

radioBox

Miniaturowy odbiornik radiowy dla aktywnych

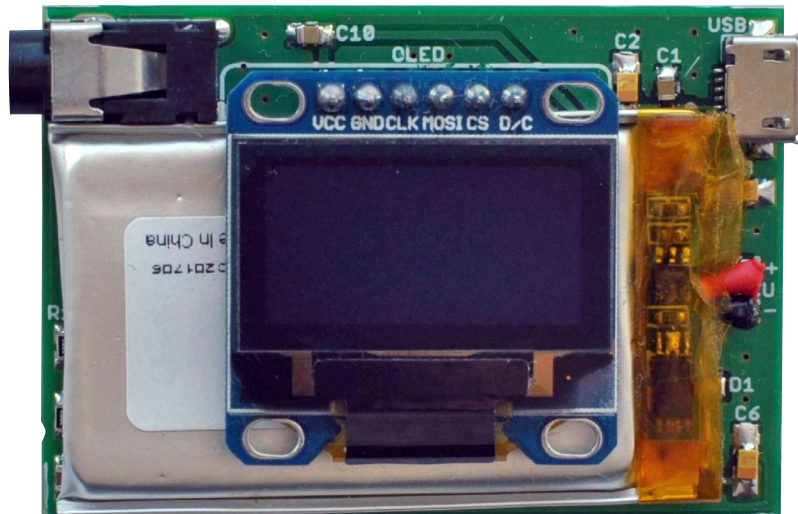
Przynajmniej w chwili projektowania tego urządzenia, aura sprzyjała aktywnemu spędzaniu czasu na świeżym powietrzu, a ten dla wielu osób związany jest nierozłącznie z uprawianiem jakiegoś rodzaju sportu. Co ciekawe, naukowcy udowodnili, że wytrzymałość sportowców, którzy podczas treningu słuchają ulubionej muzyki, jest większa, niż u osób, które tego nie robią. Dowiedziono, że muzyka działa motywująco na człowieka, ponieważ pomaga utrzymać prawidłowy oddech oraz reguluje poziom napięcia psychicznego. W związku z powyższym warto by było zawsze mieć przy sobie jakiś wygodny w użytkowaniu odtwarzacz muzyczny, by móc korzystać z dowiedzionych zalet jej słuchania. Rozwiązaniem przychodzącym od razu na myśl, jest przenośny radioodtwarzacz, który nie ogranicza użytkownika, jeśli chodzi o zasób dostępnego repertuaru.

Rekomendacje: nowoczesny, przenośny odbiornik radiowy, który przyda się nie tylko osobom uprawiającym sport.

Na pierwszy rzut oka mogłoby się wydawać, że w dzisiejszej, cyfrowej rzeczywistości radioodbiornik jest rozwiązaniem z pewnością

oryginalnym, lecz nieoptymalnym, ponieważ na co dzień z powodzeniem radioodbiorniki są zastępowane przez smartfony, które nie dość, że pozwalają na uzyskanie dźwięku o bardzo dobrej jakości, to jeszcze niemal zawsze mamy je przy sobie. W takim wypadku, nie tylko nie trzeba pamiętać o zabieraniu ze sobą radioodtwarzacza, ale również i o zapelnieniu go muzyką. Na dodatek, nie dosyć, że współczesne smartfony są wyposażone w pojemną pamięć, to dysponując dostępem do szybkiego Internetu, pozwalają na streaming internetowych stacji radiowych.

Rozwiązanie z wykorzystaniem nowoczesnego smartfona ma dwie zasadnicze wady. Po pierwsze, smartfon drastycznie zużywa akumulator dostarczający mu energię, ograniczając tym samym czas słuchania muzyki. Po drugie i najważniejsze, jest urządzeniem dość dużym i stosunkowo ciężkim, co czyni go niewygodnym przy uprawianiu aktywności fizycznej. Wyjściem z sytuacji, które wydaje się dobrym kompromisem pomiędzy ergonomią a funkcjonalnością jest, moim zdaniem, niewielki radioodbiornik FM, który jest tematem tej publikacji. Nie ukrywam, iż inspiracją do jego skonstruowania był dla mnie projekt miniaturowego radioodbiornika opublikowanego na łamach „Młodego technika” w latach osiemdziesiątych, a który mieścił się w pudełku po zapalkach. Chyba każdy elektronik z tamtego pokolenia miał na swoim „koncie” wspomniany, nietuzinkowy projekt. Konstruując bieżące urządzenie, chciałem, by swoimi wymiarami zbliżyło się właśnie do pierwowzoru, oferując jednocześnie funkcjonalność „godną” współczesności. Podstawowe



DODATKOWE MATERIAŁY DO POBRANIA ZE STRONY:

www.media.avt.pl

W ofercie AVT*

AVT-5627

Podstawowe informacje:

- Napięcie zasilania: 5 V.
- Maksymalny prąd obciążenia (wyświetlacz załączony/wyłączony): 20 mA/1 mA.
- Zakres częstotliwości FM: 87,5...108 MHz.
- Rodzaj obsługiwanych komunikatów RDS: Program Service, Radio Text, Clock & Time.
- Funkcja Seek (przeszukiwanie pasma radiowego).
- Regulacja głośności sygnału wyjściowego.
- Brak konieczności strojenia obwodów radiowych.
- Mały pobór mocy.
- Miniaturowa obudowa.

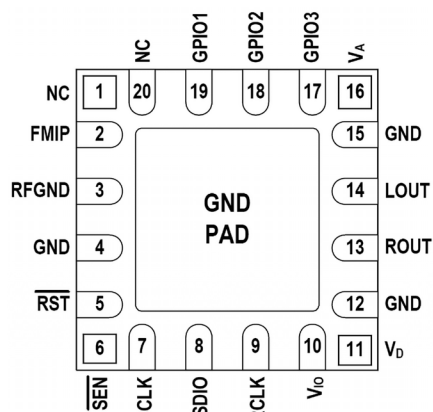
Projekty pokrewne na www.media.avt.pl:

AVT-5540	Radioodbiornik dla każdego (EP 5/2016)
---	Radio – radioodbiornik stereofoniczny z RDS-em (EP 08/2015)
AVT-5401	PocketRadio – radioodbiornik kieszonkowy z RDS (EP 6-7/2013)
AVT-5317	Lampowo-tranzystorowy odbiornik UKF (EP 11/2011)
AVT-5242	Radioodbiornik internetowy (EP 7/2010)

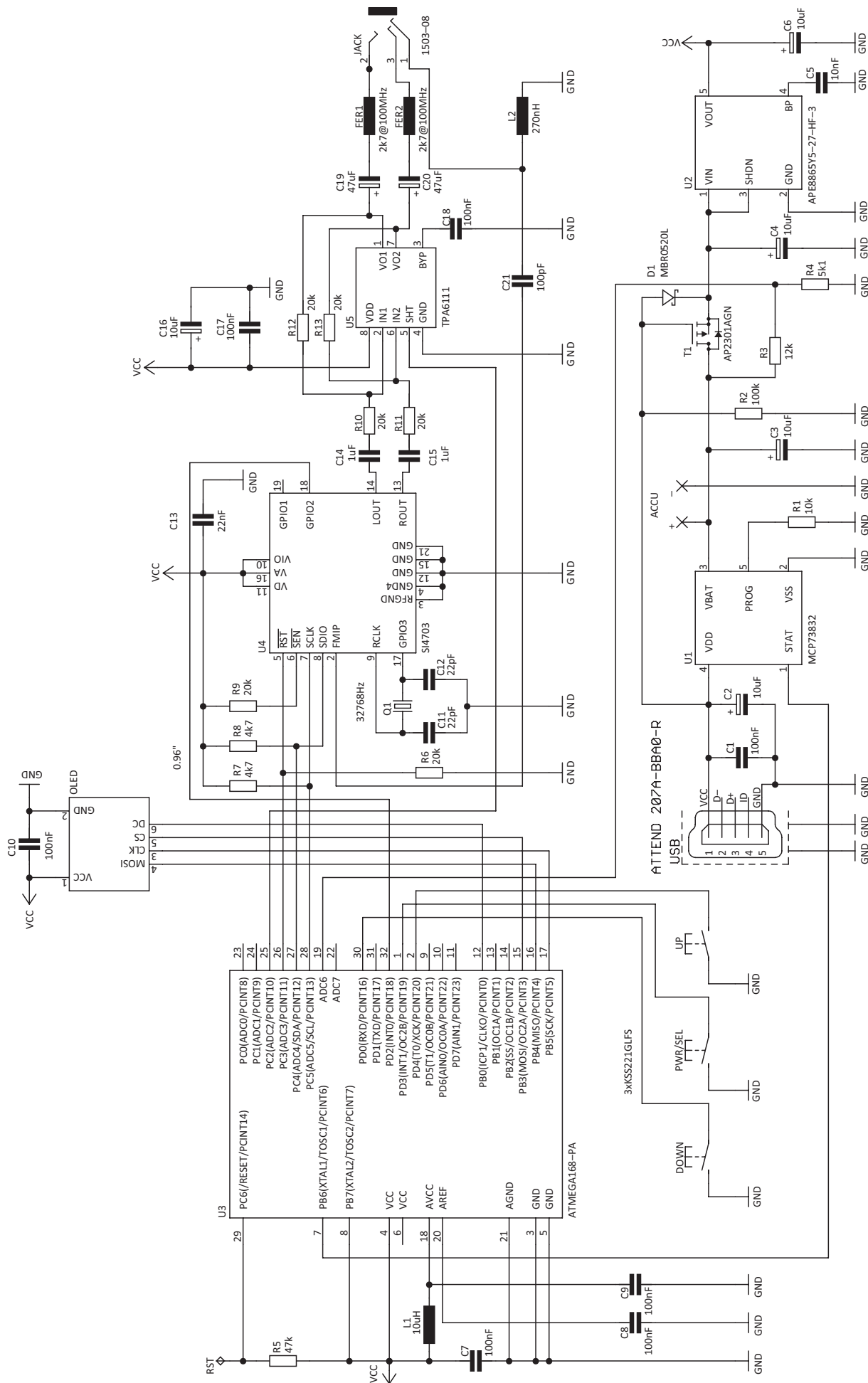
* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutownia!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KITem (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wylutować 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:

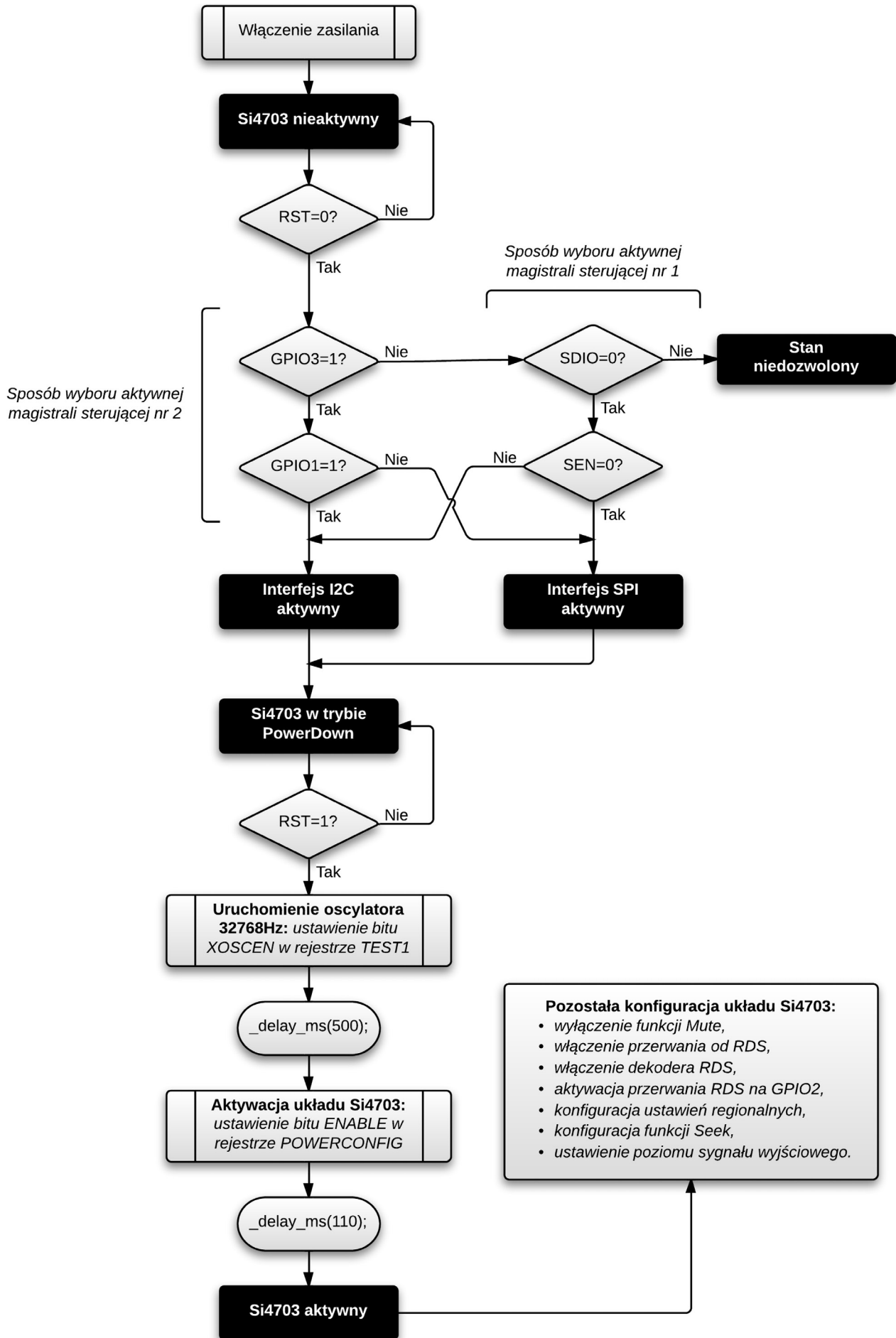
- wersja [C] zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wylutowane w płytce PCB)
 - wersja [A] płytka drukowana bez elementów i dokumentacja Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, posiadają następujące dodatkowe wersje:
 - wersja [A+]: płytka drukowana [A] + 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>



Rysunek 1. Wygląd obudowy układu Si4703



Rysunek 2. Schemat ideowy urządzenia radioBox



Rysunek 3. Graf kompletnej procedury inicjalizacji układu Si4703

założenia funkcjonalne przedstawiają się następująco:

- Niewielkie wymiary całkowite gotowego urządzenia, zbliżone do wielkości pudełka zapalek.
- Zasilanie akumulatorowe z możliwością ładowania z portu USB pozwalające na długą pracę bez potrzeby ponownego ładowania.
- Zintegrowany wzmacniacz słuchawkowy zapewniający dźwięk stereo-foniczny o bardzo dobrej jakości.
- Efektowny, graficzny interfejs użytkownika z wykorzystaniem niewielkiego wyświetlacza wykonanego w technologii OLED, zapewniającego doskonałą widoczność w rzeczywistych warunkach oświetlenia.
- Ergonomiczna, łatwa obsługa z wykorzystaniem minimalnej liczby przycisków.
- Wbudowana pamięć 8 ulubionych stacji radiowych.
- Odbiór stacji radiowych w zakresie 87,5...108 MHz.

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD 0805)

R1: 10 kΩ
R2: 100 kΩ
R3: 12 kΩ
R4: 5,1 kΩ
R5: 47 kΩ
R6, R9...R13: 20 kΩ
R7, R8: 4,7 kΩ

Kondensatory: (SMD 0805)

C1, C7...C10, C17, C18: 100 nF
C2...C4, C6, C16: 10 μF/6,3 V (SMD „A”, 3216-18W)
C5: 10 nF
C11, C12: 22 pF
C13: 22 nF
C14, C15: 1 μF
C19, C20: 47 μF/6,3 V (SMD „B”, 3528-21W)
C21: 100 pF

Półprzewodniki:

U1: MCP73832 (SOT23/5)
U2: APE8865Y5-27-HF-3 (SOT23/5)
U3: ATmega168PA (TQFP32)
U4: Si4703 (QFN20)
U5: TPA6111 (SO08)
T1: AP2301AGN (SOT23)
D1: MBR0520L (SOD123)

Inne:

OLED: wyświetlacz graficzny OLED 0,96” ze sterownikiem SSD1306 (interfejs SPI)
L1: 10 μH (SMD 0805)
L2: 270 nH (SMD 0805)
FERR1, FERR2: koralik ferrytowy MURATA typu BLM21BD272SH1L (2,7 kΩ@100 MHz)
Q1: rezonator kwarcowy 32768 Hz typu IQD FREQUENCY PRODUCTS LFXAL009678 (32.768K-CFPX217)
UP, DOWN, PWR/SEL: microswitch SMD typu KSS221GLFS
USB: gniazdo micro USB-B typu ATTEND 207A-BBA0-R
JACK: gniazdo JACK stereo typu Lumberg 1503-08
ACCU: akumulator Li-Po 3,7 V/270 mA typu CELLEVIA ACCU-LP352745/CL

- Obsługa komunikatów systemu RDS/RDBS.

Jak łatwo się domyślić, prace rozpocząłem od poszukiwania peryferiów, przy których udziale mógłbym zrealizować to zadanie. Przygotowania nie trwały zbyt długo, ponieważ na swoim „koncie” miałem już kilka radioodbiorników zbudowanych z wykorzystaniem doskonałego, scalonego odbiornika FM typu Si4703 produkowanego przez firmę Silicon Labs. Wspomniany układ jest kompletnym odbiornikiem radiowym przeznaczonym do odbioru emisji w paśmie FM charakteryzującym się następującymi, wybranyimi cechami użytkowymi:

- Odbiór stacji radiowych w pełnym zakresie częstotliwości pasma FM (76...108 MHz).
- Cyfrowa synteza częstotliwości z wbudowanym oscylatorem VCO.
- Wbudowane układy AFC (Automatic Frequency Control) i AGC (Automatic Gain Control).
- Obsługa konfigurowalnej funkcji Seek (przeszukiwanie pasma radiowego).
- Pomiar mocy sygnału antenowego.
- Wbudowana funkcja regulacji głośności sygnału wyjściowego.
- Wbudowany układ oscylatora dla rezonatora kwarcowego 32768 Hz.
- Interfejsy I²C oraz SPI.
- Minimalna liczba niezbędnych elementów zewnętrznych w typowej aplikacji.
- Brak konieczności strojenia obwodów radiowych, ponieważ w układzie zaimplementowano cyfrową obróbkę sygnałów.
- Szeroki zakres napięcia zasilającego (2,7...5,5 V).
- Niewielki pobór mocy w tym tryb o ekstremalnie małym zapotrzebowaniu na energię.
- Wbudowany regulator napięcia typu LDO.
- Obsługa komunikatów RDS/RDBS.
- Małe wymiary obudowy (3 mm×3 mm).

Wymienione cechy użytkowe układu idealnie predysponują go do zastosowania w sprzęcie przenośnym, zwłaszcza, że aplikacja układu ogranicza się do zaledwie kilku elementów zewnętrznych. Układ Si4703 jest przykładem jednego z wielu produktów z rodziny Si47xx tejże firmy (dostępnych jest ponad 25 rodzajów układów), w której są dostępne odbiorniki i nadajniki pracujące we wszystkich dostępnych pasmach radiowych, zróżnicowane pod względem zintegrowanej funkcjonalności. Na **rysunku 1** pokazano wygląd obudowy układu Si4703, natomiast w **tabeli 1** umieszczono opis i znaczenie poszczególnych wyprowadzeń.

Nie będę w tym miejscu powielał dokładnego opisu tego układu, ponieważ byłby

on bardzo obszerny, a zarazem łatwy do znalezienia, tylko od razu przejdę do schematu radioodbiornika radioBox, który pokazano na **rysunku 2**.

Jest to nieskomplikowany system mikroprocesorowy zbudowany z wykorzystaniem popularnego mikrokontrolera ATmega168PA taktowanego wewnętrznym, wysokostabilnym oscylatorem o częstotliwości 1 MHz. Zadaniem mikrokontrolera jest sterowanie pracą układu Si4703 za pomocą interfejsu TWI (odpowiednik I²C) oraz obsługa i dekodowanie wiadomości RDS z wykorzystaniem przerywania zewnętrznego INT0 i odpowiednio skonfigurowanego wyprowadzenia GPIO2 radioodbiornika Si4703. Mikrokontroler odpowiada także za realizację graficznego interfejsu użytkownika złożonego z trzech przycisków funkcyjnych UP, DOWN oraz PWR/SEL i popularnego, niewielkiego modułu wyświetlacza graficznego OLED o rozdzielczości 128×64 piksele, wyposażonego w kontroler SSD1306. Wybór wyświetlacza był podyktowany doskonałą relacją jakości do ceny modułu, niewielkimi wymiarami oraz rozdzielczością wystarczającą na potrzeby tej aplikacji. Nie bez znaczenia jest był fakt, iż sterownik SSD1306 komunikuje się z mikrokontrolerem za pomocą interfejsu SPI (lub opcjonalnie I²C), co znacznie ogranicza liczbę niezbędnych połączeń i pozwala na zastosowanie układu o niewielkiej liczbie wyprowadzeń GPIO.

Wróćmy jednak na chwilę do naszego „głównego bohatera”, którym jest radioodbiornik FM pod postacią układu Si4703, a który to wymaga pewnego, specyficznego procesu inicjalizacji, ponieważ wyposażono go w dwa interfejsy komunikacyjne. Obsługa i inicjalizacja układu radioodbiornika jest możliwa za pomocą interfejsu I²C lub SPI. Nastawy są wprowadzane do zestawu 16-bitowych rejestrów konfiguracyjnych, jednak aby rozpocząć właściwą transmisję danych, konieczne jest poprawne zainicjowanie układu, które ma na celu wybór aktywnego interfejsu sterującego (I²C lub SPI) oraz uruchomienie wewnętrznego oscylatora niezbędnego z punktu widzenia części radiowej układu.

Producent zaimplementował dwa sposoby wyboru interfejsu, różniące się liczbą niezbędnych wyprowadzeń układu Si4703 zaangażowanych w ten proces. Pierwszy sposób zakłada użycie wyprowadzeń GPIO3, SEN oraz SDIO, natomiast drugi GPIO3 i GPIO1. Należy jednak zaznaczyć, iż rekomendowanym sposobem wyboru aktywnej magistrali sterującej przy wykorzystaniu wewnętrznego oscylatora z rezonatorem 32768 Hz jest pierwsza metoda, ponieważ wtedy wewnętrzne moduły peryferyjne układu Si4703 zapewniają niezbędne ściągnięcie wyprowadzenia GPIO3 pracującego w układzie oscylatora 32768 Hz do masy w czasie, gdy sygnał

RST ma poziom niski. Po wykonaniu procedury wyboru aktywnego interfejsu sterującego (w naszym wypadku I²C), niezbędne jest uruchomienie oscylatora 32768 Hz (ewentualnie dostarczenie takiego sygnału z zewnątrz do wyprowadzenia RCLK) oraz aktywacja układu Si4703 (dzięki bitom Enable/Disable rejestru POWERCONFIG). Graf kompletnej procedury inicjalizacji układu Si4703 z opcjonalnym wyborem interfejsu sterującego pokazano w rysunku 3.

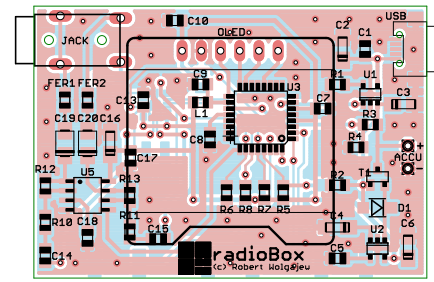
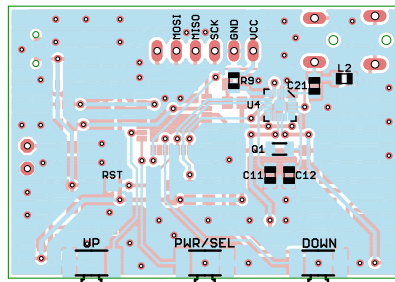
Po wykonaniu inicjalizacji układu, w której odbywa się również wybór aktywnej magistrali sterującej, możemy przystąpić do konfiguracji parametrów sprzętowych. Zgodnie z tym, o czym wspomniałem wcześniej, nie będę w tym miejscu powielał informacji na temat obsługi układu Si4703, gdyż zainteresowani Czytelnicy z łatwością znajdą je na przykład, w artykule pt. „pocketRadio” opublikowanego na łamach „Elektroniki Praktycznej” 6/2013 i 7/2013, zatem idźmy dalej.

Oprócz inicjalizacji układu radioodbiornika, mikrokontroler będący niejako „sercem” całego urządzenia odpowiada za następujące, niewspomniane wcześniej funkcjonalności:

- Steruje poziomem wyprowadzenia SHT (*shutdown*) wzmacniacza mocy TPA6111, włączając go i wyłączając.
- Mierzy napięcie akumulatora ACCU zasilającego urządzenie z użyciem wbudowanego przetwornika A/C, wewnętrznego źródła napięcia odniesienia 1,1 V oraz dzielnika napięcia R3/R4 umożliwiając wizualizację napięcia akumulatora na wyświetlaczu.
- Cyklicznie bada stan wyprowadzenia STAT scalonego układu ładowania MCP73832, dzięki czemu otrzymuje informację o statusie ładowania, którą to także prezentuje na wyświetlaczu.

W ramach części analogowej wykonano wzmacniacz słuchawkowy małej mocy (rzędu 150 mW). Wykonano go z użyciem układu scalonego TPA6111 firmy Texas Instruments. Jego sygnał wyjściowy doprowadzono do typowego gniazda słuchawkowego Jack o średnicy 3,5 mm. Wybór układu scalonego wzmacniacza był podyktowany jego dobrymi parametrami, łatwością aplikacji oraz możliwością pracy przy niewielkiej wartości napięcia zasilania.

Uważny Czytelnik z pewnością zauważy dość nietypowe, jak mogłoby się wydawać, połączenie masy gniazda słuchawkowego z masą urządzenia radioBox, a mianowicie zastosowanie dławika L2. Tego typu rozwiązanie jest niezbędne w wypadku, gdy ekran przewodu słuchawkowego pełni jednocześnie rolę anteny radiowej dla układu radioodbiornika FM Si4703 (sygnał antenowy doprowadzany jest do wejścia antenowego



Rysunek 4. Schemat montażowy urządzenia radioBox

Tabela 1. Opis i znaczenie wyprowadzeń układu Si4703

Numer wyprowadzenia	Nazwa	Opis
1, 20	NC	Niepodłączone
2	FMIP	Wejście sygnału antenowego
3	RFGND	Masa części radiowej układu (należy potączyć z polem masy PCB)
4, 12, 15, PAD	GND	Masa (należy potączyć z polem masy PCB)
5	RST	Reset układu (aktywny stan niski)
6	SEN	Wejście aktywacji i wyboru rodzaju magistrali sterującej (aktywny stan niski)
7	SCLK	Wejście zegarowe magistrali sterującej
8	SDIO	Wejście/wyjście danych magistrali sterującej
9	RCLK	Wejście zewnętrznego sygnału zegarowego syntetyzera częstotliwości
10	VIO	Napięcie zasilania układów wejścia/wyjścia odbiornika
11	VD	Napięcie zasilania części cyfrowej układu
13	ROUT	Wyjście audio – kanał prawy
14	LOUT	Wyjście audio – kanał lewy
16	VA	Napięcie zasilania części analogowej układu
17	GPI03	Uniwersalny, programowalny port IO (może pełnić rolę wskaźnika sygnału Stereo)
18	GPI02	Uniwersalny, programowalny port IO (może pełnić rolę przerwania od gotowości danych RDS lub zakończenia strojenia/przeszukiwania pasma)
19	GPI01	Uniwersalny, programowalny port IO

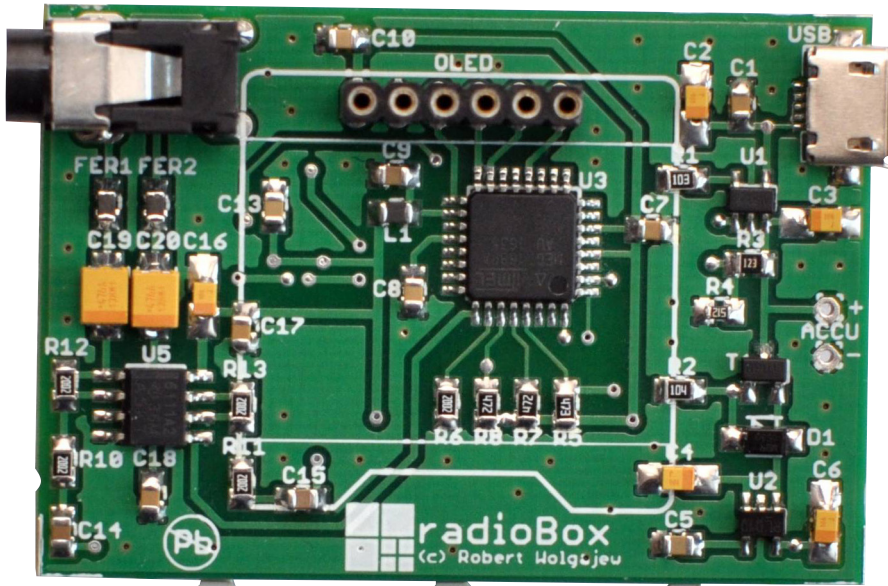
układu Si4703 FMIP poprzez kondensator C21). Stąd też wynika potrzeba zastosowania tzw. koralików ferrytowych na wyjściach audio wzmacniacza słuchawkowego. Zresztą, rozwiązanie tego typu jest stosowane w większości telefonów komórkowych, w których zintegrowano odbiornik radiowy. Oczywiście, można by było zastosować antenę zewnętrzną lub antenę na płycie drukowanej, lecz zależy nam przecież na mobilności, a co za tym idzie, niewielkich wymiarach urządzenia. Warto zauważyć, iż optymalna długość przewodu słuchawkowego stanowiącego tak zbudowaną antenę wynosi od 1,1 do 1,45 m.

Na koniec kilka słów o bloku zasilającym, w którego budowie wykorzystano specjalizowany układ ładowania akumulatorów litowych (Li-Ion, Li-Po) MCP73832 firmy Microchip. Układ ten integruje w sobie kompletny system ładowania, który charakteryzuje się następującą funkcjonalnością:

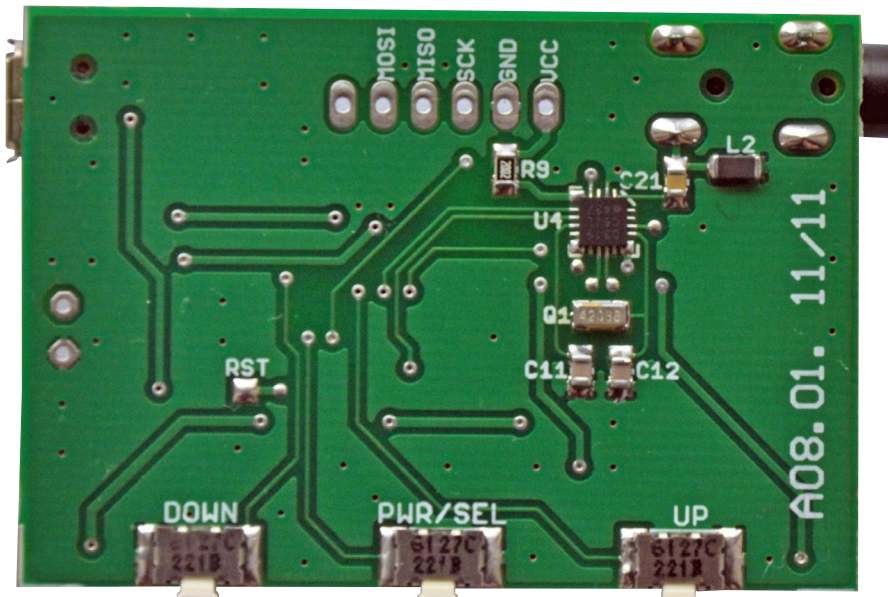
- Szeroki zakres napięć zasilania 3,75...6 V.
- Duża dokładność regulacji: $\pm 0,75\%$.

- Programowalny prąd szybkiego ładowania w zakresie 15...500 mA.
- Możliwość wyboru wartości prądu ładowania wstępnego (w odniesieniu do zdefiniowanego powyżej prądu ładowania szybkiego): 10%, 20%, 40% lub opcja nieaktywna.
- Możliwość wyboru poziomu naładowania akumulatora (a dokładnie „reszty” do 100% pojemności), po którym układ przechodzi do trybu ładowania konserwacyjnego: 5%, 7,5%, 10% lub 20%.
- Wbudowany mechanizm wykrywania dołączonego akumulatora.
- Trójstanowe wyjście statusu procesu ładowania STAT.
- Automatyczne przejście do trybu power-down o małym poborze mocy.
- Miniaturowa, 5-wyprowadzeniowa obudowie SOT-23/5.

Układ MCP73832 idealnie nadaje się do zastosowania w prostych aplikacjach ładowarek ogniw litowych, ponieważ w pełni automatycznie nadzoruje proces ładowania



Fotografia 5. Widok zmontowanego urządzenia radioBox – widok od góry bez dołączonego akumulatora



Fotografia 6. Widok zmontowanego urządzenia radioBox – widok od spodu

Tabela 2. Znaczenie stanu wyprowadzenia STAT układu MCP73832 w świetle procesu ładowania.

Stan procesu ładowania	Stan wyprowadzenia STAT
Tryb power-down układu MCP73832	HIGH-Z
Brak akumulatora	HIGH-Z
Ładowanie wstępne	L
Ładowanie szybkie (tryb constant-current)	L
Ładowanie konserwacyjne (tryb constant-voltage)	L
Proces ładowania zakończony	HIGH-Z

takiego akumulatora, wybierając odpowiedni tryb ładowania oraz mechanizm kontroli, zaś jedynym zmartwieniem konstruktora jest wybór prądu ładowania szybkiego za pomocą rezystora włączonego pomiędzy wyprowadzenie PROG a masę, zgodnie z równaniem:

$$I_{REG} = 1000V/R_{PROG}$$

gdzie wielkości: I_{REG} wyrażono w mA, zaś R_{PROG} w k Ω .

W wypadku naszego urządzenia, rezystancja R_{PROG} ma wartość 10 k Ω , co ustala prąd szybkiego ładowania na 100 mA, ponieważ dla wygody do zasilania naszego urządzenia przewidziano dołączenie go do portu USB komputera, zaś ten w trybie standardowym może być obciążony prądem do około 100 mA. Zgodnie z tym, o czym wspomniano wcześniej, układ MCP73832 ma specjalne

wyprowadzenie STAT, które informuje użytkownika o statusie procesu ładowania – sposób „kodowania” informacji opisano w tabeli 2.

Kilka dodatkowych słów uwagi wymaga opcjonalny układ współdzielenia obciążenia, zbudowany przy użyciu tranzystora T1 typu MOSFET z kanałem P, diody Schottky D1 oraz rezystora R2. Z czego wynika konieczność implementacji tego rodzaju rozwiązania? Otóż, układ MCP73832 nie ma w strukturze odpowiednich bloków funkcjonalnych odpowiedzialnych za współdzielenie obciążenia, to znaczy – odpowiedzialnych za uwzględnienie w procesie ładowania faktu, iż w czasie, gdy układ nadzoruje proces ładowania akumulatora, tenże akumulator zasila urządzenie, które pobiera z niego prąd. Taka sytuacja powoduje w najlepszym wypadku wydłużenie samego procesu ładowania, zaś w skrajnych wypadkach może go zaburzyć czy też spowodować, iż proces ładowania nigdy nie dobiegnie końca, gdyż odbiornik pobierając nieustannie prąd z ogniwa, a więc de facto z układu nadzorującego, nie pozwoli tym samym na skuteczną detekcję końca procesu ładowania. Aby temu zapobiec, zastosowano prosty przełącznik w postaci tranzystora MOSFET, którego bramkę dołączono do napięcia USB zasilającego ładowarkę. W razie obecności napięcia USB (występowania poziomu wysokiego na bramce tranzystora) tranzystor T1 przechodzi w stan wyłączenia, odłączając tym samym ładowany akumulator od obciążenia. W tym samym czasie, obciążenie, którym jest radiodbiornik, zostaje zasilone bezpośrednio z portu USB, a dokładnie rzecz ujmując, poprzez diodę D1. W razie odłączenia urządzenia od napięcia zasilającego USB, bramka tranzystora T1 zostaje ściągnięta do masy poprzez rezystor R2, powodując przewodzenie tegoż tranzystora, a więc tym samym zasilenie naszego urządzenia z akumulatora ACCU. W tym przypadku dioda D1 pełni nieco inną funkcję, a mianowicie – zabezpiecza przed przepływem prądu wstecznego z akumulatora w kierunku źródła napięcia zasilającego (USB). W ten prosty sposób zbudowano niezawodny i w pełni funkcjonalny układ współdzielenia obciążenia, który czasami występuje w innych typach scalonych kontrolerów ładowania produkcji firmy Microchip.

Dalej, wyjście z układu ładowania wprowadzono na wejście stabilizatora LDO typu APE8865Y5-27-HF-3, który zapewnia stały poziom napięcia zasilającego system mikroprocesorowy (2,7 V) niezależnie do stanu układu ładowania. Słowa komentarza wymaga również układ wyłączania/załączania urządzenia. Jak widać, wykorzystano zwykły, monostabilny mikroprzełącznik oznaczony symbolem PWR/SEL, który podłączony został do portu PD3 mikrokontrolera

stanowiącego jednocześnie wejście przerwanienia zewnętrznego INT1 skonfigurowanego, jako wyzwalane stanem niskim. Po długim naciśnięciu wspomnianego przycisku mikrokontroler wykonuje następujące czynności:

- Wyłącza wyświetlacz OLED (rozkazem DISPLAY_OFF_CMD przesyłanym magistralą SPI).
- Przełącza układ Si4703 w tryb power down (odpowiednią sekwencją przesyłaną magistralą I²C).
- Wyłącza wzmacniacz mocy TPA6111 (poprzez wymuszenie poziomu wysokiego na wyprowadzeniu SHT).
- Przechodzi w tryb power down.

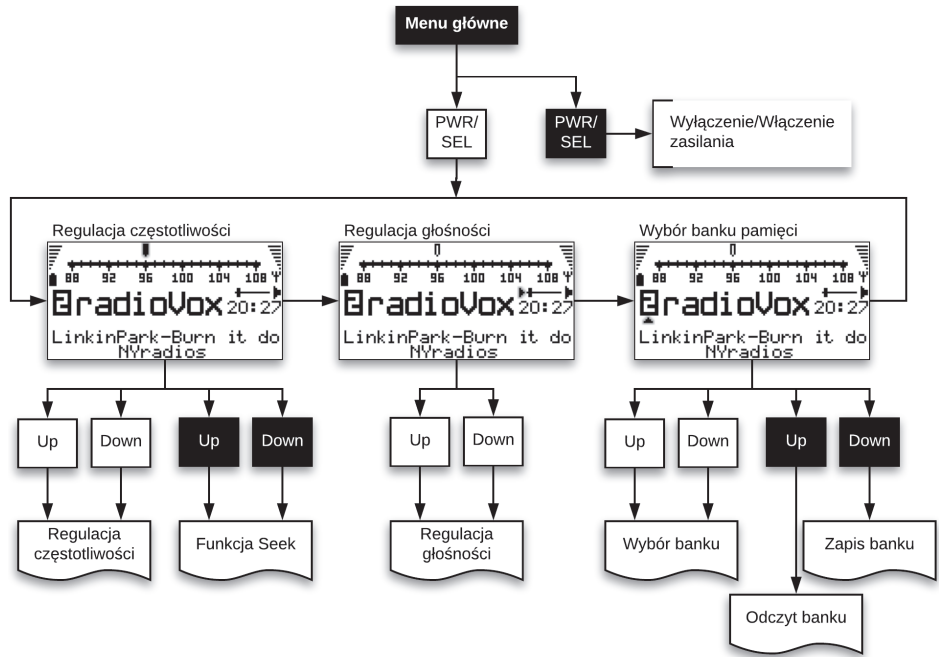
Takie rozwiązanie wyklucza konieczność montażu przycisku bistabilnego, który elektrycznie odcinałby zasilanie od urządzenia radioBox, a jednocześnie znacznie ogranicza pobór mocy w trybie czuwania. Ponowne wciśnięcie przycisku PWR/SEL powoduje wyzwolenie przerwanienia zewnętrznego INT1, a co za tym idzie, uruchomienie urządzenia poprzez wykonanie następujących czynności:

- Wybudzenie mikrokontrolera z trybu power down.
- Włączenie wzmacniacz mocy TPA6111 (poprzez wyzerowanie doprowadzenia SHT).
- Włączenie układu Si4703 (odpowiednią sekwencją przesyłaną interfejsem I²C).
- Włączenie wyświetlacza OLED (rozkazem DISPLAY_ON_CMD przesyłanym interfejsem SPI).

Dla porządku, na listingach 1 i 2 zamieszczono funkcje odpowiedzialne za wyłączenie i załączenie układu radioodbiornika Si4703, gdyż dotychczas nie były one prezentowane (nie znalazły zastosowania we wspomnianym wcześniej projekcie „pocketRadio”).

Montaż

Schemat montażowy urządzenia radioBox pokazano na rysunku 4. Zmontowano je



Rysunek 7. Diagram obrazujący sposób obsługi urządzenia radioBox.

```
Listing 1. Funkcja odpowiedzialna za wyłączenie układu radioodbiornika Si4703 (przejście w tryb power-down)
void powerDownRadio(void)
{
    //Wyłączenie układu Si4703, w tym włączenie funkcji Mute (sekwencja power-down, AN230 str.6)
    Registers[POWERCFG_REG] |= (1<<ENABLE)|(1<<DISABLE);
    Registers[POWERCFG_REG] &= ~(1<<DMUTE);
    //Aktualizacja zawartości rejestru POWERCFG_REG
    TWI_Start();
    TWI_WriteByte(SI4703WR_ADDR); //Adres układu w trybie zapisu
    TWI_WriteInteger(Registers[POWERCFG_REG]);
    TWI_Stop();
}
```

na obwodzie drukowanym ze zdecydowaną przewagą niewielkich elementów SMD w rozmiarze 0805. Z uwagi na zastosowanie kilku półprzewodników SMD do dość „kłopotliwych” obudowach, montaż tego rodzaju układu najlepiej jest przeprowadzić z użyciem stacji lutowniczej typu Hot Air, odpowiedniej jakości topników lutowniczych oraz dysponując sporym doświadczeniem w tej kwestii. Dotyczy to zwłaszcza układu scalonego radioodbiornika Si4703, którego niewielka obudowa o wymiarach 3 mm×3 mm ma 20 wyprowadzeń umieszczonych pod spodem i na obrzysie obudowy.

Montaż rozpoczynamy od spodu płytki, gdzie lutujemy wszystkie elementy z wyjątkiem przycisków UP, DOWN oraz PWR/SEL. Następnie przechodzimy na warstwę górną, na której montaż rozpoczynamy od przyłutowania wszystkich półprzewodników. Dalej montujemy rezystory, kondensatory, pozostałe elementy bierne, a na samym końcu złącze USB oraz gniazdo słuchawkowe. W tym momencie wracamy na spód płytki, gdzie montujemy mikroprzełączniki UP, DOWN oraz PWR/SEL. Następnie, możemy przystąpić do przyłączenia akumulatora zasilającego, czego dokonujemy poprzez przyklejenie



Rysunek 8. Wygląd graficznego interfejsu użytkownika urządzenia radioBox

go do obwodu drukowanego na górze płytki, przycięcie jego przewodów zasilających na odpowiednią długość, a następnie ich doprowadzenie do punktów lutowniczych oznaczonych „+” i „-”. Na samym końcu, do tak przygotowanej płytki, montujemy wyświetlacz OLED, zwyczajnie lutując jego wyprowadzenia w przeznaczone do tego celu pola lutownicze (należy sprawdzić polaryzację zasilania), gdyż połączenia te zapewniają mu jednocześnie wystarczający montaż mechaniczny. Widok zmontowanego urządzenia bez podłączonego akumulatora zasilającego pokazano na **fotografiach 5 i 6**. Na fotografii tytułowej pokazano kompletne urządzenie radioBox z przyłączonym akumulatorem zasilającym i wyświetlaczem OLED.

Obsługa

Podstawowym kryterium obowiązującym przy opracowywaniu interfejsu użytkownika były ergonomia i łatwość obsługi oraz jego czytelność. Zgodnie z tymi podstawowymi założeniami, na płycie sterownika przewidziano wyłącznie 3 przyciski sterujące (**UP**, **DOWN** oraz **PWR/SEL**), przy czym każdy z nich obsługuje krótkie (ok.100 ms) i długie (powyżej 500 ms) wciśnięcie przycisku. Diagram obrazujący sposób obsługi urządzenia pokazano na **rysunku 7** (symbole przycisków wypełnione kolorem czarnym symbolizują długie naciśnięcie wybranego elementu), zaś

Listing 2. Funkcja odpowiedzialna za włączenie układu radioodbiornika Si4703

```
void powerUpRadio(void)
{
  //Uruchomienie układu Si4703, w tym wyłączenie funkcji Mute (sekwencja power-up, AN230 str.6)
  Registers[POWERCFG_REG] |= (1<<DMUTE) | (1<<ENABLE);
  Registers[POWERCFG_REG] &= ~(1<<DISABLE);
  //Aktualizacja zawartości rejestru POWERCFG_REG
  TWI_Start();
  TWI_WriteByte(SI4703WR_ADDR); //Adres układu w trybie zapisu
  TWI_WriteInteger(Registers[POWERCFG_REG]);
  TWI_Stop();
  _delay_ms(110); //Niezbędny czas na uruchomienie układu Si4703 (nota aplikacyjna, str.13, Tab.8)
}
```

na **rysunku 8** zilustrowano wygląd graficznego interfejsu użytkownika z zaznaczeniem wyświetlanych informacji.

Dla porządku dodam, iż „radioBox” wyposażono w mechanizm redukcji poboru mocy, którego działanie polega na automatycznym wyłączeniu wyświetlacza OLED po czasie 20 sekund bezczynności (braku działań po stronie użytkownika). Aktywacja wyświetlacza następuje z chwilą przyciśnięcia dowolnego z elementów sterujących. Ten prosty mechanizm jest na tyle skuteczny, że pozwala na dość długą pracę systemu bez potrzeby ponownego ładowania wbudowanego akumulatora zasilającego! Warto również zauważyć, iż informacje tekstowe przesyłane dzięki systemowi RDS w postaci grupy typu Radio Text (maksymalnie 64 znaki) prezentowane są w formie automatycznie przewijanego tekstu w dolnej części ekranu. Jako kolejne udogodnienie, dodano funkcjonalność w postaci podglądu nazw zapamiętanych stacji radiowych. Funkcjonalność ta dostępna jest wyłącznie w trybie wyboru banku pamięci i polega na chwilowym wyświetleniu

Ustawienia Fuse-bitów:

CKSEL3...0: 1101
SUT1...0: 11
CKDIV8: 0
CKOUT: 1
DWEN: 1
EESAVE: 0

zapamiętanej wcześniej nazwy stacji (skorelowanej z numerem banku pamięci) w ostatnim (najniższym) wierszu wyświetlacza OLED. Wspomniana nazwa jest niczym innym, jak wiadomością typu PS (Program Service) wyświetlaną w chwili zapamiętywania ulubionej stacji radiowej pod wybranym numerem banku pamięci, w związku z czym warto zadbać o to, by w chwili zapisywania banku pamięci radioodbiornik wyświetlał informacje jednoznacznie identyfikującą wybraną stację radiową. Uwaga ta jest o tyle istotna, iż nadawcy, w ramach wiadomości typu PS, nadają różnorakie i zmieniające się komunikaty, pośród których występuje nazwa stacji radiowej.

Robert Wołgajew, EP

REKLAMA

Wszystko, co lubisz,
w jednym miejscu



 ulubiony
KIOSK.pl

UlubionyKiosk.pl

Oferuje papierowe
i elektroniczne
wydania czasopism
z najważniejszych
segmentów rynku:

budownictwo i wnętrza, muzyka
i dźwięk, elektronika i automatyka,
edukacja i hi-tech, rodzina.

Przesyłka
GRATIS