

Kmitočtová syntéza pre FM tuner

Ján Kadák

Vzhľadom na to, že v dnešnej dobe je pásmo frekvencií 87,5 až 108 MHz „preplnené“ rôznymi rozhlasovými stanicami, pričom je takmer nemožné pri mechanickom ladení presne naladiť požadovanú stanicu, rozhodol som sa postaviť modul kmitočtovej syntézy, ktorý poskytuje podstatne pohodlnejšie ovládanie VKV prijímača a jeho stavba je jednoduchá a lacná.

Základné technické údaje

Kmitočtový rozsah: 87,5 až 108 MHz.
Medzifrekvencia: 10,7 MHz.
Počet predvolieb: 20.
Displej: LED,
 2 miesta číslo predvolby,
 5 miest frekvencia.
Napájanie: riadiaca časť 5 V,
 ladiace napätie max. 31 V.
Odber prúdu: bez displeja do 90 mA.
Ovládanie: 4 tlačidlá.

Popis zapojenia

Celé zapojenie možno rozdeliť do dvoch častí. Schéma riadiacej časti je na obr. 1. Základom je mikroprocesor od firmy Atmel AT89C2051. K nevyhnutnej funkcii je potrebný kryštál

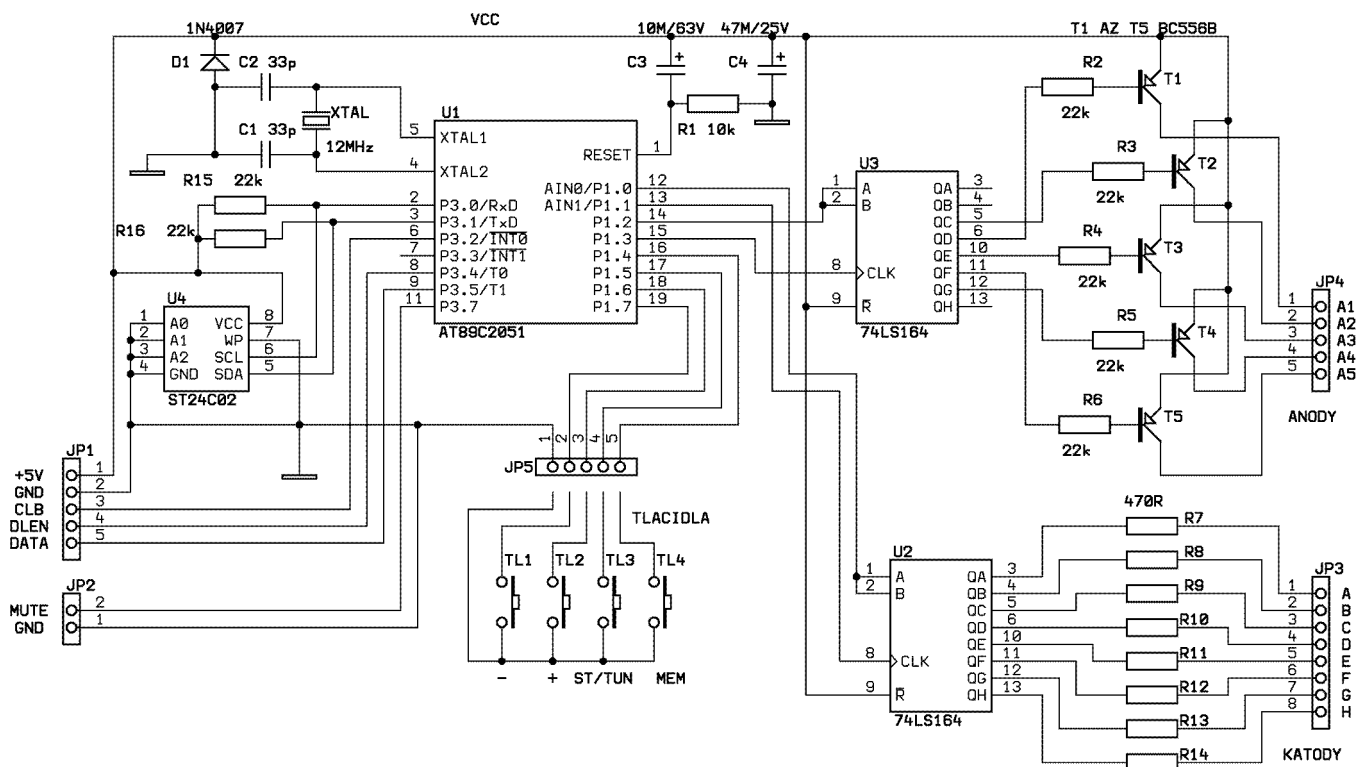
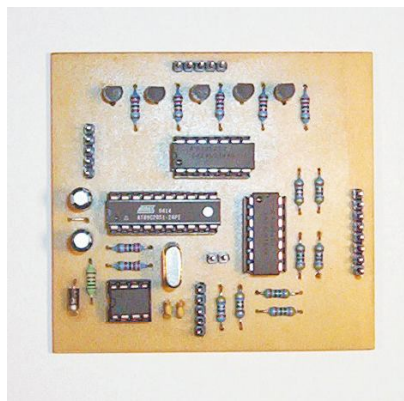
pripojený na vývody č. 4 a 5 procesora. K správnej funkcii je tiež potrebný „resetovací“ obvod, zložený z prvkov R1 a C3, ktorý je pripojený na vývod č. 1 procesora. Kondenzátor C4 slúži len na filtráciu napájacieho napätia. Dióda D1 „chráni“ integrované obvody pred zničením v prípade opačne zapojeného napájacieho napätia.

Na bránu P3, t.j. piny p3.0 a p3.1, je pripojená sériová pamäť EEPROM 24C02, ktorá slúži na uchovanie frekvencie na jednotlivých predvoľbách aj po vypnutí napájania. Prístup k tejto pamäti je cez zbernicu I²C. Pin p3.3 je ponechaný ako rezerva. Na pinoch p3.2, p3.4 a p3.5 je programom vytvorená zbernica C-BUS, pomocou ktorej sa prenášajú dáta do kmitočtového syntetizátoru s obvodom SAA1057. Zbernica je vyvedená na konektor JP1. Cez tento konektor sa

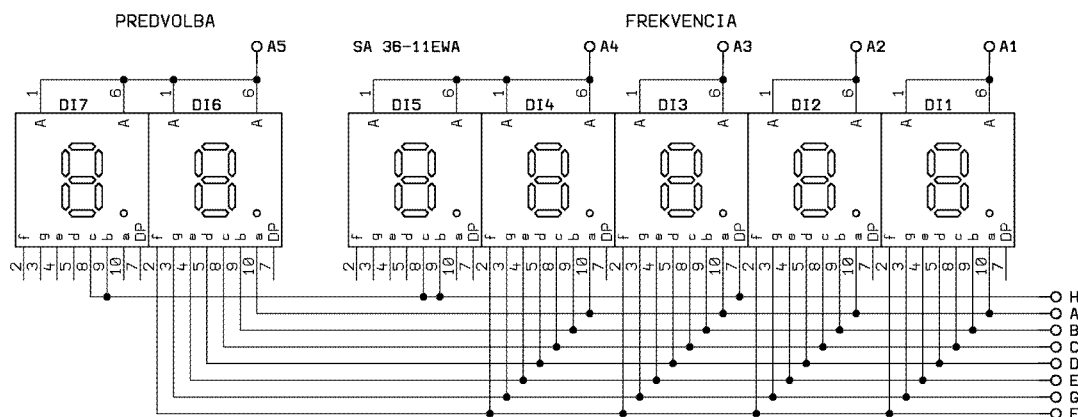
tiež pripája napájacie napätie +5 V pre riadiacu časť.

Pin p3.7 procesora je vyvedený na konektor JP2 a slúži na umlčanie nízkofrekvenčnej cesty pri prepínaní jednotlivých staníc. Pri praktických skúškach s tunerom z autorádia nebolo umlčanie potrebné, pretože pri prepínaní predvolieb sa vyskytlo len nepatrné rušenie. Komu by to vadilo, môže využiť toto umlčanie, pričom pri log. 1 na pine p3.7 sa má signál stlmiť. Ak by nevyhovovala napäťová úroveň, treba ju prispôbiť pomocou tranzistora. Pri manuálnom ladení nie je aktivované umlčanie. Ladenie je pomerne čisté a nepôsobí rušivo.

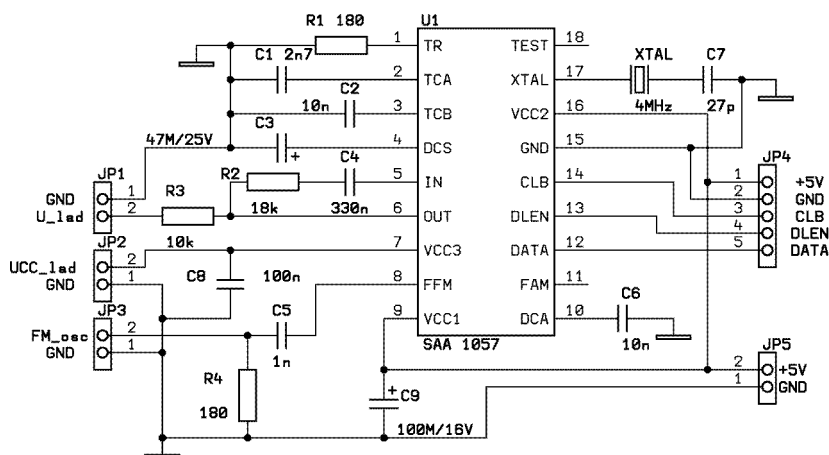
Na časť brány P1 sú pripojené ovládacie tlačidlá, ktorých funkcie sú popísané v schéme zapojenia riadiacej časti. Sú vyvedené na konektor JP5. Z dôvodu nedostatku voľných pinov procesora sú v zapojení použité dva posuvné registre 74LS164, ktorými sa „budí“ displej. V zapojení sú použité



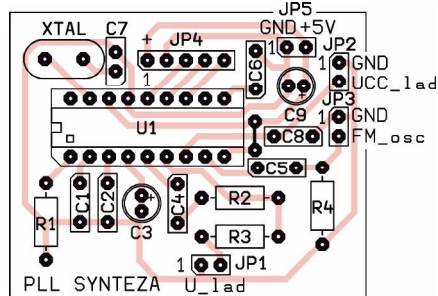
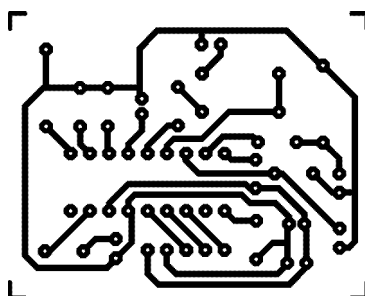
Obr. 1. Zapojenie riadiacej časti frekvenčnej syntézy



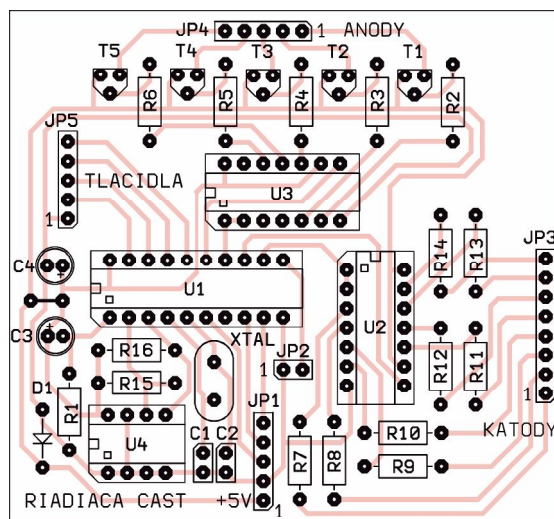
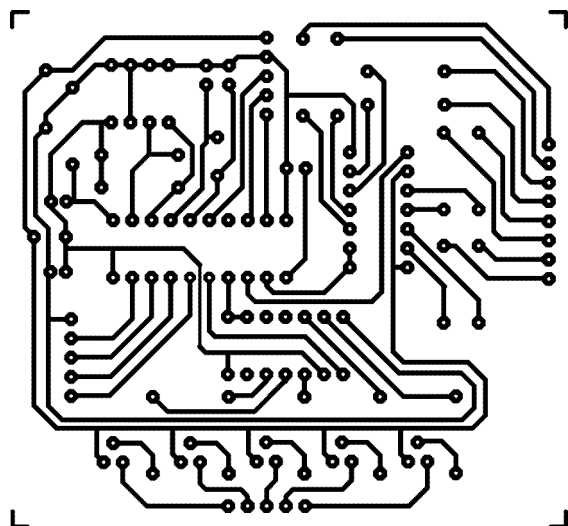
Obr. 2.
Schéma
zapojenia
displeja
frekvenčnej
syntézy



Obr. 3. Frekvenčný syntetizátor s obvodom SAA1057



Obr. 4 a 5. Doska s plošnými spojmi modulu syntetizátoru
a rozmiestnenie súčiastok



Obr. 6 a 7. Doska s plošnými spojmi riadiacej časti syntetizátoru a rozmiestnenie súčiastok na doske

7-segmentovky so spoločnou anódou. Jednotlivé anódy zobrazovacích prvkov sa spínajú cez tranzistory T1 až T5. Anódy 7-segmentoviek sa pripájajú na konektor JP4. Katódy sa pripájajú na konektor JP3. Zmenou rezistoru R7 až R14 môžeme v určitom rozsahu nastaviť svit segmentov. Na displeji sa zobrazuje frekvencia na piatich miestach, pričom na piatom mieste svieti jednotka iba v prípade, že frekvencia je väčšia ako 99,95 MHz. Anódy 7-segmentoviek DI4 a DI5 sú spojené a katódy „b“ a „c“ DI5 sú spojené a pripojené na spoločný vodič „h“. Takisto sú spojené aj anódy prvkov DI6 a DI7 a segmenty „b“ a „c“ prvku DI7 sú spojené a pripojené na spoločný vodič „h“, viď schéma zapojenia displeja na obr. 2. Je zrejme, že prvky DI5 a DI7 slúžia iba na zobrazenie čísla „1“.

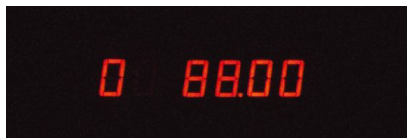
Schéma zapojenia frekvenčného syntetizátoru s obvodom SAA1057 je na obr. 3. Ide o klasické katalógové zapojenie tohto obvodu, ktorý je dobre známy aj na stránkach PE. Bližšie informácie o ňom môžete získať v [3], [4], alebo ak sa pozriete na datasheet tohto IO. Z konektora JP1 sa privádza ladiace napätie na vstupnú jednotku FM tunera. Na konektor JP2 sa pripája napájacie napätie pre výstupný ope-



Obr. 8. Displej pri ručnom ladení



Obr. 9. Ukladanie predvoľby „7“



Obr. 10. Predvoľba „0“

račný zosilňovač obvodu SAA1057. Napätie v tomto zapojení volíme od +5 V do +31 V. Keďže z tohto napätia je odvádzané ladiace napätie pre FM tuner, musí byť „čisté“, to znamená, že by malo byť privádzané zo samostatného napájacieho zdroja a nie zo zdroja, ktorý napája logickú časť (rušenie). Veľkosť napájacieho napätia je vhodné voliť tak, aby bolo najmenej o 2 V väčšie ako je maximálne ladiace napätie FM tunera!

Na konektor JP3 sa privádza signál z oscilátora FM jednotky. Minimálna veľkosť efektívnej hodnoty napätia privedeného na tento konektor je 10 mV. Ak má jednotka výstup z oscilátora, nie je problém. V prípade, že nemá tento výstup, musíme navinúť na kostičku cievky oscilátora približne 2 až 3 závit (treba vyskúšať) tenkého smaltovaného medeného drôtu. Takto navinutú cievku pripojíme na konektor JP3 tieneným káblom. Jeden koniec cievky spojíme s opletením a druhý so stredným vodičom.

Na konektor JP5 sa pripája napájacie napätie +5 V pre logickú časť obvodu SAA1057 a zároveň slúži aj ako napájanie pre riadiacu časť. Konektor JP4 slúži na pripojenie dátových vodičov a napájania medzi doskou syntetizátora a riadiacou časťou (na riadiacej časti konektor JP1).

Ovládanie

Na ovládanie sú použité štyri tlačidlá, ktorých funkcie sú nasledovné: Tlačidlá „+“ a „-“ slúžia na ručné ladenie kmitočtu, alebo prepínanie staníc. Tlačidlo „ST/TUN“ slúži na prepínanie medzi funkciami ladenie / voľba stanice. Pri ručnom ladení displej zobrazí na mieste čísla stanice znak „t“ (tuning), a potom môžeme pomocou tlačidiel „+“ a „-“ naladiť požadovanú stanicu, ktorej frekvencia je zobrazená na piatich miestach displeja.

Krok ladenia bol zvolený 50 kHz a rozsah ladenia je od 87,50 MHz po 108,00 MHz. Ak sa dostaneme pri ladení na koniec pásma (108 MHz) a následne stlačíme tlačidlo „+“, nastaví sa začiatok pásma, t.j. frekvencia 87,5 MHz. Toto platí aj opačne, ak sme na začiatku pásma (87,5 MHz) a stlačíme tlačidlo „-“, nastaví sa frekvencia 108 MHz. Pri nastavenej voľbe „prepínanie staníc“ sa na mieste predvoľby zobrazí číslo stanice (od 0 po 19) a na ostatných miestach displeja je zobrazená frekvencia, ktorá je uložená na danej predvoľbe.

Tlačidlo „MEM“ slúži na ukladanie frekvencie do pamäte. Ak sme v menu ladenie a naladili sme požadovanú frekvenciu, prvým stlačením tohto tlačidla sa namiesto znaku „t“ zobrazí na mieste predvoľby číslo stanice, ktorá bola nastavená pred voľbou ručného ladenia (pomocou tlačidla „ST/TUN“), pričom toto číslo bliká. Teraz môžeme pomocou tlačidiel „+“ a „-“ počas asi 10 sekúnd, zmeniť číslo predvoľby, na ktorú chceme uložiť zobrazenú frekvenciu. Ak sme navolili požadované číslo predvoľby, musíme počas 10 sekúnd stlačiť tlačidlo „MEM“ druhýkrát. Ak sme to stihli v spomínanom čase, frekvencia sa uloží na predvoľbu, ktorá je zobrazená na displeji. Namiesto frekvencie sa zobrazí nápis „SAVE“, ktorý svieti asi 1 sekundu. Potom sa opäť na displeji zobrazí uložená frekvencia. Ak náhodou nestihneme stlačiť tlačidlo „MEM“ počas blikania čísla predvoľby druhýkrát, ukladanie do pamäte sa neuskutoční a program sa vráti do menu ručného ladenia.

Ukladanie do pamäte je možné aj v prípade, keď sme v menu prepínania staníc. Význam je v tom, že môžeme jednoducho usporiadať poradie staníc. Ak sme sa počas „ukladania stanice“ do pamäte (bliká nápis s číslom predvoľby) rozhodli zrušiť zápis do pamäte, musíme stlačiť tlačidlo „ST/TUN“. Program sa vráti do menu, ktoré bolo nastavené pred prvým stlačením tlačidla „MEM“.

Ak vznikne chyba pri komunikácii s pamäťou, na displeji sa zobrazí namiesto frekvencie nápis „Err“, ktorý svieti asi 1 sekundu. Potom sa nastaví menu ručného ladenia. Pri prvom zapnutí zariadenia sa na displeji zobrazí nápis „init“. Tento nápis svieti počas zapisovania frekvencie 87,5 MHz na všetkých dvadsať predvoľieb. Ak vznikne chyba počas zapisovania týchto počiatočných hodnôt do pamäte, na displeji sa zobrazí nápis „M Err“, ktorý svieti asi 1 sekundu. Potom program nastaví menu ručného ladenia a počiatočnú frekvenciu 87,5 MHz. Ak nám vznikla takáto chyba, funguje iba ručné ladenie a tlačidlá „MEM“ a „ST/TUN“ sú blokované. Z toho vyplýva, že syntéza môže fungovať aj bez pamäte 24C02! Potom však funguje iba

ručné ladenie a nie je možné naplno využiť možnosti danej kmitočtovej syntézy!

Riadiaci program

Ovládací program zabezpečuje všetky potrebné funkcie. Cez prerušenie pomocou časovača 0 zabezpečuje každých 110 ms čítanie klávesnice. Ďalej pomocou tohto časovača multiplexne riadi displej.

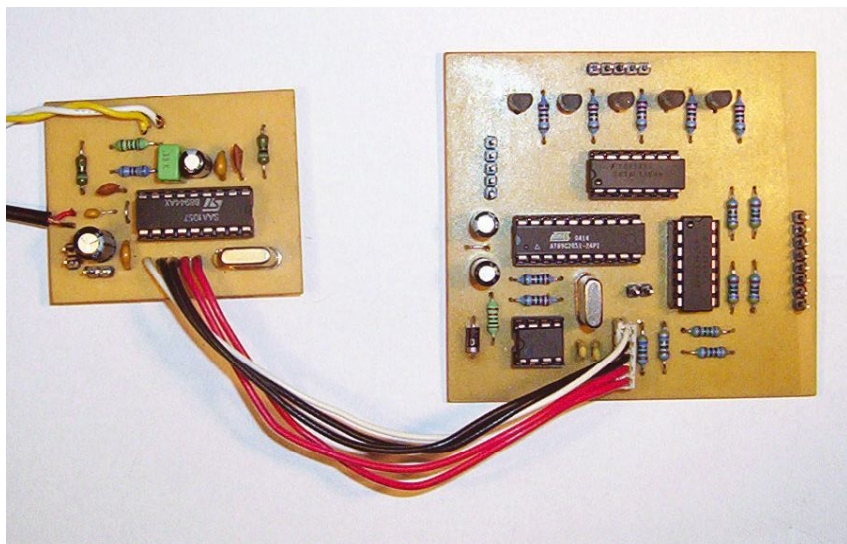
Program zabezpečuje vysielanie dát pre obvod SAA1057 cez zbernicu C-BUS, ktorá je vytvorená programovo. Pri ručnom ladení je nastavený synchrónny prenos, pri ktorom sa do vstupných obvodov IO SAA1057 prenáša dátové slovo synchrónne so signálom referenčného kmitočtu analógového fázového detektoru. Pri prepínaní staníc je vždy nastavený asynchrónny prenos, ktorý je veľmi rýchly a používa sa pri veľkých kmitočtových zmenách.

Program tiež zabezpečuje obsluhu pamäte 24C02 pomocou zbernice I²C, ktorá je vytvorená programovo na bitoch p3.0 a p3.1 procesora AT89C2051. Frekvencia je ukladaná do pamäte ako 2-bytová hodnota, pričom najskôr sa ukladá nižší byte a potom vyšší. Ukladanie sa začína od adresy 04hex (predvoľba 0). Pri prvom zapnutí program skúša prečítať z adresy 03hex pamäte 24C02, konštantu 40hex. Ak je prečítaná iná hodnota z danej adresy, tak zapíše postupne na všetky predvoľby hodnoty, ktoré zodpovedajú frekvencii 87,5 MHz. Ak pri tomto zápise nevznikne žiadna chyba, zapíše na adresu 03hex pamäte hodnotu 40hex. Z toho vyplýva, že pri ďalšom zapnutí prečíta z pamäte správnu hodnotu 40h (ak nevznikne chyba) a následne prečíta frekvenciu uloženú na predvoľbe 0.

Funkcia umlčania je aktívna v prípade prepínania staníc a pri ručnom ladení iba v prípade veľkého kmitočtového skoku, t.j. zo 108 MHz na 87,5 MHz a opačne. Umlčanie je signalizované úrovňou log. 1 na bite p3.7 procesora po dobu približne 0,3 sekundy od stlačenia príslušného tlačidla. Časovač 1 ako aj vstup externého prerušenia INT1 procesora je ponechaný ako rezerva a v budúcnosti môže byť využitý pre pripojenie infračerveného prijímača, pričom získame možnosť ovládať celé zariadenie aj pomocou DO.

Konštrukcia

Všetky dosky s plošnými spojmi sú jednostranné. Doska plošných spojov riadiacej časti je na obr. 6. Dosku osadíme všetkými súčiastkami. Pre procesor U1 a pamäť U4 je vhodné osadiť objímky. Pozor na prepojku pri procesore U1. Displej nie je súčasťou



Obr. 10. Fotografie dosok riadiacej časti a syntetizátora

riadiacej časti preto, lebo je úzko spätý s predným panelom prístroja. Taktiež tlačidlá nie sú na doske s plošnými spojmi riadiacej časti. Drôty k displeju, k tlačidlám, ako aj k doske syntetizátora, by mali byť čo najkratšie. Zamedzíme tým prenikaniu rušenia k citlivým obvodom FM tunera.

Doska s plošnými spojmi frekvenčného syntetizátora je na obr. 4. Dosku taktiež osadíme všetkými súčiastkami, pritom dbáme na správne osadenie všetkých prvkov. Pre integrovaný obvod U1 môžeme osadiť objímku. Pozor na prepajku, ktorá je umiestnená pri integrovanom obvode.

Oživenie

Po osadení dosiek skontrolujeme správne zapojenie všetkých súčiastok a prípadne odstránime vzniknuté cívne mostíky.

Najskôr by bolo vhodné oživiť riadiacu časť. Procesor a pamäť vložíme do objímok. Pripojíme displej a tlačidlá. Dbáme pritom na správnu orientáciu. Riadiacu časť s doskou syntetizátora zatiaľ nespájame. Na konektor JP1 riadiacej časti privedieme napájanie, a to tak, že na pin 1 konektora JP1 privedieme +5 V a na pin 2 privedieme GND. Zapojenie nemá žiadne nastavovacie prvky a musí fungovať na prvé zapojenie. Odber prúdu zo zdroja bez pripojeného displeja je do 50 mA. Na displeji by sa mal zobraziť nápis „init“ a potom číslo predvoľby 0 a frekvencia 87,5 MHz. Ak sa objaví nápis „M Err“, tak je chyba v komunikácii s pamäťou 24C02. Ak nie je chyba, vyskúšame všetky funkcie riadiacej časti. Ak je svit displeja malý, upravíme odpor rezistorov R7 až R14.

Ak riadiaca časť spoľahlivo funguje, pristúpime k oživeniu syntetizátora. Pripojíme dosku syntetizátora k riadiacej časti (konektor JP1 riadiacej časti s konektorom JP4 syntetizátora).

Ďalej pripojíme napájacie napätie pre výstupný operačný zosilňovač obvodu SAA1057 (konektor JP2), pričom ho volíme od +5 V po max. +31 V. Ladiace napätie (konektor JP1) pripojíme k FM tuneru a signál z oscilátora tunera pripojíme tienovým káblom ku konektoru JP3. Na konektor JP5 privedieme napájanie +5 V a na FM tuner pripojíme tiež napájanie. Na displeji sa objaví frekvencia 87,5 MHz. Zvolíme ručné ladenie. Naladíme takú stanicu, o ktorej vieme, že má v našom okolí silný signál. Z reproduktora FM prijímača by sme mali počuť hudbu, prípadne hovorené slovo danej stanice.

Ak sme „nechytli“ požadovanú stanicu, môžeme si správnu funkciu syntetizátora overiť aj meraním napätia na výstupe TEST obvodu SAA1057. Pretože tento výstup má otvorený kolektor, musíme ho najskôr pripojiť cez rezistor (napr. 47 k Ω) na +5 V. Ak potom nameriame voči zemi na tomto výstupe napätie blízke nule, to znamená, že syntetizátor sa „nezavesil“. Ak nameriame napätie blízke +5 V, znamená to, že sa „zavesil“ a zapojenie musí fungovať. Správnu funkciu môžeme overiť aj meraním ladiaceho napätia. Toto napätie sa musí počas ladenia pozvoľne meniť.

Záver

Popisované zapojenie bolo úspešne vyskúšané s FM tunerom zo staršieho autorádia zn. TESLA. Ladiace napätie bolo dosť veľké, asi 28,9 V pri 108 MHz. Vstupná jednotka nemala výstup oscilátora, takže som musel navinúť cievku na kostričku cievky oscilátora a pripojiť ju k doske syntetizátora. Výhoda zapojenia s frekvenčným syntetizátorom je najmä vo vysokej stabilite frekvencie, ako aj číslcového zobrazenia kmitočtu. Predkladané zapojenie je možné použiť na FM prijímačoch, ktoré sú la-

dené napätím (potenciometrom) a majú medzifrekvenčný kmitočet 10,7 MHz.

Zoznam súčiastok

Riadiaca časť:

R1	10 k Ω
R2 až R6,	
R15, R16	22 k Ω
R7 až R14	470 Ω
C1, C2	33 pF, keram.
C3	10 μ F/63 V
C4	47 μ F/25 V
D1	1N4007
T1 až T5	BC556B (pnp)
DI1 až DI7	7-segmentovky, spol. anóda (napr. SA 36-11EWA)
U1	AT89C2051, naprogram.
U2, U3	74LS164
U4	ST24C02
XTAL	kryštál 12 MHz, HC49U
TL1 až TL4	spínacie tlačidlá
JP1, JP4, JP5	konektor 1 \times 5 pin
JP2	konektor 1 \times 2 pin
JP3	konektor 1 \times 8 pin
objímky	DIL20, DIL8
prepajka	

Syntetizátor:

R1, R4	180 Ω
R2	18 k Ω
R3	10 k Ω
C1	2,7 nF
C2, C6	10 nF
C3	47 μ F/25 V
C4	330 nF
C5	1 nF
C7	27 pF
C8	100 nF
C9	100 μ F/16 V
U1	SAA1057
XTAL	kryštál 4 MHz, HC49U
JP1, JP2,	
JP3, JP5	konektor 1 \times 2 pin
JP4	konektor 1 \times 5 pin
prepajka	

Literatúra

- [1] Datasheet SAA1057, napr.: <http://www.alldatasheet.co.kr/datasheet-pdf/view/PHILIPS/SAA1057.html> alebo http://datasheets.sinus.cz/show_files.php
- [2] www.hw.cz
- [3] Maršík, V.: Kmitočtová syntéza oscilátorového kmitočtu. ARB 3/1987, s. 88.
- [4] Malý katalog pro konstruktéry 1991 (Příloha AR), s. 1.
- [5] Procházka, P.: Kmitočtová syntéza pro tuner VKV. Electus 97, s. 19.
- [6] Zajíc, M.: Kmitočtová syntéza. PE 1/2000, s. 16.

Program pre procesor si môžete stiahnuť zo stránky www.aradio.cz. Prípadné pripomienky píšete na e-mail: jan.kadak@post.sk