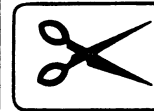


Kmitočtová syntéza

Miloš Zajíc

VYBRALI JSME NA



OBÁLKU

Při dnešním obsazení pásma VKV FM není téměř možné u přijímačů s „mechanickým“ laděním naladit žádanou stanici podle stupnice. Digitální zobrazení kmitočtu, ladění a stabilizace kmitočtu smyčkou PLL je dnes už téměř nutností.

Návodů na kmitočtovou syntézu již bylo publikováno několik. Tato konstrukce by měla uživateli nabídnout o něco více než ostatní při zachování maximální jednoduchosti, a tím i nízké ceny. Například změnu rozsahu ladění, ladicího kroku, mezifrekvenčního kmitočtu, různé varianty displejů. Vzhledem k této variabilitě je její použití podstatně širší než jenom pro přijímač VKV FM. Konstrukce je optimalizována pro tuner TES25S z PE 1/99.

Základní technické údaje

Pracovní rozsah:	87,5 až 108 MHz (40 až 150 MHz).
Kmitočtový krok:	násobky 25 kHz.
Počet předvoleb:	27.
Displej:	3,5 místa 13 mm LCD nebo 4 místa 14 mm LED.
Napájení:	12 V, 30 mA/LCD, 250 mA/LED.
Rozměry	
zákl. deska:	68 x 45 x 23 mm,
displej LCD:	68 x 40 x 13 mm,
displej LED:	67 x 22 x 12 mm.
Osazení:	4 IO, 2 T, 1 D (zákl. deska), + 4 IO (displej).

Popis zapojení

Kmitočtovou syntézu je možno rozdělit na tři základní bloky. Řídicí jednotka, zobrazovač a vlastní obvod kmitočtové syntézy.

Základem řídicí jednotky je procesor ATMEL řady RISC AT90S1200. Tyto obvody zatím nejsou běžně rozšířeny přes svoje dobré vlastnosti; mají například: velkou rychlost, možnost vícenásobného přeprogramování a uživatelskou paměť EEPROM na čipu. Nevýhodou je zcela jiný instrukční soubor oproti typům řady 51 a tím obtížnější programování. V zapojení kmitočtové syntézy pracuje procesor s externím zdrojem hodinového kmitočtu asi 400 kHz, který generuje syntezátor IO1. I při takto nízkém kmitočtu je výkon procesoru naprosto

dostatečný (jako 8051 na 5 MHz) pro danou aplikaci. Pro zajištění správné funkce je nutný obvod „reset“ IO3. Rozhodovací úroveň použitého obvodu je asi 4,4 V. Ovládací tlačítka jsou připojena přímo na bránu PB procesoru. Rezistory R6 až R19 slouží jako ochranné a také výrazně zmenšují vyzařování, které jinak produkují signálové vodiče připojené k desce.

K jednotce syntézy je možno připojit dva typy displejů – LCD nebo LED. Lze tak vyhovět různému vkusu uživatelů. Oba typy displejů jsou buzeny sériově, takže pro připojení stačí pouze 3 signálové a 2 napájecí vodiče. Jednoduché připojení umožňuje konstrukci displeje na samostatné desce, a tím zjednodušení mechanické montáže. Varianta s displejem LCD využívá standardního 3,5místného zobrazovače používaného v multimetrech. Jeho výhodou je snadná dostupnost (starší TESLA 4DRxxx), velké znaky a nepatrná spotřeba. Jako budiče jsou použity 3 běžné sériové registry 4094 vyznačující se velmi nízkou cenou proti speciálním obvodům. Navíc lze tímto způsobem zobrazovat na displeji i některá písmena. Generování potřebných komplikovaných průběhů zajišťuje program v mikroprocesoru.

Varianta s displejem LED je velmi podobná. Jsou zde použity opět obvody 4094, ale pro dosažení malých rozměrů a jednoduché montáže v provedení

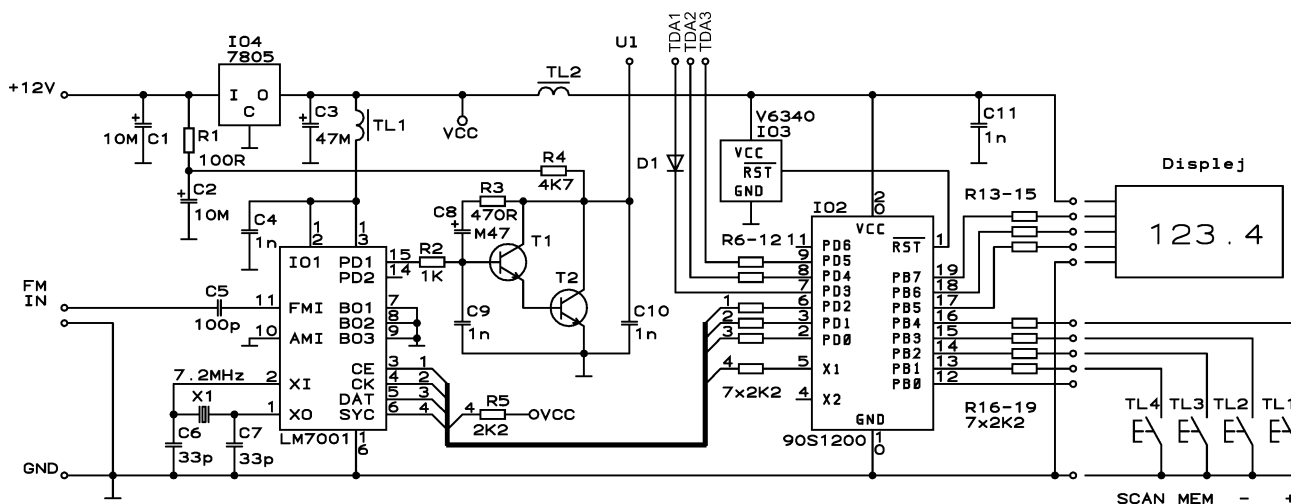
SMD. Pro buzení segmentů LED se využívá vlastností výstupního obvodu CMOS řady 4000. Ten dodává proud asi 5 mA. To pro kvalitní displeje zcela postačuje.

Jako obvod kmitočtové syntézy IO1 je použit obvod firmy SANYO s označením LM7001. Tento obvod byl vybrán pro svoji nízkou cenu. Pracuje až do kmitočtu 150 MHz s krokem 25 kHz. Propojení s procesorem je opět sériové. Oscilátor obvodu pracuje na kmitočtu 7,2 MHz a na výstupu SYC je k dispozici 400 kHz pro mikroprocesor. Z obvodu se využívá pouze část FM. Výstupy pro přepínání pásem Bx též nejsou využity. Signál z oscilátoru vstupní jednotky je přes C5 přiveden na FM vstup obvodu. Jako výstupní zesilovač fázového detektoru slouží tranzistor T1 a T2 v Darlingtonově zapojení. Je použit pouze jednoduchý filtr R3, C8 smyčky PLL. Na výstupu tohoto zesilovače je již ladicí napětí pro vstupní jednotku.

Zdrojovou část tvoří IO4, který stabilizuje napětí pro logické obvody. Pro displej LCD by mohl být použit i typ 78L05. Tlumivky T11 a T12 omezují pronikání vf kmitočtů po napájení. Informativní spotřeba obvodů: procesor 2 mA, displej LCD 0,1 mA, displej LED max. 250 mA a LM7001 25 mA.

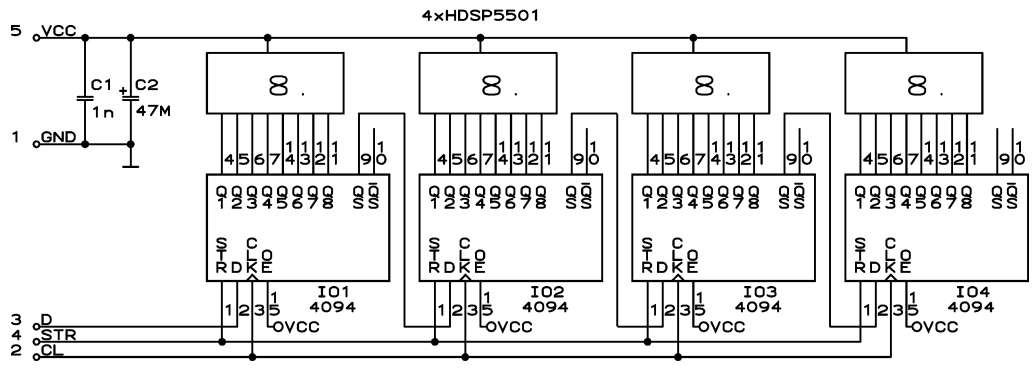
Programové vybavení

Ovládací program zajišťuje všechny potřebné funkce. Je napsán v assembleru a zaplňuje téměř celou paměť (512 b x 16). Vzhledem k složitosti programu a velikosti programové paměti procesoru jsou dvě verze programu: pro displej LED a displej LCD. Dosti značnou část paměti zabírá část automatického ladění. Program je blokován proti čtení.



Obr. 1. Zapojení řídicí jednotky kmitočtové syntézy pro přijímač FM

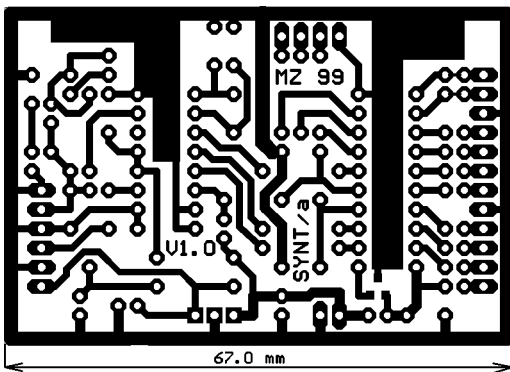
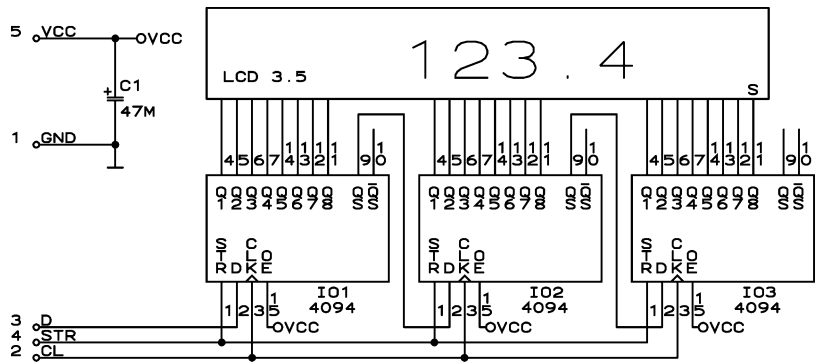
Obr. 2.
Zapojení displeje
se zobrazovačem
LED



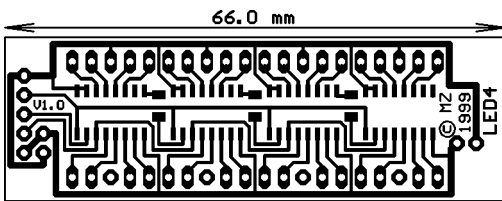
Obr. 3.
Zapojení displeje
se zobrazovačem
LCD (vpravo
dole)

Návod k obsluze a programování

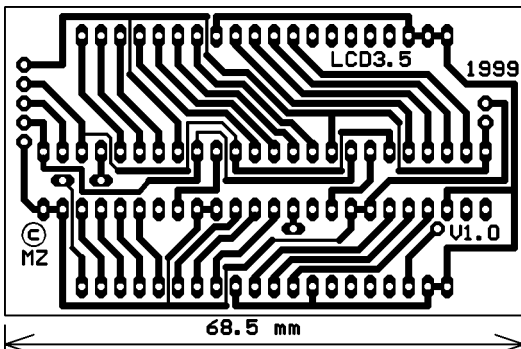
Jednotka kmitočtové syntézy se ovládá čtyřmi tlačítky: +, -, MEM a SCAN. Tlačítka + a - slouží k ladění a přepínání předvoleb směrem nahoru a dolů. Tlačítko MEM slouží k přepínání mezi laděním kmitočtu a volbou předvoleb. V základním stavu je zobrazen na displeji kmitočet. Tlačítka + a - je možno ladit nahoru a dolů v nastaveném rozsahu. Pokud se naladíme na kmitočet, který je zapsán již v nějaké předvolbě, objeví se její číslo na dis-



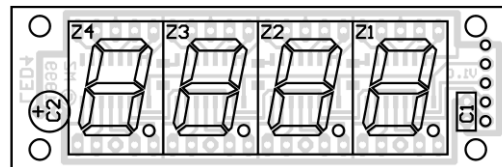
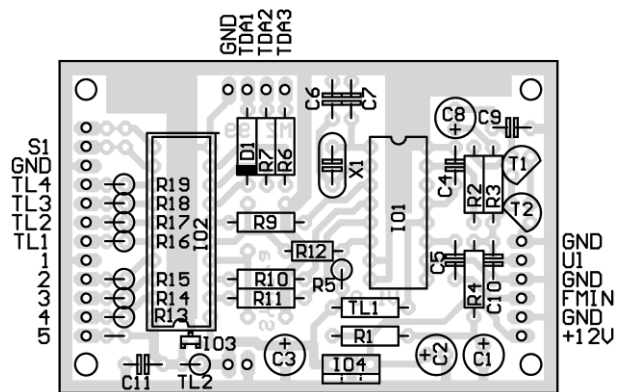
Obr. 4. Deska s plošnými spoji řídicí jednotky



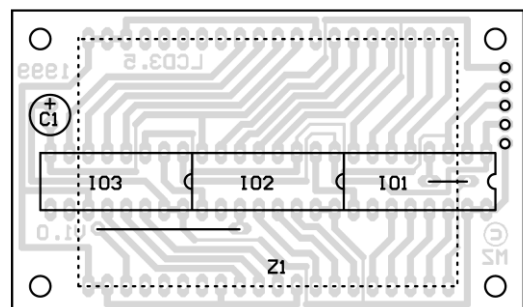
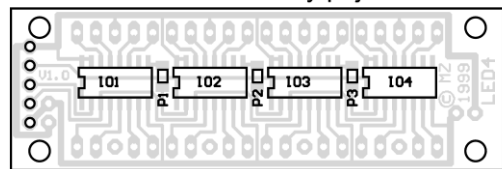
Obr. 5. Deska s plošnými spoji displeje LED

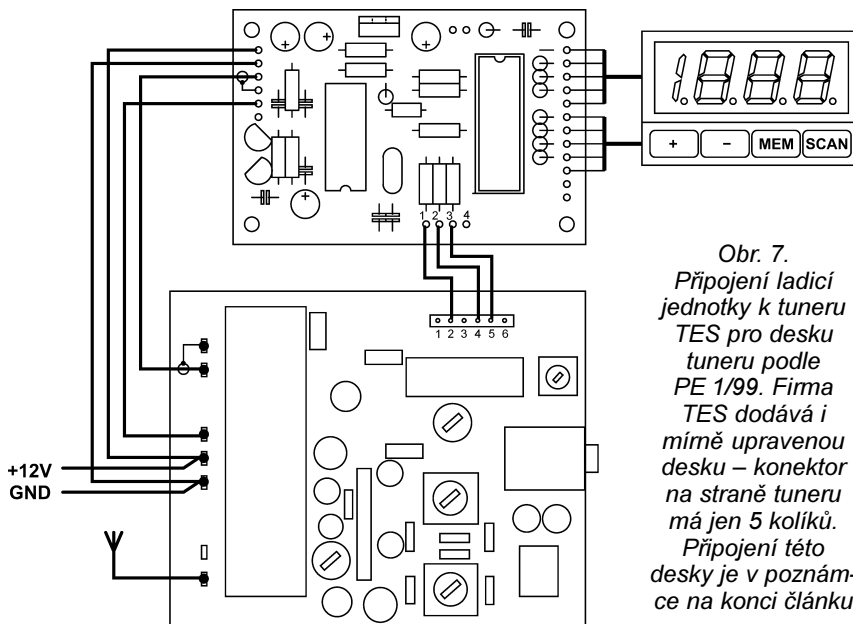


Obr. 6. Deska s plošnými spoji displeje LCD
(Displej je ze strany součástek)



Pohled ze strany pájení





Obr. 7.
Připojení ladicí jednotky k tuneru TES pro desku tuneru podle PE 1/99. Firma TES dodává i mimě upravenou desku – konektor na straně tuneru má jen 5 kolíků. Připojení této desky je v poznámce na konci článku

pleji chvílku po ukončení ladění (stisku tlačítka + nebo -). Po stisku MEM se na displeji zobrazí číslo naposledy ručně zvolené předvolby ve stylu: „ P 12“. Nyní můžeme tlačítka + a - krokovat předvolbami. Předvolba je 27. Pokud nyní nestiskneme během asi 5 sec žádná tlačítka, přepne se displej automaticky na zobrazení kmitočtu zvolené předvolby. Pokud v době, kdy svítí P na displeji stiskneme znovu MEM, vrátíme se k původně naladěné stanici před prvním stiskem MEM. Můžeme takto velmi jednoduše zjistit, co hrají na ostatních předvolbách, a pokud si nic nevybereme, vrátit se zpět k původnímu programu.

Údaje do předvolby zapíšeme takto: po naladění požadované stanice stiskneme MEM, objeví se číslo předvolby. Pokud je to požadované číslo, stiskneme znovu MEM a držíme, dokud se na displeji neobjeví „ - - -“. Tím je proveden zápis. Pokud je číslo předvolby jiné, než potřebujeme, tlačítka + a - je nastavíme, stiskneme MEM a držíme, dokud displej nezobrazí: - - - . V okamžiku stisku tlačítka MEM program sice přeladí na kmitočet uložený původně v paměti, ale při zapsání údaje se kmitočet změní a vše proběhne, jak má. Popis možná vypadá složitě, ale domnívám se, že zvolený způsob se třemi tlačítky poskytuje více možností než ovládání některých profesionálních přístrojů s mnohem více tlačítky.

Poslední funkcí je automatické ladění tlačítkem SCAN. Tato funkce pracuje pouze s tunerem osazeným v mf zesilovači obvodem TDA1596, protože využívá jeho výstupních signálů. Po stisku tlačítka se začne vyhledávat směrem nahoru nejbližší dostatečně silná stanice (podle nastavení obvodu TDA...). Po jejím nalezení se ladění zastaví. Ladění lze kdykoliv přerušit stiskem libovolného tlačítka (kromě SCAN). V průběhu automatického ladění je nízkofrekvenční signál umlčen. Při klasickém ručním ladění se neumlčuje, protože jevy způsobené přeladováním PLL

smyčky nejsou příliš rušivé. Lze takto snadno vyhledávat i slabé stanice. Profesionální výrobky při každém kroku na chvílku umlčují, což činnost „lovení stanic“ znepříjemňuje. Zde musím vzpomenout na staré přístroje s laděním otočným knoflíkem, kde se velice rychle dal získat přehled, co kde vysílají a jaké jsou příjmové podmínky.

Ještě je zde jedna funkce, která slouží k zapamatování poslední naladěné stanice. Po zapnutí se přístroj vždy nastaví na kmitočet první předvolby. Pokud požadujeme, aby si zapamatoval poslední naladěnou stanici, spojíme vývod procesoru č. 12 se zemí. Tím aktivujeme funkci, která asi 30 s po ukončení ručního ladění zapíše aktuální kmitočet do P1. Tím je zajištěno, že po opětovném zapnutí bude hrát stejná stanice. Zpoždění 30 s při zápisu je proto, aby se údaj nezapísal ihned po ukončení ladění. Tím se zmenší počet zápisů při častém přeladování. (Poznámka pro pesimisty: je zaručováno více jak milión zápisů; i kdybychom nepřetržitě zapisovali do paměti, procesor to vydrží minimálně jeden rok!)

Mód změny uživatelských parametrů aktivujeme tak, že stiskneme současně tlačítka +, -, MEM a přístroj zapneme. Na první pohled je vše stejné. Nyní je ovšem přístup i k předvolbám až do čísla 32.

Údaje se u těchto předvolb nastavují shodně jako při programování stanice. Rozdíl je pouze v tom, že signalizace zápisu je ve formě :1 - 0 (místo - - -) a tyto dvě číslice udávají číslo verze programového vybavení.

Přiřazení parametrů je následující (v závorce je uvedeno dodávané výchozí nastavení):

P28 – rezerva,
P29 – (2) ladicí krok – násobek 25 KHz,
P30 – (87,5) minimální ladicí kmitočet,
P31 – (108,0) maximální ladicí kmitočet,
P32 – (10,7) mezifrekvenční kmitočet, kmitočet PLL je vždy o tento údaj vyšší. Pokud nastavíme 0, lze použít syntézu jako generátor (kmitočet

na displeji je shodný s kmitočtem oscilátoru).

Poznámka: Nastavování parametrů probíhá s aktuálním zvoleným krokem. Pokud potřebujeme například nastavit mf kmitočet s krokem 25 kHz, musíme nejdříve nastavit P29 = 1, pak nastavit P32 a znovu nastavit P29 na původní hodnotu. Vzhledem k tomu, že displej zobrazuje v kroku 100 kHz, údaj na displeji se mění při každém čtvrtém stisku tlačítka (pro P29 = 1).

Stavba

Většina použitých IO je typu CMOS, takže je nutno dodržovat zásady pro práci s nimi.

Jako první osadíme na základní desce drátovou propojku. Dále osadíme jedinou součástku v pouzdře SMD – IO3. Potom osazujeme postupně součástky od nejnižší po nejvyšší. Některé rezistory jsou orientovány na výšku, abychom dosáhli malých rozměrů desky. Procesor IO2 je osazen v objímce. Pro IO1 můžeme použít objímku také. Pokud bychom chtěli omezit vyzařování jednotky na minimum, lze desku umístit do plechové stínící krabičky U-AH101 (GM Electronic). Při použití displeje LED je vhodné opatřit IO4 malým chladičem.

Displej LCD začneme osazovat dvěma drátovými propojkami. Potom osadíme IO1 až IO3. Kondenzátor C1 položíme na desku, aby se vešel pod displej. Nakonec osadíme displej. Je nutno s ním zacházet opatrně, aby se neodlomila část skleněného pouzdra s vývody.

Deska displeje LED je vzhledem k částečnému použití plošné montáže náročnější na pečlivou práci. Nejprve připájíme tři propojky P1 až P3, nulové odpory SMD. Dále pájíme obvody IO1 až IO4. Při pájení používáme velké množství kalafuny a minimum cinu, aby se nám nespojovaly sousední vývody. Takto lze obvody bez problémů zapájet i páječkou s běžným hrotem, protože díky kalafuně můžeme pájet dva vývody současně. Pájení usnadňuje také nepájivá maska na desce s plošnými spoji. Potom osadíme i displeje. Kondenzátor C2 položíme na desku. Nakonec vše důkladně umyjeme nejlépe isopropylalkoholem.

Oživení

Oživení spočívá pouze v odstranění případných závad. Jednotka nemá žádné nastavovací prvky (!), takže při pečlivé práci funguje na první zapojení.

Začneme s řídicí jednotkou, kterou propojíme s displejem. Jednotka VKV zůstane zatím nepřipojena. Použijeme regulovatelný zdroj s proudovým omezením nastaveným na 100 mA (pro LED asi 300 mA). Zvětšujeme napětí pomalu od nuly. Pokud by již při malém napětí byl proud omezen, je v zapojení nějaká hrubá chyba, většinou některý obvod osazený opakně nebo zničený. Při napětí asi 7 V by se měl již rozsvítit displej. Pro kontrolu změříme napětí na

výstupu IO4, kde by mělo být 5 V. Zvětšíme napětí na 12 V. Vyzkoušíme funkci tlačítek, v případě potřeby přeprogramujeme požadované parametry. Nyní můžeme jednotku připojit k tuneru, který byl předtím již odzkoušen s klasičtým laděním. Po zapnutí by mělo pracovat ladění. Vyzkoušíme přeladění v celém rozsahu. Správnou funkci PLL si můžeme ověřit i bez mf zesilovače jen se vstupní jednotkou měřením ladícího napětí *U_L*. To má být v rozsahu asi 1,5 až 8 V (platí pro vstupní jednotku TES). Při ručním ladění se napětí *U_L* pozvolna mění. Pokud není přítomen signál z oscilátoru, je ladící napětí maximální (12 V). Pokud je nulové, je někde pravděpodobně zkrat. Je-li vše v pořádku, překontrolujeme, zda při nalažení známé stanice souhlasí její kmitočet s displejem. Případnou chybu lze odstranit mírnou změnou mf kmitočtu v P32. Předpokladem je správně nalažený demodulační obvod v tuneru!! Pokud někdo vyžaduje zcela přesné nastavení, připojí si místo C7 kapacitní trimr (je zde na něj prostor) a může nastavit kmitočet zcela přesně. Pro běžné využití přístroje jako VKV FM přijímače je to zcela zbytečné.

Poslední operací je vyzkoušení automatického ladění. Propojíme příslušné signály a vyzkoušíme. Trimrem P1 (na tuneru TES) nastavíme takovou úroveň umlčovače, při které vyhledávání pracuje spolehlivě. Při velké hustotě stanic se někdy může stát, že se po stisku SCAN naladí na původní stanici. V programu je nastaven minimální rozdíl kmitočtu dvou stanic na 150 kHz, což nemusí vždy vyhovět a větší „odskok“ by byl už dost velký. Na funkci automatického ladění má zásadní vliv nastavení demodulačního obvodu (i jeho jaskost). Část programu pro automatické ladění jsem několikrát zásadně přepracoval a nyní použitá dosti složitá varianta dává zatím nejlepší výsledky. Přitom jsem dospěl k závěru, že skutečně naprosto přesně pracující automatické ladění by bylo možno zkonstruovat, pokud by procesor zpracovával analogově i údaj o síle signálu (případně i mf kmitočtu). Pouhé vyhodnocení signálu rozladění z demodulátoru při velké hustotě stanic často nepostačuje.

Aplikace

Popsanou jednotku kmitočtové syntézy lze aplikovat do téměř jakéhokoliv přijímače laděného napětím. Funkce SCAN však bude pracovat pouze s mezifrekvenčním obvodem TDA1596. Tuto funkci však nemusíme využívat. Příslušné vývody nezapojujeme a nepoužijeme ani SCAN tlačítko.

Popsaná jednotka syntézy je přizpůsobena pro tuner TES25S publikovaný v PE 1/99. Příklad propojení s tímto tunerem je na obr. 7. Zapojení je jednoduché a mělo by být bez komplikací. Pokud budou desky hned u sebe, není nutno použít stíněné vodiče (ani na připojení signálu FM IN).

Regulaci jasu displeje LED lze jednoduše vyřešit použitím zvláštního stabilizátoru (např. LM317) pro napájení desky displeje. Maximální napětí by nemělo být větší jak asi 6 V, minimální není omezeno. Zmenšením napětí displeje se také dá výrazně zmenšit spotřeba, stejně jako použitím číslovek s velkým jasem (podstatně vyšší cena).

Pro aplikaci v jiném přístroji je nutno dodržet určité zásady:

a) Pokud je ladící napětí vstupního dílu pro potřebné přeladění větší jak 12 V, odpojme rezistor R1 od C1 a tento vývod připojíme na zdroj ladícího napětí (max. asi 30 V; je třeba změnit C2 za typ pro větší napětí). Napětí by mělo být minimálně asi o 2 V větší než maximální potřebné. Nemusí být stabilizované, ale nesmí mít zvlnění.

b) Na přívodu ladícího napětí ke vstupní jednotce (i v ní) nesmí být připojen žádný blokovací kondenzátor s kapacitou větší jak asi 100 nF, hlavně ne elektrolytický. Ten by mohl způsobit nestabilitu smyčky fázového závěsu.

c) Na vstup FM IN je nutno přivést signál oscilátoru (podle katalogu minimálně 100 mV – stačí i méně). U jednotek s výstupem oscilátoru to většinou není problém. U ostatních je nutno vyrobit snímací smyčku na cívkou oscilátoru s 1 až 3 závitů. V tomto případě ani jeden z konců smyčky nespojujeme se zemí vstupní jednotky, ale až na jednotce PLL. U některých typů vstupních jednotek bude možná nutno použít předzesilovač (vstupní jednotky, kde je použit IO a s malým napájecím napětím 3 V).

d) Maximální rozsah přeladění není určen rozsahem obvodu PLL (45 až 150 MHz), ale přeladitelností oscilátoru! Pokud „vypadne“ smyčka PLL, není to nikde indikováno.

Pokud jednotka nepracuje, jak by měla, je vhodné nejdříve překontrolovat nastavení parametrů P29 až P32. Hodnoty těchto parametrů nejsou kontrolovány na rozsah, a nesmyslné hodnoty mohou způsobit nejrůznější potíže.

Závěr

Vzhledem ke kmitočtovému rozsahu použitého obvodu PLL a možnosti individuálně nastavovat parametry ladění je možno jednotku použít nejen pro přijímače VKV FM, ale pro pásmo 80 MHz, letecké pásmo 108 až 136 MHz, ale i radioamatérské 144 MHz a další. Omezení je pouze v kroku 25 KHz.

Další náměty spočívají v použití jiného obvodu PLL pro zvětšení kmitočtového rozsahu, zmenšení kmitočtového kroku a zmenšení spotřeby. Místo tlačítek + a – by bylo možno po úpravě programu použít tzv. „točítka“. Všechna tato rozšíření jsou podmíněna dostatečným zájmem ze strany uživatelů.

Nakonec ještě asi zklamání některé zájemce. Neuvažují o doplnění syntézy o dálkové ovládání. Technicky by to nebyl velký problém. Avšak vzhledem k obrovskému množství používaných

kódů jsem tuto možnost zavrhnul. Ve výprodeji lze sice zakoupit různé vhodné ovladače. Z vlastní zkušenosti ale vím, že jak se publikuje něco založeného na výprodejních dílech, brzy se vyprodají a s konstrukcí je konec.

Stavebnice kmitočtové syntézy stojí 700 Kč ve variantě LED a 600 Kč ve variantě LCD (neobsahuje displej), samotný naprogramovaný procesor za 290 Kč. K cenám je nutno připočítat poštovné.

Objednávky na adrese: Miloš Zajíc, Hálkova 739, 289 11 Pečky a Internetu: mzajic@kuryr.cz nebo další informace na www.kuryr.cz/mzajic.

Rozpiska součástek

základní deska

R1	100 Ω
R2	1 kΩ
R3	470 Ω
R4	4,7 kΩ
R5, R7,	
R9 až R19	2,2 kΩ
C1, C2	10 μF/25 V
C3	47 μF/10 V
C4, C9,	
C10, C11	1 nF, keramický
C5	100 pF
C6, C7	33 pF
TL1	TLEC24–681K (GM)
TL2	TLEC24–100K (GM)
D1	1N4148
T1, T2	BC546
IO1	LM7001 (GM)
IO2	AT90S1200 (naprogramovaný)
IO3	V6340F (Elatec, Vys. Mýto)
IO4	7805
X1	7,2 MHz (GM)

displej LED

C1	1 nF, keramický
C2	47 μF/10 V, mini
IO1 až IO4	4094 SMD
Z1 až Z4	HDSP 5501 (GM)
P1 až P3	0R SMD 1206

displej LCD

C1	47 μF/10 V, mini
IO1 až IO3	4094
Z1	LCD 3902 (GM)
	4DR821, 2 (TESLA)

ostatní

T11 až T14	spínací tlačítka libovolná
------------	----------------------------

Pozn.: Připojení kmitočtové syntézy k druhé variantě desky tuneru TES25S (číslování je shodné jako na obr. 7, datový konektor tuneru má však jen 5 vývodů). Na desce tuneru je třeba přerušit spoj od pinu 5 k přívodu +12 V a připojit jej na vývod 7 obvodu TDA1596 (vede hned vedle, stačí malá kapka cinu). Pak jsou desky propojeny takto:

syntéza	tuner
1	→ 1
2	→ 2
3	→ 5

Ostatní vývody nezapojujeme. Konektory vlevo (napájení, smyčka ladění a výstup kmitočtu oscilátoru) jsou zapojeny podle původního schématu.

Pavel Kotrás