

Przenośny odbiornik radiowy FM

Każdy elektronik (konstruktor-amator) lubi się otaczać rzeczami, które sam wykonał. Stąd najczęściej wykonywane projekty to zegary, timery, piloty oraz radia. Radia sprawiają wszystkim młodym najwięcej problemów, ale późniejsze, ciągłe ich używanie rekompensuje wszystkie przekleństwa rzucone na układ podczas jego uruchamiania. W tym artykule chciałbym zaproponować wszystkim budowę przenośnego cyfrowego „tunerka” stereo. Jego budowa jest stosunkowo prosta, bardzo funkcjonalna oraz przede wszystkim oparta na łatwo dostępnych elementach. Do jego wykonania potrzebne są chęci, chęci, jeszcze raz chęci, trochę pieniędzy, komputer z BASCOM'em (jeżeli ktoś chce mieć własne powitanie ukazujące się na wyświetlaczu po włączeniu układu).

Więć do dzieła.

Rekomendacje:

opisany w artykule tuner na pewno zaciekawi osoby interesujące się współczesną radiotechniką. Nowoczesne układy scalone pozwalają, w stosunkowo prosty sposób, wykonać część odbiorczą radia. Jest to dobry punkt startowy zwłaszcza dla osób ze stosunkowo mniejszym doświadczeniem.



Najpierw o możliwościach

Zmontowany układ ma następujące wymiary: 105x90x25 mm, jest zasilany z czterech akumulatorów-paluszek, czas pracy uzależniony jest od pojemności akumulatorów.

Układ w najprostszej wersji jest obsługiwany za pomocą dwóch klawiszy, pozwalających tylko na zmianę wcześniej zaprogramowanych stacji (o tym w dalszej części).

Układ w pełnej wersji jest obsługiwany za pomocą czterech klawiszy, pozwalających na programowanie stacji (do 20), wprowadzanie i zapamiętywanie ich nazw, zmianę stacji (numeru programu) oraz zmianę trybu pracy tunerka. Wszystkie potrzebne rzeczy (stan pracy) oraz aktualna częstotliwość ewentualnie nazwa odbieranej stacji są wyświetlane na wyświetlaczu LCD 16x2. Po zastosowaniu pilota w słuchawkach pochodzących z drogiego, ale bardzo szybko psującego się walkmana nasz tuner jest zdalnie sterowany. Wystarczy przyciski w pilocie podłączyć równolegle do odpowiednich przycisków w układzie i gotowe, a jeśli pilot był troszeczkę bardziej zaawansowany to należy tylko zmienić jego płytkę.

Wszystkie parametry układu oraz zaprogramowane pamięci przechowywane są w nieulotnej pamięci EEPROM, więc wyłączenie układu niczym nie grozi.

Opis układu

W budowie tunerka można wyróżnić kilka podstawowych bloków:

Część analogowa

Blok wielkiej częstotliwości oparty na układzie SANYO LA1185, wzmacniacz pośredniej częstotliwości (10,7 MHz) oparty na układzie TOSHIBA TA8122AF (można go wyciągnąć ze starego walkmana np. AIWA), wzmacniacz częstotliwości akustycznych oparty na układzie TDA7050.

Część cyfrowa

Sterownik oparty w najprostszej wersji na procesorze AT89C2051, syntezer częstotliwości SAA1057, pamięć EEPROM AT24C04, wyświetlacz LCD 16x2, lepiej bez podświetlania ze względu na źródło zasilania.

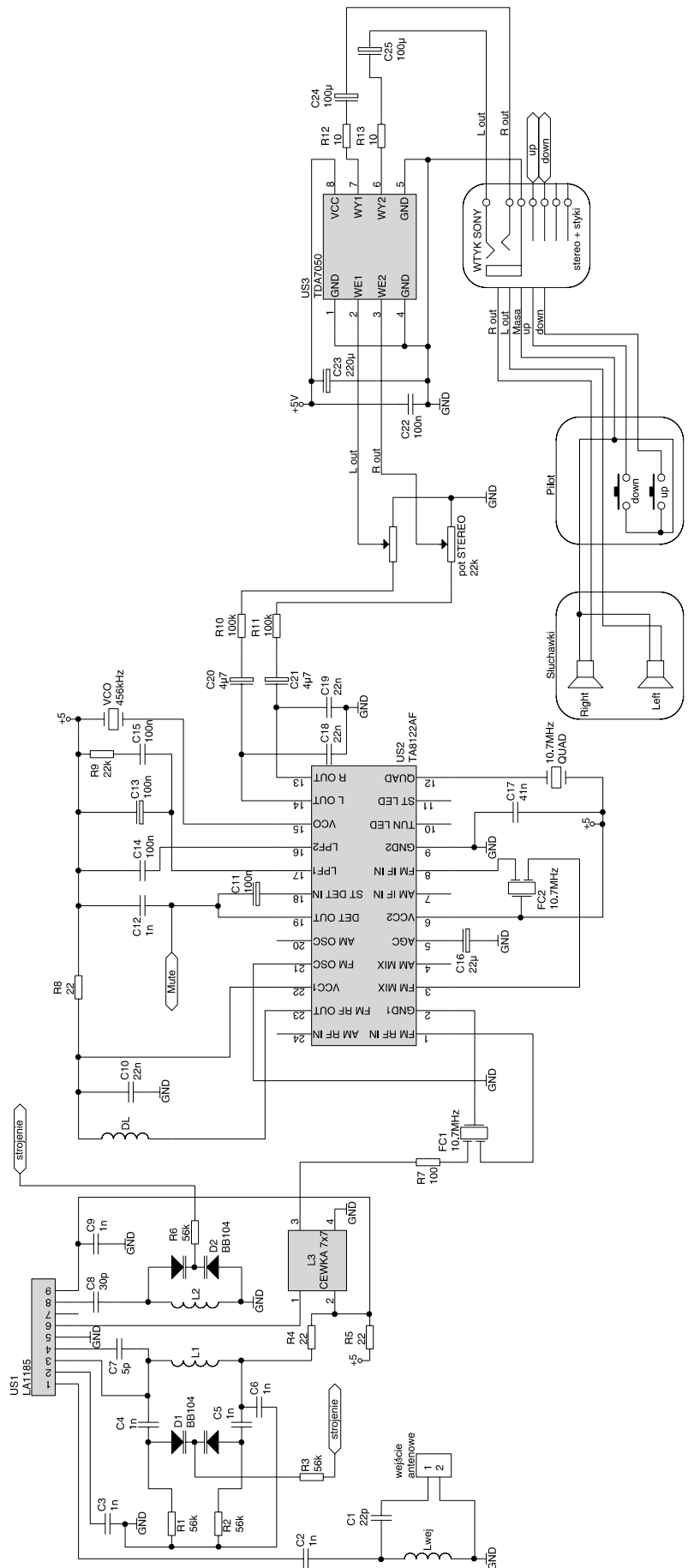
Blok w.c.z. (**rys. 1**) jest oparty na układzie LA1185, który zapewnia dobre parametry jakościowe oraz charakteryzuje się: napięciem zasilania 1,5...8 V, poborem prądu max. 8 mA, zawiera wszystkie potrzebne dla głowicy UKF bloki tj. wzmacniacz wejściowy, generator, mieszacz i źródło napięcia odniesienia. To wszystko mieści się w obudowie SIP9 (**rys. 2**). Sygnał z anteny, np. radio zet 93,6 MHz kierowany jest do wzmacniacza w.c.z. w układzie LA1185 (wypr.1), następnie jest mieszany z częstotliwością wbudowanego generatora (wypr. 8) w wyniku czego na wyjściu układu występuje sygnał o

częstotliwości pośredniej 10,7 MHz (wypr. 6). Stąd, aby odebrać jakąś częstotliwość musi być spełniony warunek: (częstotliwość odbierana) + (częstotliwość pośrednia) = (częstotliwość generatora). Ponieważ częstotliwość pośrednia jest stała, a częstotliwość odbieraną dopiero chcemy odebrać, więc dostrajamy tylko częstotliwość generatora. Za dostrajanie generatora odpowiedzialny jest układ syntezy SAA1057 sterowany przez mikroprocesor.

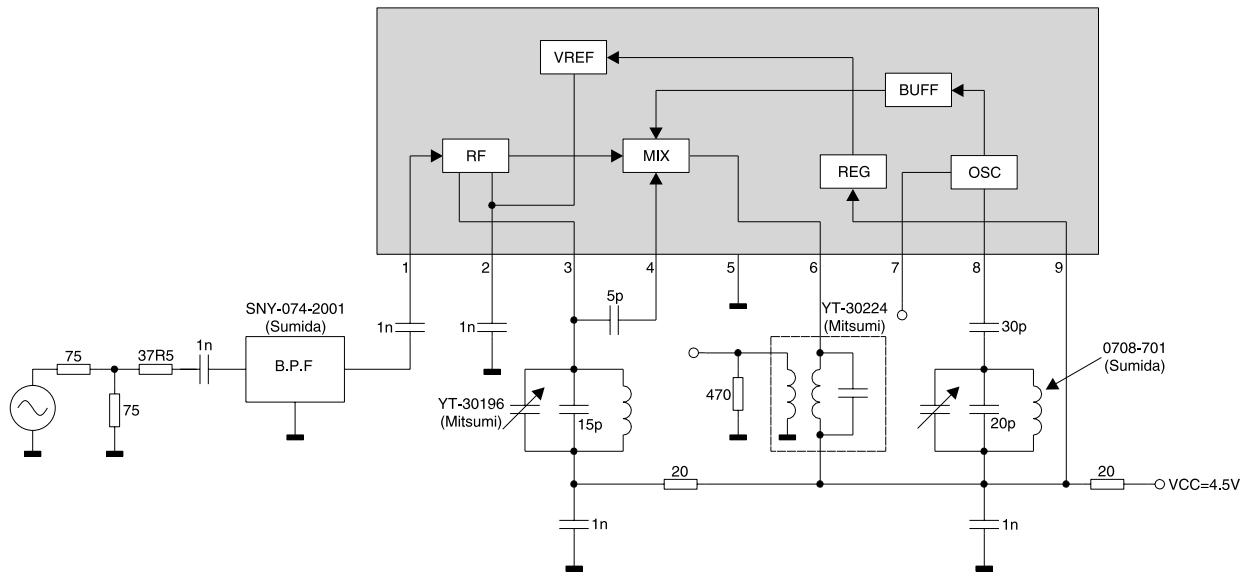
Z wyjścia układu LA1185 sygnał kierowany jest poprzez filtr FC1 (pierwszy filtr poprawiający selektywność układu) do układu pracującego jako wzmacniacz częstotliwości pośredniej, detektor FM oraz dekodery stereo. Te wszystkie bloki mieszczą się w układzie TA8122AF (rys. 3). Sygnał z filtra FC1 kierowany jest do wzmacniacza w.cz. (wypr. 1), gdzie jest wzmacniany, jeszcze raz wzmacniany, następnie kolejny raz filtrowany (filtr FC2), a następnie kierowany do detektora FM. Po detektorze, sygnał m.cz. (MPX) dostępny jest na wypr. 19, skąd jest kierowany do dekodera stereo. Tranzystor T1 pełni funkcję wyciszania układu, dzięki czemu podczas przestrajania układu, na wyjściu nie słychać uciążliwego trzasku oraz szumu. Wyjściowy sygnał m.cz. (kanał lewy wypr. 14, prawy - 13) kierowany jest na potencjometr (regulator głośności), a następnie do wzmacniacza m.cz. zrealizowanego na układzie TDA7050. Wzmacniacz zapewnia dobre parametry, silny sygnał, no i mały pobór prądu.

Jak wcześniej wspominałem dostrojeniem do danej stacji (dostrojeniem częstotliwości generatora) oraz stabilizacją częstotliwości generatora heterodyny w układzie LA1185, zajmuje się układ SAA1057 (rys. 4). Jest to układ pętli cyfrowej synchronizacji fazowej umożliwiający „kwarcową” stabilizację tego generatora oraz precyzyjne dostrojenie do odbieranej stacji.

Jest to bardzo ważne szczególnie w dzisiejszych czasach, kiedy w każdym mieście jest mnóstwo blisko siebie (częstotliwościowo) rozmieszczonych stacji radiowych. W starszych odbiornikach w głośniku daje się słyszeć czasami dwie stacje. W naszym nie będzie tej wady. Dzięki zastosowaniu tego układu możliwe jest również cyfrowe sterowanie wszystkich funkcji (wyświetlanie



Rys. 1. Schemat elektryczny odbiornika



Rys. 2. Schemat blokowy układu LA1185

częstotliwości, zapisywanie pamięci, skanowanie). Układy tego typu są zazwyczaj trudne do opisu, ale spróbuję tego dokonać.

Parametry układu SAA1057:

- napięcie zasilania od 3,6 do 12V,
- pobór prądu 18mA (typ.),
- zakres częstotliwości od 512kHz do 32kHz oraz od 70MHz do 120MHz,
- zakres temperatur od -25 °C do +80 °C.

Do końcówki 8 układu SAA1057 doprowadzony jest sygnał z generatora częstotliwości znajdującego się w układzie LA1185 (rys. 5). Należy tutaj wspomnieć, iż sygnał z generatora jest pobierany poprzez cewkę L_{sprzeg} (cewka syntezer) usytuowaną obok cewki generatora L2 (o tym dalej). W naszym układzie sygnał z generatora dzielony jest

najpierw przez 10, następnie jest dzielony w 15-bitowym programowalnym liczniku i następnie doprowadzony do detektora fazy. Do detektora fazy doprowadzony jest również sygnał z układu generatora częstotliwości wzorcowej o wartości 4MHz (poprzez dzielnik częstotliwości odniesienia). Oba te sygnały są „porównywane”. Sygnał wyjściowy detektora fazy, będący wynikiem tego porównania, steruje programowalnym wzmacniaczem prądowym, z którego sygnał, poprzez końcówkę 6 układu SAA1057, steruje pracą generatora częstotliwości w układzie LA1185 (w skrócie). Pełny schemat części sterującej jest pokazany na rys. 6.

Zmiana częstotliwości generatora powoduje zmianę sygnału wyjściowego z detektora fazy, co spowoduje zmianę napięcia ste-

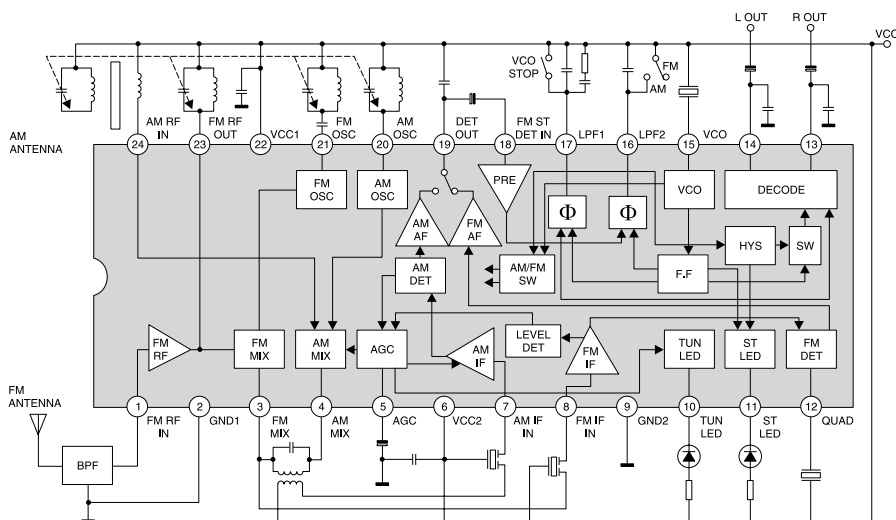
rującego generatorem. Korekcja ta będzie przeprowadzana tak długo, aż częstotliwość generowana przez generator będzie identyczna z zaprogramowaną. Jeśli chcemy uzyskać częstotliwość generatora równą 80MHz, przy częstotliwości odniesienia równej 10kHz, to do 15-bitowego programowalnego dzielnika należy wpisać liczbę 8000. Sygnał z generatora (80MHz) zostaje podzielony przez 8000, dając w efekcie 10kHz. W wyniku tego działania podzielona częstotliwość sygnału generatora jest równa częstotliwości odniesienia i układ jest dostrojony. Jeśli po podzieleniu częstotliwości generatora wynik wynosi np. 10010 Hz to napięcie strojenia zmienia się tak długo, aż podzielona częstotliwość generatora wyniesie dokładnie 10kHz. Taki układ regulacji częstotliwości pozwala uzyskać dużą dokładność, niezależniąc jednocześnie częstotliwość od wpływu czynników zewnętrznych np. temperatury otoczenia.

Programowanie układu SAA1057

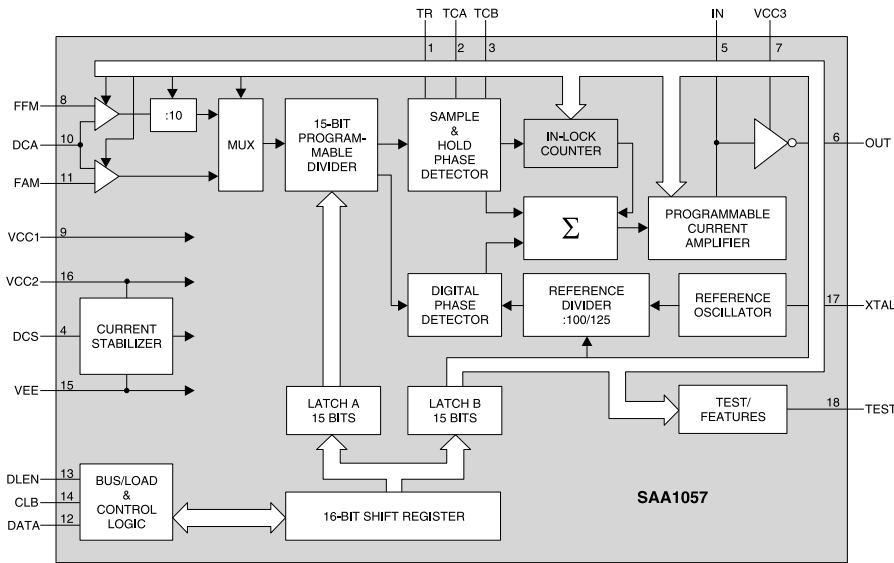
Sterowanie układem SAA1057 odbywa się za pomocą 3-bitowej magistrali złożonej z sygnałów DLEN, CLB oraz DATA. Jest to magistrala szeregowa po której dane przesyłane są w sposób synchroniczny (rys. 7).

Poszczególne sygnały realizują następujące funkcje:

- CLB - sygnał taktujący,
- DLEN - sygnał wyboru układu scalonego, do którego zostanie przeprowadzona transmisja danych,



Rys. 3. Schemat blokowy układu TA8122AF



Rys. 4. Schemat blokowy układu syntezy SAA1057

- DATA - dane programujące układ scalony.

Programowanie układu SAA1057 polega na przesłaniu dwóch słów 15 bitowych (rys. 8). Słowo A zawiera dzielnik częstotliwości z zakresu od 512 do 32767, natomiast słowo B zawiera bity odpowiedzialne za:

- FM - bit wyboru zakresu częstotliwości,
- REFH - bit wyboru kroku przestrajania,
- CP3..CP0 - bity wyboru prądu sterującego,
- SB2 - bit wyboru formatu danych słowa B,
- SLA - bit wyboru sposobu transmisji,
- PDM1, PDM0 - bity wyboru trybu pracy detektora fazowego,
- BRM - bit wyboru sposobu transmisji,
- T3..T0 - bity służące do testowania układu.

Przykładowy format słów A i B jest pokazany na rysunkach:

- słowo A (tab. 1):
- bit 15 o wartości 0 oznacza, że jest to słowo A,
- wartość zakodowana w słowie wynosi 10490 (dec)
- słowo B (tab. 2):
- bit 15 o wartości 1 oznacza, że jest to słowo B,
- bit 14 (FM=1) oznacza wybór zakresu 70 MHz do 120 MHz,
- bit 13 (REFH = 1) oznacza krok przestrajania 10 kHz,
- bity 12 do 9 (CP3..CP0) oznaczają prąd sterowania wynoszący 23 μA,

- bit 8 (SB2 = 1) oznacza, że bity 7 do 8 słowa B są aktywne (brane pod uwagę),
- bit 7 (SLA =1) oznacza transmisję synchroniczną,
- bity 6,5 (PDM1 = 0 i PDM0 = 0) oznaczają automatyczną pracę detektora fazowego,
- bit 4 (BRM0 = 1) oznacza cykliczne testowanie magistrali,
- bity 3 do 0 (T3..T0), ustawione domyślnie.

Wartość zakodowana w słowie A zostaje przemnożona przez krok syntezy ustawiony bitem 13 słowa B, stąd częstotliwość syntezy wynosi dokładnie 10490 kHz.

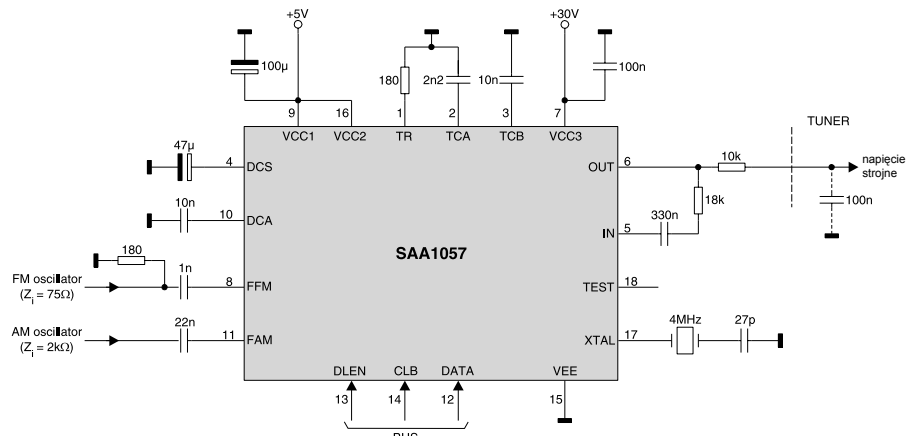
Programowaniem układu syntezy zajmuje się układ AT89C4051. Jest to mikroprocesor firmy ATMEL z 4 kB pamięci programu. Procesor zajmuje się także takimi czynnościami jak zapis częstotliwości, nazw stacji oraz parametrów pracy tunerka do pamięci

EEPROM AT24C04 pracującej na magistrali I2C. Procesor wyświetla również wszystkie parametry pracy tunerka na wyświetlaczu LCD 16x2.

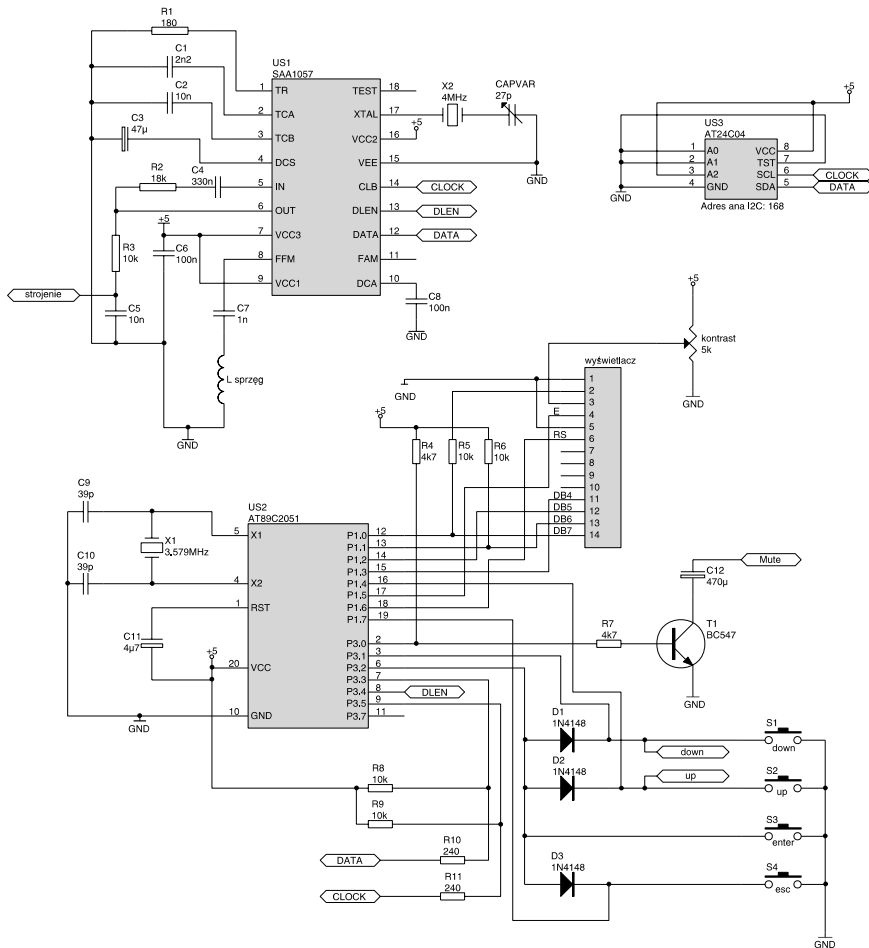
Oprogramowanie

Oprogramowanie do tunerka jest dostępne w 2 wersjach napisanych za pomocą BASCOM'a: uproszczonej i pełnej. Obie wersje są w pełni funkcjonalne, a różnice zostały opisane na początku. Można zadać pytanie: po co jest oprogramowanie uproszczone skoro nie można nic zaprogramować. Już odpowiadam. Ponieważ oprogramowanie pełne zajmuje ponad 3 kB, a uproszczone 1,7 kB, więc po zaprogramowaniu tunerka, procesor AT89C4051 można wymienić na wersję np. AT90S2313, będący odpowiednikiem AT89, ale posiadający tylko 2 kB. Pytacie po co ta zmiana? Ponieważ procesor AT90 pobiera znacznie (to mało powiedziane) mniej prądu.

Oprogramowanie w wersji pełnej działa w następujący sposób: po włączeniu ukazuje się pewne logo, następnie jeśli tunerek uruchamia się pierwszy raz, to ustawia się w tryb MANUAL, czyli ustawianie ręczne. Po dostrojeniu do jakiejś stacji (przyciskami UP i DOWN) wciskamy ENTER i przyciskając UP lub DOWN wybieramy ZAPISZ FREQ. Teraz przyciskamy ENTER i wybieramy przyciskiem UP numer pamięci, który chcemy przypisać danej częstotliwości, przyciskamy ENTER i następnie wpisujemy nazwę dla tej pamięci, litera po literze, przyciskając UP lub DOWN oraz zatwierdzając ENTER, kończymy wpisywanie naciskając ESC. Tunerek automatycznie przechodzi w tryb MEM czyli przełączanie



Rys. 5. Schemat ideowy układu syntezy częstotliwości



Rys. 6. Schemat części sterującej

numerów pamięci. Chcąc dostrajać do danych częstotliwości przyciskamy ENTER i wybieramy MANUAL zatwierdzając ENTEREM. I tak w kółko. Proste i funkcjonalne. Gdy już zaprogramujemy wszystkie stacje, które słuchamy, warto jest wymienić procesor na AVR, gdyż jedynie co robimy słuchając to przełączamy stacje.

Po odpowiednim przerobieniu układu (wykorzystaniu układu do strojenia w TA8122 wypr. 10 i podaniu go do procesora oraz po przerobieniu oprogramowania) możliwe jest korzystanie z funkcji skanowania oraz automatycznego dostrajania do stacji. Można też uruchomić układ wykrywania sygnału stereo.

Oprogramowanie w wersji pełnej pozwala także na dobudowa-

nie zegara opartego na układzie PCF8583, przyłączonego do zainstalowanej magistrali I2C oraz możliwości czasowego włączania i wyłączania tunerka (coś podobnego do alarmu) oraz (podstawowe) wyświetlanie aktualnej godziny i daty - jeżeli ktoś ma na to ochotę, proszę do mnie napisać.

Elementy indukcyjne

Jeżeli ktoś wylutował układ TA8122AF, to może jako L_{wej} i $L1$ zastosować cewki wylutowane z tym układem. Jednak własnoręczne nawinięcie nie jest wcale takie trudne. Element L_{wej} to 5 zwojów drutu DNE 0,4 na średnicy 5mm, element $L1$ to 5 zw. DNE 0,8 na średnicy 6mm, element $L2$ to 6 zwojów DNE 0,4 na 5mm (w moim przypadku cewki L_{wej} oraz $L1$ są ściśnięte, natomiast $L2$ rozciągnięta na długość ok. 15 mm). Cewkę L_{sprzeg} tworzy pół zwoju DNE 0,25 wlutowanego w płytkę i tworzącego pętlę obok cewki $L2$, taki montaż zapewnia odpowiednie sprzężenie pomiędzy

WYKAZ ELEMENTÓW:

Część analogowa

Kondensatory:

- C2...C6, C9, C12: 1nF
- C20, C21: 4,7µF
- C7: 5pF
- C10, C18, C19: 22nF
- C1: 22pF
- C16: 22µF
- C8: 30pF
- C17: 41nF
- C11, C13...C15, C22: 100nF
- C24, C25: 100µF
- C23: 220µF

Rezystory:

- R12, R13: 10Ω
- R4, R5, R8: 22Ω
- R9: 22kΩ
- R1...R3, R6: 56kΩ
- R7: 100Ω
- R10, R11: 100kΩ

Inne:

- FC1, FC2: filtr 10,7MHz
- potencjometr STEREO 22kΩ
- VCO: rezonator 456kHz
- QUAD: rezonator 10,7MHz
- D1, D2: diody pojemnościowe BB104
- US1: LA1185
- US2: TA8122AF
- US3: TDA7050
- cewki opis w tekście
- DL: dławik 1µH

Część cyfrowa

Kondensatory:

- C7: 1nF
- C1: 2,2nF
- C11: 4,7µF
- C5, C2: 10nF
- C9, C10: 39pF
- C3: 47µF
- C6, C8: 100nF
- C4: 330nF
- C12: 470µF
- trymer CAPVAR 27pF

Rezystory:

- R4, R7: 4,7kΩ
- R3, R5, R6, R8, R9: 10kΩ
- R2: 18kΩ
- R1: 180Ω
- R10, R11: 240Ω

Inne:

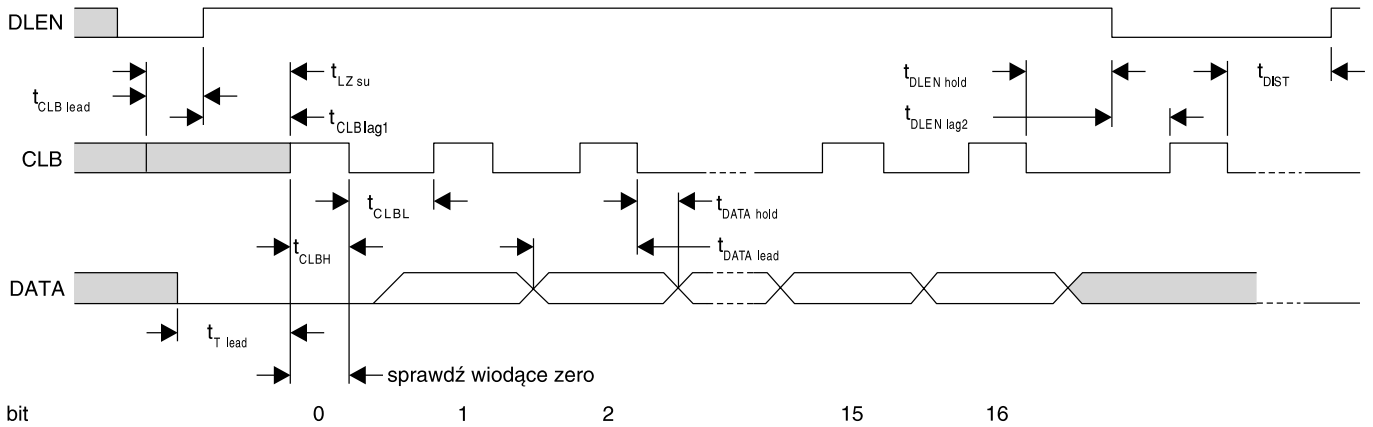
- wyświetlacz LCD 16x2
- D1, D2, D3: diody 1N4148
- X1: kwarc 3,579MHz
- X2: kwarc 4MHz
- potencjometr 5kΩ
- US3: AT24C04
- T1: BC547
- US2: AT89C2051
- US1: SAA1057
- S1, S2, S3, S4: przyciski

Tab. 1. Format danych słowa A

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Wartość	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0

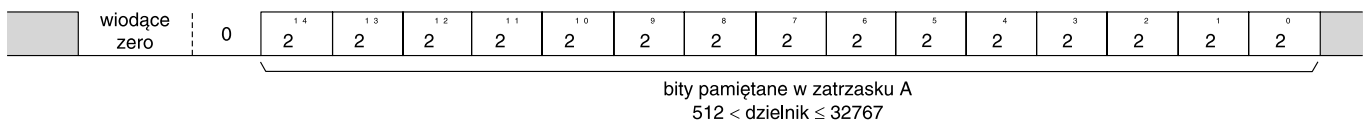
Tab. 2. Format danych słowa B

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Wartość	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1



Rys. 7. Sposób wprowadzania danych do/z układu SAA1057

SŁOWO DANYCH A



SŁOWO DANYCH B



Rys. 8. Format danych A i B

cewkami. Cewka L3 to fabryczna cewka 7x7 o oznaczeniu 204, ale zastosowana może być dowolna z serii 200 na 10,7MHz (ważne jest aby miała wewnątrz kondensator, jeśli nie to należy go dolutować), dławik DL to zwykły dławik o wartości 1μH. Podane średnice drutów nie są krytyczne.

Konstrukcja mechaniczna

Układ został wbudowany w pudełko zrobione z płytek laminatu dwustronnego o wymiarach zewnętrznych 105x90x25mm, przy czym jest to układ bez wyświetlacza. Jeżeli chcemy wyświetlacz to należy to uwzględnić. Przyciski w mojej wersji znajdują się w bocznej ścianie, ale i tak korzystam z przycisków (UP i DOWN) znajdujących się w pilocie na słuchawkach. Całość jest zasilana z czterech akumulatorów o łącznym napięciu 4,8V. Czas pracy tunerka zależy od pojemności akumulatorów, mogę tylko powiedzieć, że układ pobiera ok. 65mA. To trochę dużo, ale wszystko całość jest wykonana z elementów łatwo dostępnych, a akumulatorki zawsze wieczorem możemy doładować korzystając np. z przerobionej ładowarki od komórki. Zainstalowane w pudełku

gniazdo podłączonego do zasilania sprawia, iż nie trzeba wyciągać akumulatorów z pudełka.

Problem z anteną można rozwiązać w ten sposób, że jako antena może pracować masa w przewodzie do słuchawek. Wystarczy pomiędzy masę a wejście słuchawkowe włączyć dławik (kilka zwojów) i wejście antenowe podłączyć do dławika. (słaba to antena, ale działa).

Uruchomienie i strojenie

Jestem pewien, iż większość czytelników nie ma potrzebnego do strojenia sprzętu, ale wierzcie mi - ja zestroiłem tunerek na słuch. Jeżeli po uruchomieniu oraz zwarcu bazy tranzystora T1 do masy w słuchawkach słychać szum, to wszystko jest w porządku i rozwieramy tranzystor, jeśli nie to trzeba znaleźć przyczynę problemu. W moim przypadku szum było słychać już na początku. W następnej kolejności wkładamy procesor i podłączamy LCD. Załączamy układ i na wyświetlaczu powinien się pokazać napis powitalny. Następnie ustawiamy tunerek na częstotliwości 98 MHz, a cewkę L2 ściśkamy lub rozciągamy tak, aby w punkcie strojenie wystąpiło napięcie ok. 2,2V. Napięcie będzie

się zmieniać tylko w prawidłowo działającym układzie. Teraz ustawiamy tunerek na innej częstotliwości, o której wiemy, że nadaje tam jakaś silna stacja. Jeżeli w tym momencie słychać dźwięk to jest super. Jeśli nie to regulując cewkami L_{wej}, L1 oraz L3 staramy się coś odebrać.

Układ jest na tyle przystępny, iż nie musimy stroić układu detektora FM i dekodera stereo. Całe strojenie polega na odpowiednim ustawieniu cewek L_{wej}, L1, L2 i L3. Należy tak ustawić cewki, aby tunerek odbierał stacje radiowe w całym paśmie UKF (87 – 108MHz).

W razie problemów pozostaje tylko skontaktować się z kimś, kto wie coś więcej na „te tematy” niż my, ja na odległość nie mogę zrobić nic więcej jak tylko życzyć powodzenia oraz powiedzieć mailujcie w każdej sprawie (szczególnie ci młodzi i mało doświadczeni adepci tej ciężkiej sztuki i wiem, że na początku jest strasznie ciężko, szczególnie jak jest się sam na sam z układem, o którym za dużo nie wiemy).

Jacek Szostak
jostak@o2.pl