



**Najważniejsze parametry:**

- odbiór stereofoniczny audycji nadawanych analogowo w paśmie CCIR (87,5...108 MHz) z modulacją częstotliwościową (FM),
- wbudowany wzmacniacz głośnikowy 2x1 W (8 Ω, 9 V) z regulacją głośności za pomocą potencjometru,
- wyjście liniowe audio,
- prosty wskaźnik siły sygnału,
- zapamiętywanie jednej stacji w nieulotnej pamięci EEPROM,
- wyszukiwanie stacji zarówno w dół skali, jak i w górę,
- pobór prądu 20...500 mA,
- zasilanie napięciem statym 9 V (lub 5 V – po niewielkiej modyfikacji).

\* **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:

**Dodatkowe materiały do pobrania ze strony [www.ulubionykiosk.pl/media](http://www.ulubionykiosk.pl/media)**

- AVT5810 Miniaturowy odbiornik FM (EP 10/2020)
- Projekt 242 Moduł tunera radiowego FM (EP 4/2019)
- AVT5627 radioBox – miniaturowy odbiornik radiowy dla aktywnych (EP 5/2018)
- AVT5540 Radioodbiornik dla każdego (EP 5/2016)
- Radio – radioodbiornik stereofoniczny z RDS-em (EP 08/2015)
- AVT5401 PocketRadio – radioodbiornik kieszonkowy z RDS (EP 6-7/2013)
- AVT5317 Lampowo-tranzystorowy odbiornik UKF (EP 11/2011)
- AVT5242 Radioodbiornik internetowy (EP 7/2010)
- AVT5016 Amplituner FM z RDS (EP 6-7/2001)
- AVT2469 Odbiornik UKF FM (EdW 1/2001)
- AVT2330 Miniaturowy odbiornik FM stereo (EdW 2/1999)

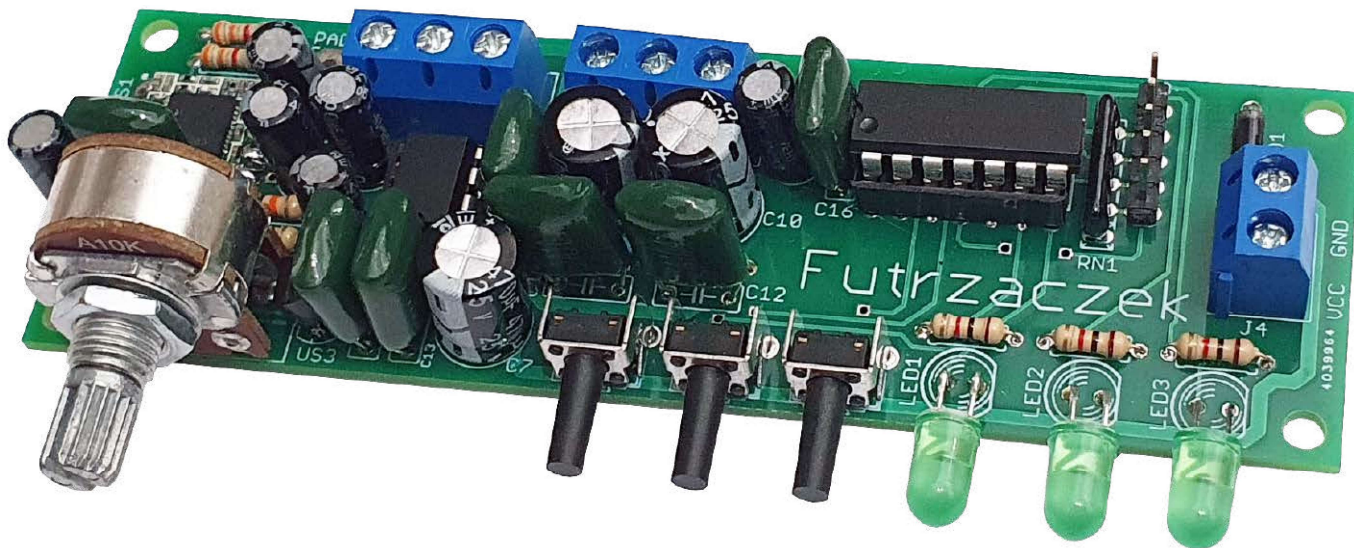
- **wersja [C]** – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB),
  - **wersja [A]** – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji.
- Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- **wersja [A+]** – płytkę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

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

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

W ofercie AVT\*

**AVT6060**



# Bardzo prosty odbiornik UKF FM

Proste radyjka na zakres UKF, które radioamatorzy budowali jeszcze kilkanaście lat temu, wymagały specjalistycznych przyrządów do zestrojenia. Nawet te bardzo proste odbiorniki, na przykład superreakcyjne, wymagały nawijania cewek. Teraz każdy może sam zbudować swój prosty odbiornik UKF FM, który jednocześnie będzie bardzo praktyczny i intuicyjny w obsłudze.

Kilkadziesiąt lat temu zbudowanie własnego odbiornika radiowego wymagało przebrnięcia przez instrukcję, która zawierała określenia w stylu: L1 = 270 zwojów DNE 0,18 na karkasie o średnicy 6 mm. Im wyższa była częstotliwość pracy urządzenia, tym (pozornie!) prostsze wydawało się zadanie, gdyż malała liczba zwojów i drut

nawojowy stawał się grubszy. Tak naprawdę jednak utrzymanie tej cewki w ryzach wcale nie było proste. Drut się gwał, a zwoje były nierówno rozłożone, co finalnie przekładało się na problemy z zestrojeniem. Generalnie – trudny temat.

Owszem, istniała wtedy (i istnieje po dzień) spora rzesza elektroników, którym

nawijanie cewek nie przeszkadza, ba, nawet traktują to jako swoisty smaczek – coś innego niż zwyczajne lutowanie. Panie i panowie – macie mój szacunek, naprawdę! Zaś tych, którzy chcą sami posłuchać, co w eterze piszczy, ale „kręcenie” własnych cewek po prostu nie kręci, zapraszam do lektury opisu niniejszego urządzenia.

## Budowa układu

Schemat ideowy omawianego urządzenia znajduje się na **rysunku 1**. Jako pierwszy blok można z pewnością wyróżnić na nim moduł z układem TEA5767. Ta niewielka płytka wykonuje za nas całą czarną robotę, a co jeszcze lepsze – steruje się nią w pełni

**Wykaz elementów:**

**Rezystory:** (THT o mocy 0,25 W)

- R1, R2: 10 kΩ
- R3, R4: 4,7 Ω
- R5...R7: 1 kΩ
- R8, R9: 3,3 kΩ
- RN1: 4 × 10 kΩ SIL5
- P1: 2 × 10 kΩ logarytmiczny (na panel)

**Kondensatory:**

- C1, C8, C11...C14, C16: 100 nF (raster 5 mm, MKT)

- C2...C6, C15: 100 µF 16 V (raster 2,5 mm)
- C7, C9, C10: 470 µF 25 V (raster 3,5 mm)

**Półprzewodniki:**

- D1: 1N5819
- LED1...LED3: zielona 5 mm matowa (np. LED F5 G)
- U1: moduł z TEA5767
- U2: TDA2822M (DIP8)
- U3: 78L05 (TO92)
- U4: ATTiny24A-PU (DIP14)

**Pozostałe:**

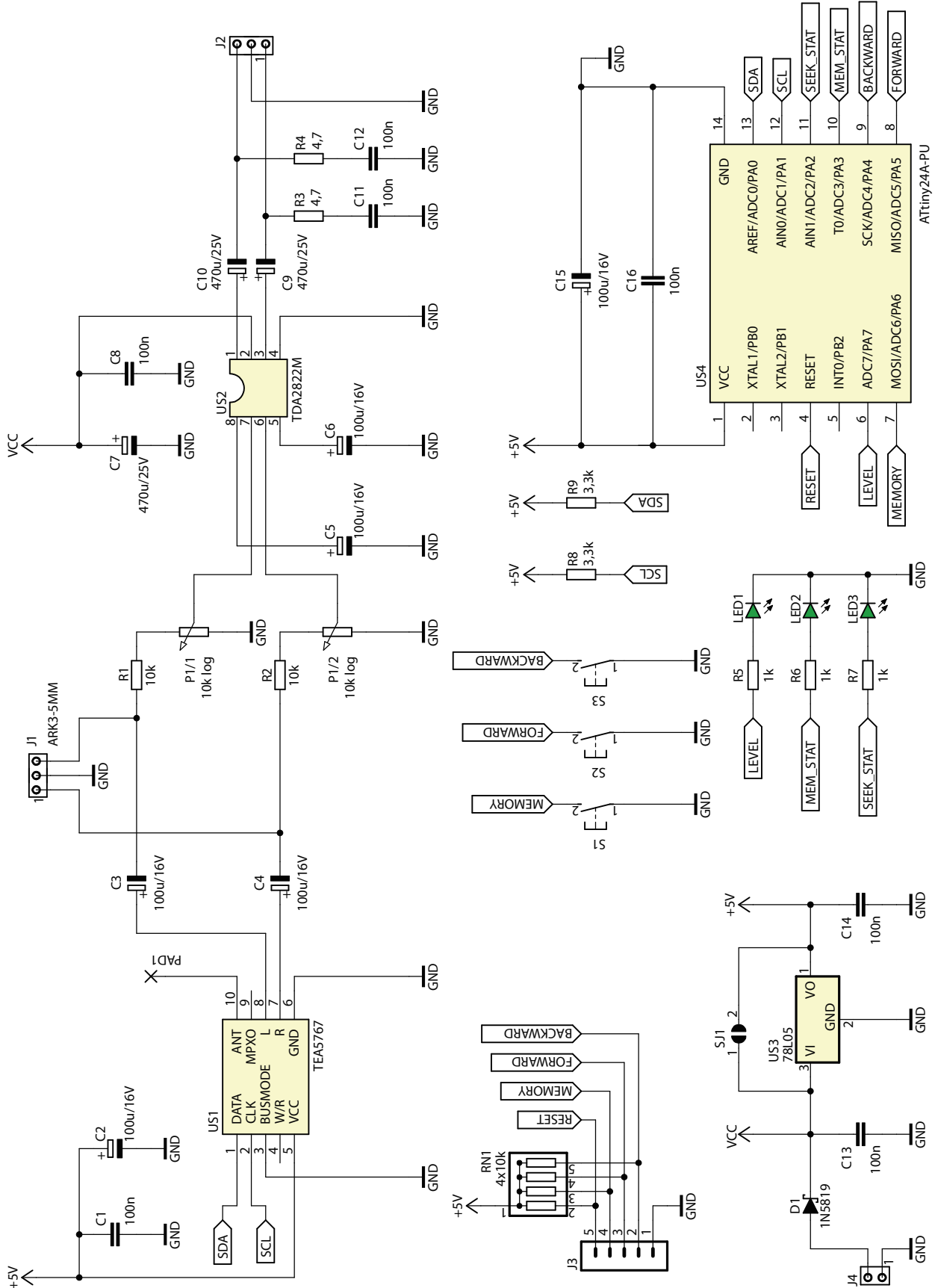
- J1, J2: ARK3 (5 mm)
- J3: goldpin 5 pin męski (2,54 mm, THT)
- J4: ARK2 (5 mm)
- S1...S3: microswitch 6×6 kątowy (MIKROSW 6 K9)
- Jedna podstawa DIP8
- Jedna podstawa DIP14
- Antena radiowa (opis w tekście)

cyfrowo. Schemat blokowy modułu pokazuje **rysunek 2**.

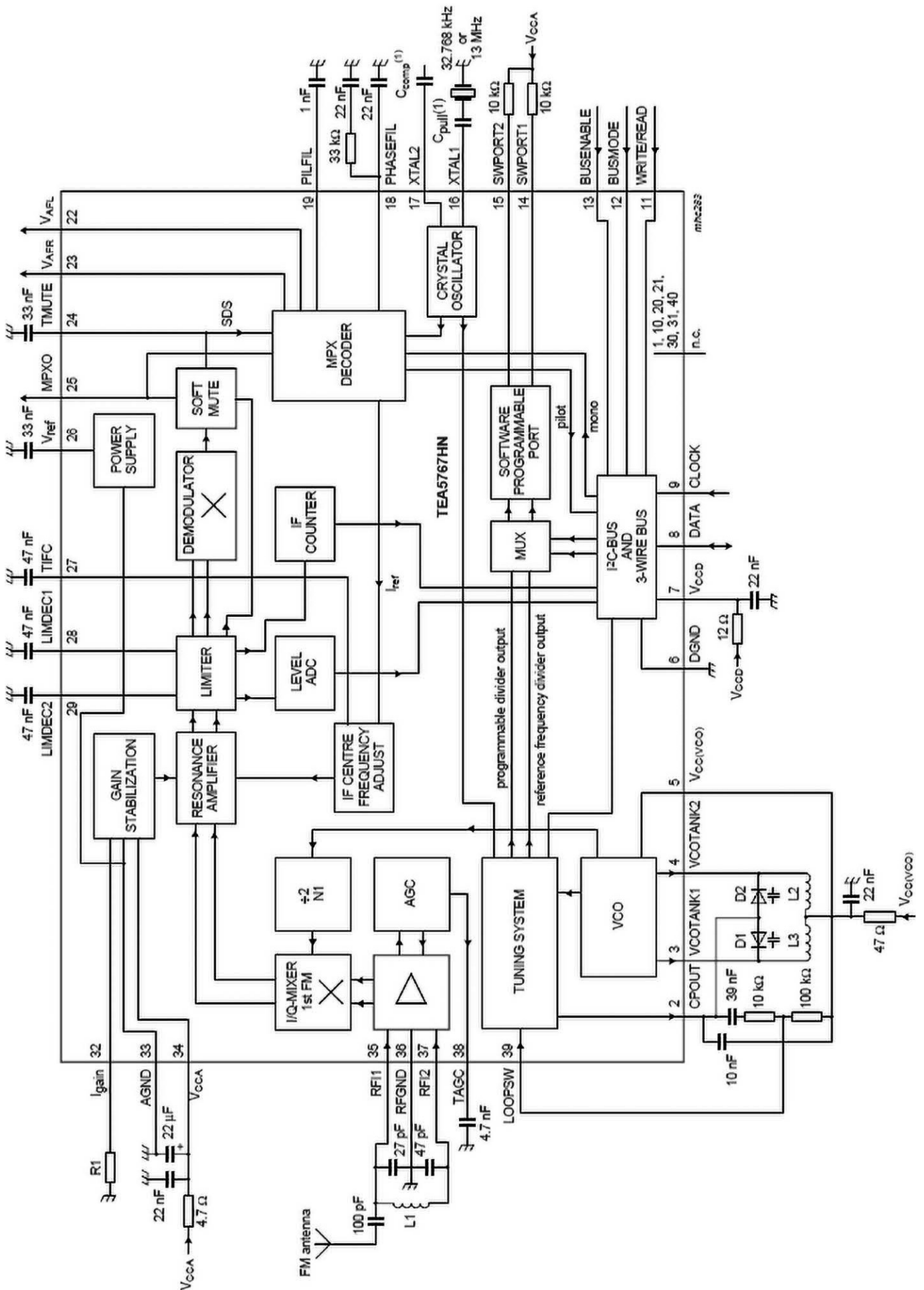
Na wejściu sygnału w.cz. (którego źródłem jest antena) znajdują się: obwód rezonansowy o niskiej dobroci (z cewką L1) oraz szerokopasmowy wzmacniacz wielkiej

częstotliwości, którego wzmacnienie jest regulowane automatycznie (AGC). Cyfrowy system strojenia, będący niczym innym, jak generatorem na bazie pętli synchronizacji fazowej (PLL), wytwarza sygnał heterodyny, korzystając z oscylatora przestrajanego na

pięciowo (VCO). Częstotliwość wzorcowa dla tego generatora jest ustalona przez dołączony z zewnątrz rezonator kwarcowy o częstotliwości 32768 Hz lub 13 MHz – w przypadku omawianego modułu prawdziwa jest pierwsza z dwóch wymienionych wartości



Rysunek 1. Schemat ideowy bardzo prostego odbiornika UKF FM



Rysunek 2. Schemat blokowy układu TEA5767

(zastosowano niewielki, cylindryczny kwarc zegarkowy).

Wzmocniony sygnał wielkiej częstotliwości oraz wytworzony przez VCO sygnał heterodyny trafiają do mieszacza kwadraturowego (I/Q). Obie powstałe w nim składowe (synfazowa I oraz kwadraturowa Q) są wzmacniane przez wzmacniacz rezonansowy, który jest niczym innym, jak znanym z typowego układu superheterodyny wzmacniaczem pośredniej częstotliwości. Z tym ostatnim z kolei współpracuje ogranicznik sygnału, eliminujący niepożądaną modulację amplitudy. Przy nim znajduje się również przetwornik A/C mierzący aktualną siłę sygnału radiowego poprzez określenie jego średniej amplitudy.

Sygnał, po opuszczeniu ogranicznika amplitudy, poddawany jest demodulacji, a następnie trafia na dekodery stereo. W zależności od warunków może on pracować lub nie, ponieważ obiór stereofoniczny wymaga sygnału o lepszej jakości. Całość działa zatem jak klasyczny odbiornik superheterodynowy, z tą różnicą, że zdecydowana większość jego układu została zintegrowana na jednym płasku krzemu.

Wszystkie znajdujące się na prezentowanym schemacie cewki zostały przygotowane, przylutowane i zestrojone przez producenta modułu. Nam pozostaje jedynie przylutować dziesięć pól lutowniczych, które są wyprowadzone na dwóch bocznych krawędziach tegoż modułiku. Pole lutownicze PAD1 przewidziane jest do podłączenia anteny – o czym dalej.

Otoczenie modułu okazuje się bardzo proste: wymaga on dostarczenia zasilania DC oraz cyfrowego sygnału sterującego. Ów sygnał to pięć bajtów przesyłanych magistralą I<sup>2</sup>C. Rezystory R8 i R9 podciągają linie sygnałowe do dodatniego potencjału zasilającego (około +5 V). Na wyjściach zdemodulowanego sygnału małej częstotliwości istnieje składowa stała, toteż kondensatory C3 i C4 odcinają ją. Voilà, oto cała magia czulego odbiornika radiowego sprowadzona do kilku prostych podzespołów.

Wbudowany w płytce wzmacniacz audio został zrealizowany przy użyciu starego już układu TDA2822M, którego aplikacja jest bardzo prosta, zaś parametry – wystarczające do zastosowania go w odbiorniku

określanym jako „prosty”. Amplituda sygnału wychodzącego z TEA5767 pozostaje na tyle wysoka, że bez problemu przesterowuje wejście tego stereofonicznego wzmacniacza mocy. Rezystory R1 i R2 – w połączeniu z rezystancją ścieżek oporowych potencjometru P1 – tworzą dzielnik napięciowy, tłumiący poziom sygnału wejściowego o około 6 dB.

Kondensatory C5 i C6 są wymagane przez notę katalogową układu TDA2822M do jego poprawnej pracy. Ich rola polega na zwieraniu do masy wejść odwracających, lecz tylko dla sygnału – stąd użycie kondensatorów, a nie po prostu podłączenie do masy. Na wyjściach znajduje się składowa stała, którą separują od głośników kondensatory C9 i C10. Szeregowe obwody RC (C11+R3 i C12+R4) stanowią tzw. obwody Zobla, zaś ich zadaniem jest obciążanie stopni wyjściowych dla składowych o wysokiej częstotliwości – czyli tych, przy których reaktancja indukcyjna cewki głośnika staje się już bardzo wysoka.

Jeżeli ktoś chce użyć wzmacniacza audio innego niż wbudowany, może pobrać zdemodulowany sygnał analogowy z zacisków złącza J1. Wtedy jednak nie będzie dostępna regulacja głośności za pomocą znajdującego się na płytce potencjometru P1.

Pracą modułu TEA5767 steruje prosty i tani mikrokontroler typu ATtiny24-PU. Ma niewiele pamięci programu, lecz okazuje się ona wystarczająca do realizacji tego projektu. Procesor można programować w układzie, bez wyciągania z podstawki, poprzez złącze J3 (to na nie zostały wyprowadzone linie sygnałowe interfejsu ISP). Linie przeznaczone do programowania zostały dodatkowo podciągnięte do potencjału +5 V, aby zlikwidować problem gromadzenia się na nich ładunków elektrostatycznych oraz aby zmniejszyć ich impedancję dla zakłóceń elektromagnetycznych. Dodatkowo owe trzy linie zostały zaprzęgnięte do sprawdzania stanu przycisków monostabilnych S1...S3.

Użytkownik, poza przyciskami do sterowania odbiornikiem radiowym, ma do dyspozycji również trzy diody LED sterowane przez mikrokontroler. Rezystory R5...R7 ograniczają ich prąd przewodzenia do około 3 mA, co stanowi wartość wystarczającą do wyraźnego świecenia, zwłaszcza w przy-

padku diod zielonych (na tę barwę ludzkie oko jest najbardziej wyczulone). Zasilanie do układu doprowadzają zaciski złącza J4. Dioda D1 chroni podzespoły przed uszkodzeniem w razie odwrotnego podłączenia zewnętrznego zasilacza. Stabilizator 78L05 dostarcza napięcia 5 V do modułu radiowego oraz mikrokontrolera, zaś wzmacniacz mocy jest zasilany wprost z katody D1.

## Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 110 mm × 35 mm. Wzór jej ścieżek oraz schemat montażowy pokazuje **rysunek 3**. Wszystkie cztery otwory montażowe mają średnicę 3,2 mm i zostały umieszczone w odległości 3 mm od krawędzi płytki.

Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli modułu radiowego US1 oraz rezystorów. Pod układy US2 i US4 proponuję zastosować podstawki, aby ułatwić wymianę któregoś z nich (w razie uszkodzenia) – oraz programowanie mikrokontrolera. W układzie prototypowym diody LED1...LED3 zostały wlutowane na zgitych nóżkach, aby mogły wystawać przez przednią ściankę obudowy – tak jak klawisze przycisków S1...S3 i oś potencjometru P1. Zmontowany układ można zobaczyć na **fotografii tytułowej**.

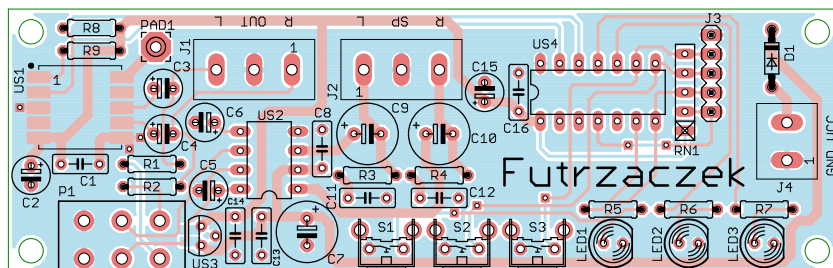
Na etapie uruchamiania konieczne jest zaprogramowanie pamięci Flash mikrokontrolera dostarczonym wsadem oraz zmiana jego bitów zabezpieczających. Oto ich nowe wartości:

Low Fuse = 0xE2

High Fuse = 0xD8

Szczegóły są widoczne na **rysunku 4**, który zawiera widok okna konfiguracji tychże bitów w programie BitBurner. W ten sposób zostanie uruchomiony wewnętrzny generator RC o częstotliwości 8 MHz (a dokładniej: wyłączony prescaler przez 8) oraz Brown-Out Detector, który prowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej 4,3 V. Taki zabieg znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się mikrokontrolera podczas uruchamiania.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po podłączeniu zasilania



Rysunek 3. Schemat płytki PCB



Rysunek 4. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających

do zacisków złącza J4. Powinno to być napięcie stałe, dobrze filtrowane, najlepiej stabilizowane – na przykład z zasilacza wtyczkowego. W podstawowej wersji układu, z wlutowanym stabilizatorem US3, powinno ono wynosić 9 V. Górny limit tego napięcia, wyznaczony przez układ TDA2822M, sięga 15 V, lecz przy tak wysokim napięciu zasilającym i pracy z niskoomowymi głośnikami dojdzie do przegrzania wzmacniacza. W tych warunkach rekomenduję użycie głośników o impedancji 8 Ω, a najlepiej jeszcze większej. Maksymalna moc wyjściowa powinna wynosić 1 W na kanał. Pobór prądu zależy od aktualnego wysterowania i może zawierać się w przedziale od 20 mA do nawet 500 mA (przy głośnikach 8 Ω).

Można też pominąć stabilizator 78L05 i cały układ zasilać napięciem stabilizowanym o wartości 5 V, na przykład z ładowarki USB. Wzmacniacz mocy znajdujący się na płytce jest przystosowany do pracy w takich warunkach, co więcej: można będzie zastosować głośniki o niższej impedancji obciążenia, na przykład 4 Ω, bez ryzyka jego przegrzania. W tym celu trzeba wylutować US3 i zewrzeć kropłą cyny dwa prostokątne pola lutownicze SJ1, które znajdują się na spodniej stronie płytki. Wówczas na cały układ trafi napięcie pochodzące wprost z zasilacza. Pobór prądu

będzie zawierać się w takich samych granicach (dla głośników 4 Ω), choć moc wyjściowa może być o około 50% niższa niż w poprzednim wariantcie.

Gdyby wbudowany wzmacniacz nie był nikomu do szczęścia potrzebny, można skoryzować z innego, zewnętrznego – wtedy konieczne okaże się zastosowanie stabilizatora US3, lecz warto przy tym wyjąć z podstawki układ US2. Napięcie zasilające może wynosić 9...24 V, zaś pobór prądu będzie stały i wyniesie około 15 mA, niezależnie od wysterowania. Jeżeli zaś do dyspozycji jest gotowe napięcie 5 V, wówczas można US3 pominąć (wylutować) i zewrzeć jego wejście z wyjściem zworką SJ1.

Jako anteny odbiorczej można użyć odcinka miedzianego przewodu w izolacji, który należy przylutować do pola lutowniczego PAD1, zlokalizowanego nieopodal modułu US1. Najlepiej, aby jego długość wynosiła około 1,5 m (lub połowę tej wartości, jeżeli nie ma warunków na użycie przewodu półtorametrowego). Można też użyć przeznaczonej specjalnie do zakresu UKF anteny teleskopowej.

Zaraz po włączeniu zasilania układ odczytuje częstotliwość stacji zapisanej w pamięci EEPROM. Jeżeli pamięć jest pusta lub wystąpi błąd odczytu, ustawiona zostanie najniższa możliwa częstotliwość dla

tego zakresu (87,5 MHz). Przeszukiwać pasmo można zarówno w górę (wciskając na chwilę S2), jak i w dół (po naciśnięciu S3). W trakcie wyszukiwania odpowiednio silnych stacji dioda LED3 świeci się, po zakończeniu wyszukiwania – gaśnie.

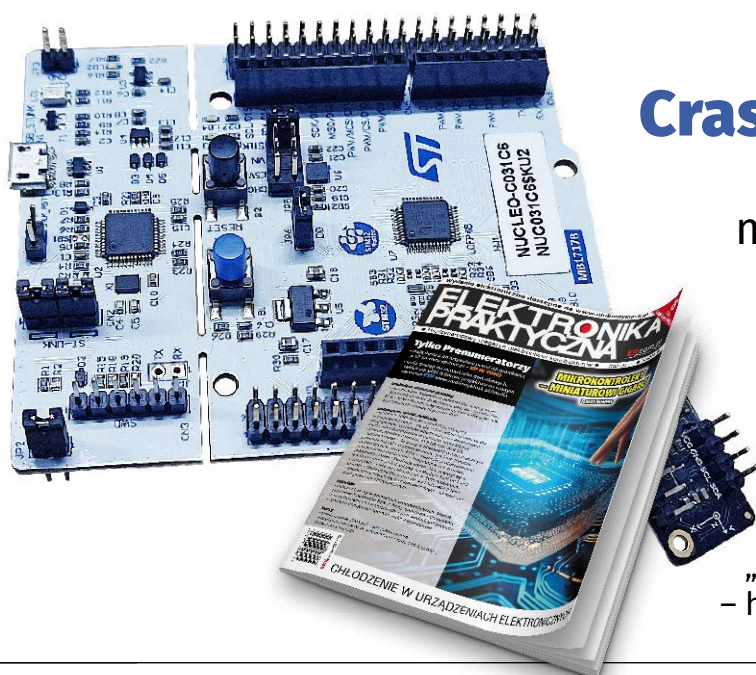
Jasność świecenia diody LED1 wskazuje na poziom odbieranego sygnału. Układ rozróżnia 16 wartości siły sygnału, zaś wypełnienie sygnału PWM sterującego diodą rośnie logarytmicznie, zatem można wyraźnie zauważyć przyrost lub spadek jasności świecenia. Ten prosty wskaźnik siły sygnału jest odświeżany po każdym wyszukiwaniu stacji oraz cyklicznie (co 5 sekund) w trakcie pracy układu.

Przycisk S1 służy do obsługi pamięci stacji. Jeśli zostanie na chwilę wciśnięty i zwolniony, układ bezwarunkowo ustawi częstotliwość zapisanej stacji. Jeżeli zaś wciśnięcie będzie trwało dłużej niż 1 sekundę, układ zapisze tę częstotliwość do pamięci EEPROM. W sytuacji, gdy aktualnie ustawiona częstotliwość pokrywa się z zapisaną w pamięci, świeci się dioda LED2 – będzie się zatem świeciła zaraz po włączeniu zasilania, po użyciu przycisku S1 oraz kiedy wyszukiwanie stacji natrafi na tę już wcześniej zapamiętaną.

Michał Kurzela, EP

REKLAMA

Programowanie prostszych mikrokontrolerów (np. AVR, PIC, MSP430 czy też przestarzałych już 8051 bądź HCS08) bez użycia bibliotek, tj. przy wykorzystaniu samych tylko plików nagłówkowych z definicjami rejestrów i zawartych w nich bitów, jest raczej naturalną konsekwencją nieskomplikowanej architektury tych procesorów. Bardziej rozbudowane układy – w szczególności te oparte na rdzeniach ARM – są zwykle nieporównanie trudniejsze do opanowania na niskim poziomie abstrakcji, stąd większość programistów systemów wbudowanych korzysta w swojej codziennej pracy z bibliotek. Niniejszy kurs ma na celu pokazanie innej ścieżki rozwoju i – mamy nadzieję – przekona przynajmniej część spośród naszych Czytelników do zaprzyjaźnienia się z wymagającą, ale niezwykle wartościową metodą programowania układów STM32.



## Crash Course STM32C0

– programowanie mikrokontrolerów ARM w rejestrach

Kupisz i przeczytasz w marcowym wydaniu „Elektroniki Praktycznej” – <https://ulubionykiosk.pl>

