poprawne działanie możliwe jest już od ok. 2,3V. Fakt ten pozwala wykorzystać w roli zasilania dwa połączone szeregowo akumulatory 1,2V. Jeśli ktoś chciałby zasilać metronom jeszcze niższym napięciem, to powinien zastosować wersję mikrokontrolera o obniżonym napięciu zasilania – ATtiny2313V, który pracuje już od 1,8V.

Patryk Ziewicz
patele@wp.pl