

JUMA-RX1 HF-mottagaren

Utgångspunkter för konstruktionen

Denna JUMA-RX1 mottagare är konstruerad för den RX-konstruktionstävling som utlysts av SRAL, där uppgiften är att konstruera och tillverka en mottagare, som är lämplig att bygga för en nybörjare inom radiohobby, och som i sin enkelhet är så användbar och lärande som möjligt. Tävlingsreglerna har publicerats i tidningen RA 11/2004.

Egna uppställda mål

- Åtminstone 80- och 40-meters radioamatörområden
- Tillräcklig känslighet för ifrågavarande frekvensområden
- Tillräcklig dynamik och väl fungerande AGC
- Klar och enkel uppbyggnad som grundar sig på modern teknik
- God frekvensstabilitet och avläsningsnoggrannhet
- Liten effektförbrukning

Allmänt om mottagaren

Den konstruerade och byggda JUMA-RX1 grundar sig på direktblandning (Direct Conversion). Lokaloscillatorn (VFO:n) är utförd med en DDS (Direct Digital Synthesizer) som styrs av en mikrokontroller. Så har man uppnått en kompakt och enkel konstruktion med utmärkt frekvensstabilitet och ett bredbandigt 100 kHz...7.1 MHz frekvensområde för mottagaren. Mottagaren är av DSB-typ (Double Side Band) och lämplig för avlyssning av SSB- och CW-sändningar. Mottagarens strömförbrukning är mindre än 50 mA.

Mekanisk uppbyggnad

Kapslingen (bild 1 och 2) är gjord med en liten 142x42x72 mm stor kommersiell aluminiumlåda, som består av stomme och lock. Behövliga hål har gjorts i stommens front- och bakplan för display, reglagen och anslutningar. I locket sitter en liten högtalare.



Bild 1. JUMA-RX1 framifrån



Bild 2. JUMA-RX1 bakifrån

Mottagarens konstruktionsdetaljer

Två kretskort har konstruerats för mottagaren, RX-main-kortet och DDS-kontroll-kortet. Displayen är en färdig LCD-modul. (Bild 3)

RX-main-kortet innehåller blandaren, behövliga förstärkare, SSB-filtret, AGC och spänningsreglering. RX-main-kortet matar S-meterspänning och 12 volts matningsspänning till DDS-kortet. Lokaloscillatorns signal kommer från DDS-kortet.

DDS-kortet innehåller en digital lokaloscillator, som styrs med en mikrokontroller på kortet. Frekvensen ställs in med en vridbar enkoder som avläses av mikrokontrollern och enligt vilken DDS-frekvensen ställs in. Dessutom styr mikrokontrollern LCD-displayen, som visar frekvens, grafisk S-meter eller matningsspänningen. Mikrokontrollern producerar också kvitteringstonerna.

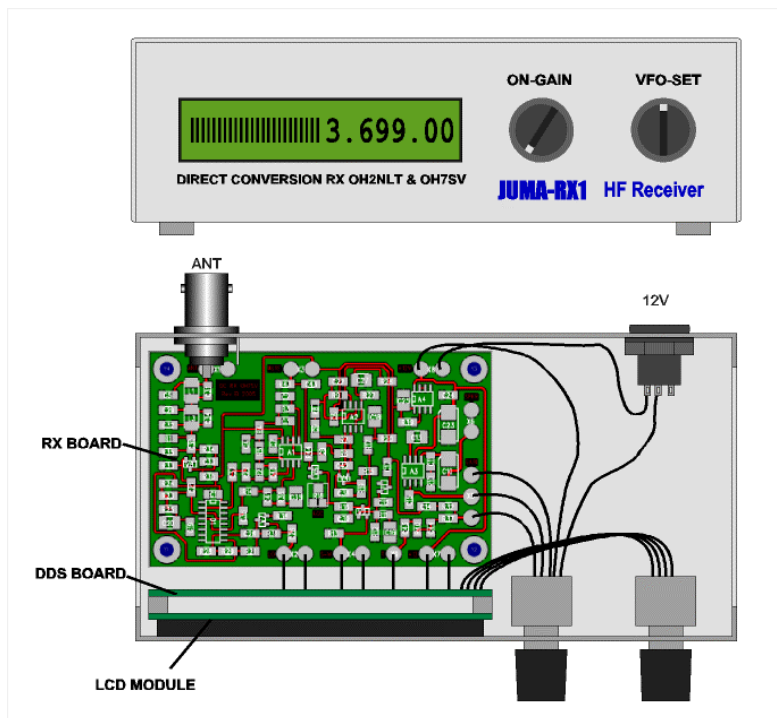


Bild 3. JUMA-RX konstruktion

Mångsidigt användbar

Kretskorten i JUMA-RX1 är planerade så, att du kan bygga endera enbart DDS-VFO:n eller RX-delen och realisera resten med egna konstruktioner.

RX-MAIN -delens funktionsbeskrivning (se även blockschema och kretsschema)**Allmänt**

RX-main-delen är gjord på ett litet 50 x 80 mm stort ensidigt kretskort (bild 4). Antennsignalen kommer in i kortets vänstra övre hörn i lödpunkterna X1. Lödpunkterna X2, X4, X9 och X7 på kortets nedre kant ansluts till DDS- och kontroldelen. Ledarna till högtalaren ansluts till lödpunkterna X6 på kortets högra kant och potentiometern för AF-gain ansluts till punkterna X5. Matningsspänningen ansluts till lödpunkterna X8 på kortets övre kant och om man vill kan en RX-mute-signal anslutas i lödpunkterna X3. Alla komponenter är ytmonterade. Det finns fästhål i kortets alla fyra hörn.

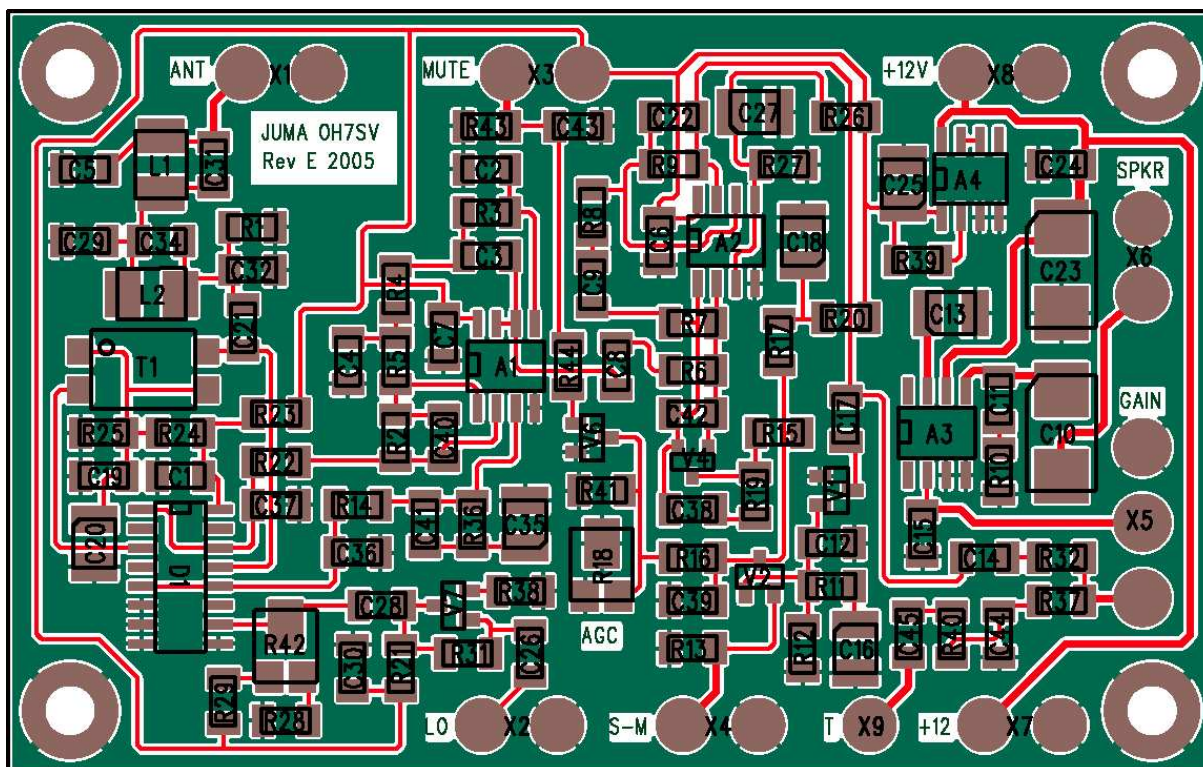


Bild 4. RX-main delen

JUMA-RX1 fungerar med direktblandningsprincip, vilket gör att man får ut en lågfrekvent CW- eller SSB-signal direkt från blandaren. Mottagaren är av DSB-typ och hör båda sidbanden. Mottagaren är bredbandig, och den är optimerad för radioamatörbruk på frekvensbanden 80 och 40 meter.

Lågpasfilteret 7 MHz

Signalen som kommer från antennen filtreras i ett tvåstegs 7 MHz lågpasfilter, som dämpar återgivningen av de harmoniska 3f-signaler som beror på funktionsprincipen. Lågpasfilteret är utfört med kommersiella ytmonterade drosslar för att undvika behovet av att linda spolar. Mottagaren fungera också på lägre frekvenser ända ner till 100 kHz, men dämpningen av spuriösa signaler har inte optimerats för det. Mottagaren kan, om så önskas, optimeras för lägre frekvenser genom modifiering av lågpasfilteret i försteget så, att dess gränshäns frekvens är max 2 gånger den avlyssnade frekvensen. T.ex. med ett 4 MHz lågpasfilter är mottagaren optimerad för banden 160...80 m.

Bredbandstransformatorn

Efter lågpasfilteret sitter en bredbandstransformator som balanserar signalen för blandaren. Avsikten med transformatorn är också att förhindra lokaloscillatorns signal att läcka till antennen, eftersom VFO:ns frekvens är samma som den avlyssnade frekvensen. Transformatorn är ett kommersiellt datafilter som tillverkas av TDK och lämpar sig bra för HF-bruk. Transformatorn kan också tillverkas själv genom att först tvätta ihop två 0.25 - 0.35 mm:s dynamotrådar och linda dem på en ferritkärna. Lämplig ferritkärna är t.ex. Amidons lilla tvåhåliga kärna BN-43-2402, som lindas med fyra varv. Även andra kärnor lämpar sig, t.ex. Amidon-toroiden FT-37-43, som då bör lindas med sex varv.

Blandaren

Som blandare används den analoga CMOS-switchen HEF74HC4052 (D1), som kopplar antensignalen i tur och ordning till två samplingskondensatorer (C36 och C37). Kravet på kopplingshastighet och drivspänningen på 8 volt gör att endast kretsar som tillverkas av Philips är användbara som analogswitch D1. Den känns igen på typbeteckningen som börjar med HEF. Versionen som tillverkas av Philips avviker till sin fördel från 74HC-serien genom större kopplingsfrekvens och drivspänningsområde. En blandare av denna typ har valts för sin utomordentliga dynamik vilket gör att man i försteget klarar sig med ett bredbandigt lågpassfilter och utan RF-förförstärkare. Med andra blandarkonstruktioner krävs oftast bandvisa eller ännu smalare filter som är arbetsamma att utföra. Samplingsprincipen som använts i blandaren bildar tillsammans med VFO:n ett smalt bandfilter som följer frekvensen. Bredden hos detta filter är ± 16 kHz och det dämpar redan i blandaren frekvenser utanför det avlyssnade bandet med 6dB/oktav. T.ex. en station på 100 kHz avstånd dämpas i blandaren med 16 dB, och på 1 MHz avstånd ca. 35 dB. På detta sätt undviker man bra de intermodulationsstörningar som BC-stationerna förorsakar.

Differentialförförstärkaren

Efter blandaren kommer en differentiell förförstärkare (A1-A), som är utförd med en JFET-operationsförstärkare TL082. Förstärkningen är moderat för att inte starka signaler ska klippas på dess utgång. Vi Förstärkningen är dock valts tillräckligt stor så att detta steg bestämmer signa/brusförhållandet. Brusegenskaperna hos denna förstärkare är tillräckliga för 80- och 40-meters banden om man använder fullstora och rätt dimensionerade antenner (t.ex. en dipol) eftersom rymdbruset är stort på dessa band. brusegenskaperna kan vid behov förbättras men en pinkompatibel förstärkare med bättre brusegensaper, t.ex. LT1113. Detta behov kan aktualiseras bara när man använder sämre antenner.

SSB-filtret

Följande steg är 2.5 kHz SSB-audiofiltret. Det är utfört som ett aktivt lågpassfilter med operationsförstärkaren (A1-B). Filtrets förstärkning i passbandet är 0 dB. På detta sätt bibehålls den goda hanteringsförmågan för starka signaler som uppnåtts i förförstärkaren. Filtret är konstruerat för SSB-avlyssning och det är även användbart när man lyssnar på CW. Undertryckningen av låga frekvenser, 0...300 Hz, är genomförd genom lämplig dimensionering av kopplingskondensatorerna i mottagarens förstärkarkedja. SSB-filtrets egenskaper framgår av bild 5.

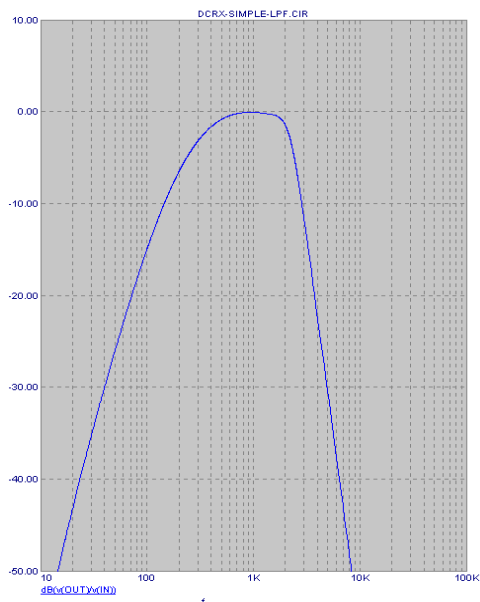


Bild 5. SSB-filtrets simulerade frekvenskurva.

Automatisk förstärkningsreglering (AGC)

JUMA-RX1 har en bra automatisk förstärkningsreglering (AGC). Den består av en reglerbar förstärkare (A2-A ja V4), efterförstärkare (A2-B), likriktning av signalen (V1) och en styrdel (V2). När signalen från antennen växer, minskar JFET:ens V4-resistans när styrenheten styr fetten gate-spänning mot source. Fetten verkar som operationsförstärkarens återkopplingsmotstånd och på så sätt ändras förstärkningen enligt behov. Idén med en bra distorsionsfri audio-AGC är, att signalen över reglerfetten hålls låg, bara ca. 10 mV p-p. Då fungerar fetten på det linjära resistansområdet och orsakar inte distorsion.

Vid ibruktagning av RX:n regleras AGC:ns tröskelspänning med trimmern R18 så, att bruset precis börjar dämpas när man lyssnar utan antenn. Se noggrannare i avsnittet "Ibruktagning och trimning". AGC:n ger också ut användbara S-meterdata, 0...0,3 V som förs till DDS-kortet och vidare till LCD-displayen. På grund av den enkla kopplingen börjar S-metern visa först när AGC:n börjar styra ner förstärkningen vid ca. 10 μ V antensignal, som motsvarar ca. S6-signalstyrka. AGC:ns tidskonstant är utförd med kondensatorn C16 och motstånden R11 och R12. AGC:ns responstid kan vid behov ändras genom att ändra värdet på R12. En halvering av motståndsvärdet gör AGC:n dubbelt så snabb. Mottagarens AGC-dynamik är god, ca. 110 dB.

Inte ens kraftiga stationer "slår på öronen". Det vida reglerområdet har åstadkommit på följande sätt: Man behöver en antennsignal på 10 μV innan AGC-regleringen börjar. Detta motsvarar en signalökning på 33 dB. AGC:ns reglerområde är 70 dB. Dessutom låter man AF-signalen växa ca. 7 dB i AGC-kretsen när RF-signalen blir större. Tillsammans gör detta 110 dB.

AF gain

Volympotensiometern (AF gain) är kopplad till lödpunkterna X5. Från DDS-kortet förs kvitteringstonsignalerna till potentiometerns "heta" ända (lödpunkt X9). De är justerade till lämplig nivå och kantvågen filtrerad så att den är snygg med ett enkelt RC-filter som består av R37, R40 ja C44. Kvitterstonerna hörs i högtalaren.

Högtalarförstärkaren

Högtalarförstärkaren är utförd med en förstärkare av typ LM386, som kan avge ca. 1 watt effekt i en lågohmig högtalare. Det är denna förstärkare som bestämmer mottagarens högsta tillåtna driftspänning, 15 volt, eftersom förstärkaren får sin spänningsmatning direkt från drivspänningen. Om man vill kan man montera ett uttag på bakpanelen för yttre högtalare eller hörlurar.

Spänningsreglering

RX-main-delens spänningsreglering, +8 V, är genomförd med en regulator av typ low-drop, LP2951 (A4). Detta möjliggör flexibel användning vid batteri- eller ackumulatordrift, eftersom batterispänningen kan sjunka t.o.m. ner till 8.5 volt och mottagaren fortfarande fungerar klanderfritt. Regulatorkretsen kan ersättas med en traditionell 78L08. Då blir den minsta driftspänningen 10 V.

Lokaloscillatorns buffertförstärkare

RX-main-kortet innehåller också lokaloscillatorns buffertförstärkare (V7), som förstärker 0.2 Vp-p LO-signalen som kommer från DDS-delen till en ca. 5 Vp-p signal, så att den lämpar sig för styrning av den analoga multiplexern. Med trimmern R42 finjusteras pulsförhållandet i LO-signalen för multiplexern D1 till exakt 50 % genom att ändra LO-signalens likspänningsarbetspunkt. Genom att trimma denna arbetspunkt kan dämpningen av RX:ns harmoniska 2f-signaler optimeras. Se mera i avsnittet "ibruktagning och trimning"

Mute-kretsen

Kortet innehåller även en mute-krets (V6), som kan användas för att stoppa mottagningen under sändning. Detta sker snyggt utan överflödiga "klick" genom att koppla ihop lödpunkterna X3-1 och X3-2. För detta kan man använda ett relä eller en brytare. Alternativt kan man mata en spänning (+5...+15 V) från TX:n till lödpunkten X3-2 under sändning. Komponenterna i mute-kretsen (V6, R43, R44, C43) kan lämnas omonterade om mottagaren inte skall användas tillsammans med en sändare.

Funktionsbeskrivning av DDS- och styrdelen

Allmänt

Mottagarens lokaloscillator är utförd med DDS (Direct Digital Synthesis)-metoden. Helheten består av kretsen AD9833 från Analog Devices och efterföljande lågpasfilter. DDS-kretsen styrs i JUMA-RX1:s fall med mikrokontrollern PIC16F819 från Microchip. Med samma kontrollor verkställs även övriga funktioner i mottagarens användargränssnitt. Det fysiska användargränssnittet består av LCD-displayen med 1x16 tecken och en vridbar enkoder som dessutom innehåller en tryckbrytare. Manövreringen av mottagaren kan på detta sätt utföras med "två rattar". Användargränssnittet består alltså endast av den brytarförsedda volympotensiometern och ovan nämnda vridbara enkoder med bytare. Konstruktionsarbetet och komponentvalet har styrts av målet att klara sig med låga kostnader.

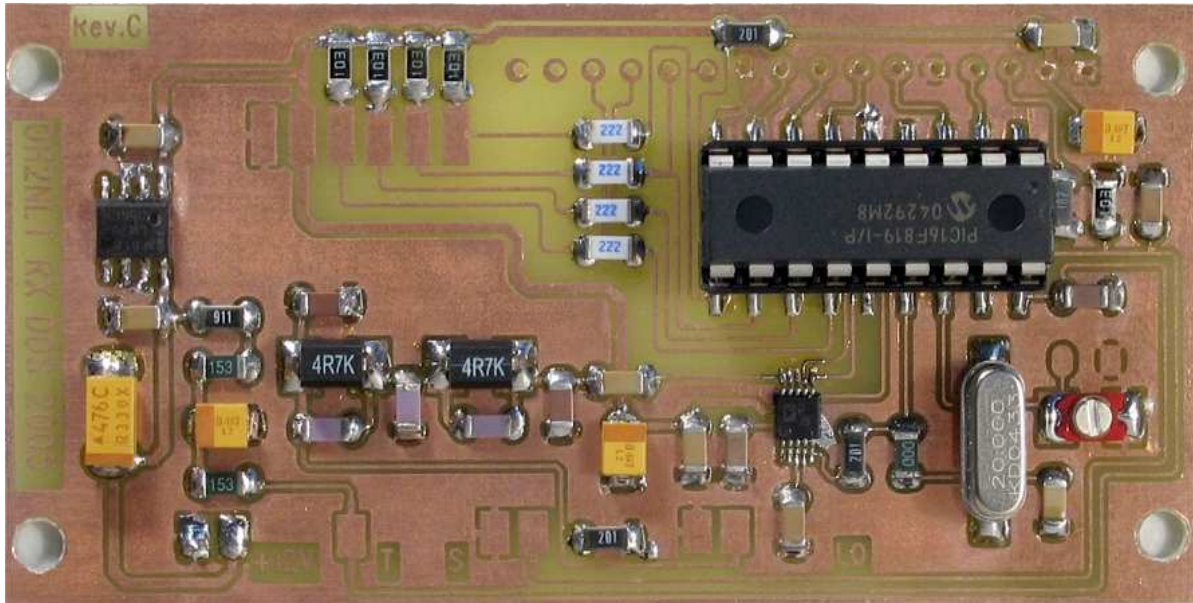


Bild 6. DDS- och styrenhet

Mekanisk uppbyggnad

DDS- och styrenhetens mekaniska konstruktion har gjorts så liten som möjligt utan att för den skull ge avkall på apparatens lätta byggharhet. Kortets mått bestäms av den valda 1x16 teckens displayen och den valda inbyggnadslådan. Kortets höjd, 40mm, kommer från lådans höjd, och bredden, 80mm, har valts lika som LCD-modulens bredd. Kretskortet har planerats så, att det kan fästas med samma skruvar som fäster LCD-displayen i lådans frontplåt. Alla komponenter är placerade på kortets baksida. Även de hålmonterade komponenter som finns på kortet, kristallen och sockeln för mikrokontrollern (bilderna 7,8 och 10) monteras lika som SMD-komponenter på kortets baksida utan att borra några hål.



Bild 7. Kristallens ben böjda



Bild 8. Kristallen lödd som en SMD

De trådar som kopplas till kortet kan lödas direkt på lödöarna eller så kan kortet förses med en stiftlist med 0,1" delning för anslutningarna.

Funktionerna hos DDS- och styrdelen

Vilka funktioner som utförs beror i första hand på programvaran som styr apparaten. De signalvägar och kopplingar som behövs för funktionerna måste naturligtvis också finnas.

- Generering av lokaloscillatorfrekvensen, som görs med DDS-kretsen.
- Inställning av oscillatorns frekvens med vridbar enkoder.
- Visning av frekvensen på LCD-displayen.
- Val av stegstorlek för frekvensinställningen med enkodern.
- Visning av gjorda inställningar på LCD-displayen.
- Spara inställd frekvens och stegstorlek i det icke-flyktiga minnet.
- Grafisk visning av mottagarens S-meter på LCD-displayen.
- Mätning av matningsspänningen och visning av den på LCD-displayen.
- Generering av tonsignalerna för användargränssnittet
- Kalibrering av kristalloscillatorns frekvens med trimmer

Mikrokontrollern

Den valda mikroprocessorn eller snarare mikrokontrollern är PIC16F819 (bild 7) tillverkad av Microchip. Vid designen beslöts att använda en krets i en benförsedd DIL-kapsel för att den är lättare att hantera vid programmeringen.



Bild 9. Mikrokontrollern

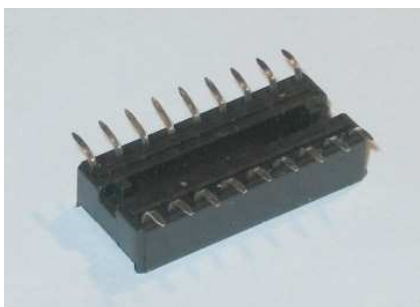


Bild 10. DIP18-sockelns ben böjda

Kretsen eller sockeln för den är i alla fall planerad att fästas på kortet på samma sätt som en SMD-komponent. (bild 8). Den valda kontrollern 16F819 erbjuder alla egenskaper som behövs för styrning av mottagaren. Kretsen innehåller två kbyte flash-minne för program, 256 bytes RAM-minne och 256 bytes EEPROM-minne för sparande av inställningar. Kretsen innehåller också en 10-bits A/D-omvandlare, som används för mätning av S-meter- och driftspänning. Kretsen innehåller också behövliga timers, I/O-portar och andra egenskaper. Den största utmaningen vid konstruktionen har varit att få programminnet (flash-minnet) att räckta till. Den lilla mängden I/O-signaler har lett till att de flesta I/O-stiften har flera funktioner. Dessa framgår av kretsschemat och blockens funktionsbeskrivningar.

Oscillatorn

Oscillatorn är utförd så att en förmånlig 20 MHz kristall sköter timingen av mikrokontrollerns funktioner och genererar en referensfrekvens för DDS-kretsen. Lägre frekvens vore tillräckligt för mikrokontrollern men 20 MHz har valts utgående från DDS-kretsens krav. Oscillatorkretsen är utförd så att kristallen är kopplad till mikrokontrollerns oscillatorkrets. Från dess utgång leds klocksignal också till DDS-kretsen. Finjustering av oscillatorfrekvensen görs med en trimkondensator som kopplats parallellt med belastningskondensatorn som finns på kretsens oscillatoringång. Mer information om oscillators funktion och egenskaper finns i databladet för kretsen PIC16F819 från Microchip.

DDS och lågpassfiltret

Lokaloscillatorns frekvens genereras med DDS (Direct Digital Synthesis) -principen från 20MHz referensfrekvensen. Den största tillgängliga frekvensen bestäms vid DDS-principen av Nyquists teori. I ett samplande system kan signalfrekvensen vara högst halva samplingsfrekvensen. Detta betyder att den maximala LO-frekvensen i teorin skulle vara 10 MHz. I praktiken är den största frekvensen hos en signal med god kvalitet 40 % av referensfrekvensen. DDS-principen genererar också en serie harmoniska frekvenser som är beroende av grundfrekvensen. Dessa filtreras bort i 8 MHz lågpassfiltret innan LO-signalen leds till RX-kortet. DDS-kretsen ger efter filtret en signal på ca.250 mVp-p, som leds till buffertförstärkaren på RX-kortet som styr blandaren.

Med DDS-principen kan man generera en frekvens som är noggrant bunden till referensfrekvensen, har hög upplösning och är reglerbar. I denna tillämpning med 20 MHz referensklocka är frekvensens minsta reglerbara steg 0,0745 Hz, vilket är rejält mera än behovet. Enligt DDS-principen syns referensoscillatorns fasbrus direkt på DDS:ns utgång. Den här referensoscillatorns egenskaper gällande fasbrus räcker väl till i förhållande till mottagarens övriga egenskaper.

Här DDS:ns funktionsprincip i korthet: För varje cykel hos referensklockan adderas ett inställbart konstant tal till DDS:ns fasackumulator. Ackumulatorns innehåll förs via en sinuskonvertering till en D/A-omvandlare. Utgången från denna ger en syntetiserad sinusformad signal. I AD9833:s fall har det inställbara konstanta talet längden 28 bit. På Analog Devices' www-sida finns bra artiklar i ämnet. Databladet för den här använda kretsen AD9833 finns på samma ställe.

Spänningsregleringen

DDS-delens driftspänning är +5V och strömförbrukningen ca. 20 mA. Spänningsnivån bestäms av LCD-displayen som fungerar bara med 5 V spänning. DDS-kretsen och mikrokontrollern skulle möjliggöra även en lägre spänning. Den erforderliga +5 V spänningen görs från 9 -15 V matningsspänningen och stabiliseras med regulatorm 78L05. 5 V spänningen fungerar också som referensspänning för A/D-omvandlaren i kretsen PIC16F819.

LCD-displayen

Som LCD-display används en kommersiell 1x16 teckens alfanumerisk förmånlig displaymodul. Styrning av displayen kräver 8 databitar och ett par styrsignaler. Datalinjerna styrs med kontrollern 16F819:s I/O port B. En del av dessa I/O-trådar styr även DDS-kretsen och används även för avläsning av den vridbara enkodern. Vid olika tidpunkter styrs I/O-linjerna av programvarans olika delar. Styrning av displayen är en enkel åtgärd. Med RS-signalen väljer man om datat är ett kommando eller ett tecken. Kommandon är t.ex. tömning av displayen och inställning av position för nästa tecken. RS-signallinjen har ett pullup-motstånd därför att linjen flyter under tiden de analoga mätningarna görs. Med hjälp av E-signalen skrivs databussens innehåll till displayen. Displayen kan visa bokstäver, siffror och en grupp andra tecken. Man kan även bygga egna tecken i displaymodulens RAM-minne. Denna egenskap har utnyttjats för utförandet av de grafiska tecknen som behövs för S-metern. En synlig rad i displayen har delats logiskt i två delar med 8 bitar i varje del. Tilläggsuppgifter finns längre fram i beskrivningen av programmodulerna. Noggrannare uppgifter om kommandon och timing för displaymodulen TM161AB6A finns i databladet. Displayens kontrast är inställd med motståndet R2 på DDS-kortet. Se mera i avsnittet "Ibruktagning och trimning".

Enkodern

En central del i användargränssnittet är den vridbara enkodern med tryckswitch som används för inställning av frekvensen. Projektets pristak gav inte ens möjlighet att överväga en enkoder med tätare steg (100 pulser eller mer/varv) som skulle ha möjliggjort känslan av en riktig VFO-ratt. Som enkoder valdes en billig modell som ger 30 pulser per varv och är utrustad med en tryckbrytare. Användargränssnittet har utformats för att stöda en sådan modell. Modeller som ger 15-30 pulser per varv duger. Enkodern är till sin konstruktion en rundgående switch med två kontakter. Kontakterna är ordnade så att de producerar två signaler som är 90° fasförskjutna i förhållande till varandra. Utifrån denna IQ-signal kan man avgöra rörelsens storlek och riktning vid vridning av enkodern. Enkoderns och tryckbrytarens signaler är kopplade med separeringsmotstånd till LCD-modulens databuss varifrån programmet avläser kontakternas lägen. En noggrannare beskrivning av enkoderns funktion och egenskaper finns i komponentens datablad.

Programvaran

Allmänt om programvaran

Hela programmet är skrivet i programmeringsspråket C. Programmet är i moduler som utför uppgifter för att åstadkomma önskade egenskaper. Största delen av koden är kompatibelt med ANSI-c-standard och kan överföras till andra omgivningar. För att säkra minnets tillräcklighet har vi avvikit från ANSI-c-standarderna vid behov. Av programmet står en färdigt kompilerad version i hex-format för kretsen PIC16F819 till förfogande. Källkoden finns även att tillgå om man vill förändra eller utöka programmets egenskaper. Den använda 16F818-kretsen innehåller två kilobyte flash-minne som är nästan helt i bruk. Om man vill göra större ändringar, lönar det sig att byta ut kretsen mot t.ex. en av typ PIC16F88, som är pinkompatibel med den föregående och innehåller fyra kbyte flash-minne.

Programmeringsverktygen

Projektet har utförts i Microchips' utvecklingsomgivning MPLAB 7.00. Programmet har kompilerats med kompilatorn Hi-Tech PICC_8.05PL2 som anslutits till omgivningen

Programmets funktioner

Programmet i mikrokontrollern utför alla användargränssnittets funktioner och vissa hjälpfunktioner.

Efter start ställs mikrokontrollerns I/O:n i användbar status, DDS-kretsen grundinställs, den sparade startfrekvensen och stegstorleken grävs fram ur EEPROM-minnet och dessa data tas i bruk. Efter grundåtgärderna presenteras lite "JUMA-RX1-reklamtext" på LCD-displayen och via audiovägen sänds en hälsning på CW som modell. Efter starten övergår man till att utföra de uppgifter som beskrivs i det följande.

Programvarans uppbyggnad

Inget egentligt operativsystem används, utan programmet utför åtgärder i en huvudslinga med fri timing, och även tvångsmässigt med hjälp av en 1 ms avbrottsklocksignal.

Huvudslingans cykeltid är ca. 6 ms, under vilken tid följande uppgifter utförs:

- Båda analoga ingångarna mäts (matningsspänning och s-metersignal)
- Undersöks om enkoderns brytare är intryckt: Ifall den är det, utförs digit-val-loop så länge som den är.
- När switchen frigörs, undersöks om den önskade funktionen var inställning av stegstorlek, eller byte av displaymod.
- Inställd frekvens och stegstorlek skrivs till EEPROM-minnet ifall brytaren hålls intryckt mer än två sekunder. Utförd skrivning meddelas via displayen och med kvittenston.
- Undersöks ifall det från enkodern har inkommit +/- inställningsvärde. Om så, så korrigeras frekvensinställningen med produkten av vald stegstorlek och skillnaden i inställningsvärde.
- När frekvensinställningen ändras sänds nytt börvärde till DDS-kretsen.
- Enligt den valda displaymoden beräknas och visas endera s-metern eller matningsspänningen.
- Frekvensen beräknas utgående från DDS:ns börvärde och visas med 10 Hz noggrannhet.
- Programmet innehåller även CW TX-shift ifall DDS:n används för CW-sändarbruk. Genom att jorda DDS-kortets anslutning J1-1 med ett relä eller via en transistor, sänker styrenheten frekvensen med 700 Hz. Ändringen syns även i displayen.

Med hjälp av avbrottstjänsten på 1 ms, som genereras internt i mikrokontrollen med hjälp av en timer, utförs följande uppgifter en gång per millisekund:

- Räknaren som används för 1 ms timingen uppdateras.
- B-signalerna i mikrokontrollerns I/O-port byts till ingångar, och prov tas från dessa.
- Beroende på denna provtagning utreds enkoderns rörelse och riktning.

Mera uppgifter om funktionen hos programmodulerna finns längre fram i detta dokument.

Montering av DDS-kortet och lödning av komponenterna

Den största utmaningen vid montage av DDS- och kontrollkortet utgörs av DDS-kretsen AD9833, som inte finns att få annat än i en mycket liten MSOP RM-10 kapsel. Om man inte har erfarenhet av hantering av ytmonterade kretsar från förr, kan det verka omöjligt att hantera kretsen. Kapseln MSOP RM10 är bara 3 x 3mm och den har 10 ben. avståndet mellan benen är 0,5mm. I praktiken behöver man bara ett förstoringsglas eller en lupp, flux av god kvalitet och en ren, liten lödkolvsspets för att löda fast kretsen. Lugnt sinne och stabil hand ger ett bra slutresultat. Det finns många stilar för montage, men här en som konstaterats vara bra. Montaget för kretsen täcks med ett tunt lager flux. Kortets lödställen (paddar) förtenns genom att värma ut en liten mängd tenn på fluxet. Vid utbredningen bör man vara försiktig och inte trycka på kortet med kolvspetsen. De tunna (0,5mm) folierna lossnar lätt från kortet. Efter förtennningen breder man vid behov på mer flux, och därefter sätts kretsen AD9833 på plats. Inplaceringen går bäst med hjälp av en lupp. Man försäkras sig än en gång om att kretsen är rätt vänd och löder fast den. I lödskedet behövs normalt inte mera tenn. Det räcker att med kolvspetsen smälta samman benens ytor med de förtenta paddarna. Om man åstadkommer lödbryggor (kortslutningar) mellan benen på kretsen kan dessa tas bort till sist med hjälp av lödstrumpa. Om man av någon orsak måste ta lös kretsen sker det enklast med två lödkolvar med tillräckligt bred spets, så att de täcker alla kretsens ben, genom att samtidigt värma från båda sidorna.

DDS-kortets monteringsordning och andra vinkar

Monteringsordningen styrs av den monterandes egen favoritordning. I det följande i alla fall några tips som det lönar sig att beakta.

- Det lönar sig att montera DDS-kretsen först. Vid lödning är fritt arbetsutrymme och kortets hanterbarhet trumfkort.
- Under mikrokontrollern finns också komponenter, och de måste förstås monteras innan sockeln löds fast.
- Före lödning av mikrokontrollerns sockel lönar det sig att kontrollera med en ohmmeter att det inte finns kortslutningar till jord eller till närliggande dragningar under sockeln.
- Därefter lönar det sig att montera +5 V regulatort med tillhörande komponenter samt mäta 5 V spänningen genom att koppla spänning till kortet.
- Övriga komponenter kan monteras i valfri ordning.

- Ifall LCD-displayen är mekaniskt av annan modell än den typ som finns i komponentförteckningen, så kan den anslutas med ledningar av lämplig längd till DDS-kortet.
- Om enkodern som erbjuds saknar tryckbrytare, kan den ersättas med en separat tryckknapp.
- Även andra komponenter kan ersättas med andra till buds stående komponenter. Kretskortens lödpaddar är dimensionerade så att man t.ex. i stället för SMD-tantalkondensatorer kan montera vanliga tantal- eller elektrolytkondensatorer (bild 11.)

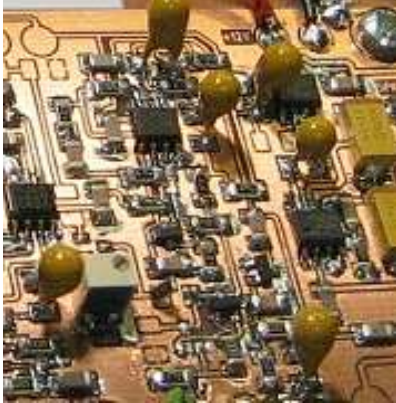


Bild 11. Tantalkondensatorer för hålmontering

Ihopkoppling av LCD-modul och DDS-kort

Det lönar sig att först montera ihop displaymodulen och DDS-kortet med skruvar och mellanhylsor. Därefter trär man igenom de kopplingstrådar som skall förbinda korten och löder fast dem. Så försäkrar man sig om att displaymodulen och kretskortet kommer på rätt avstånd från varandra.

Ledningsdragning och kopplingar

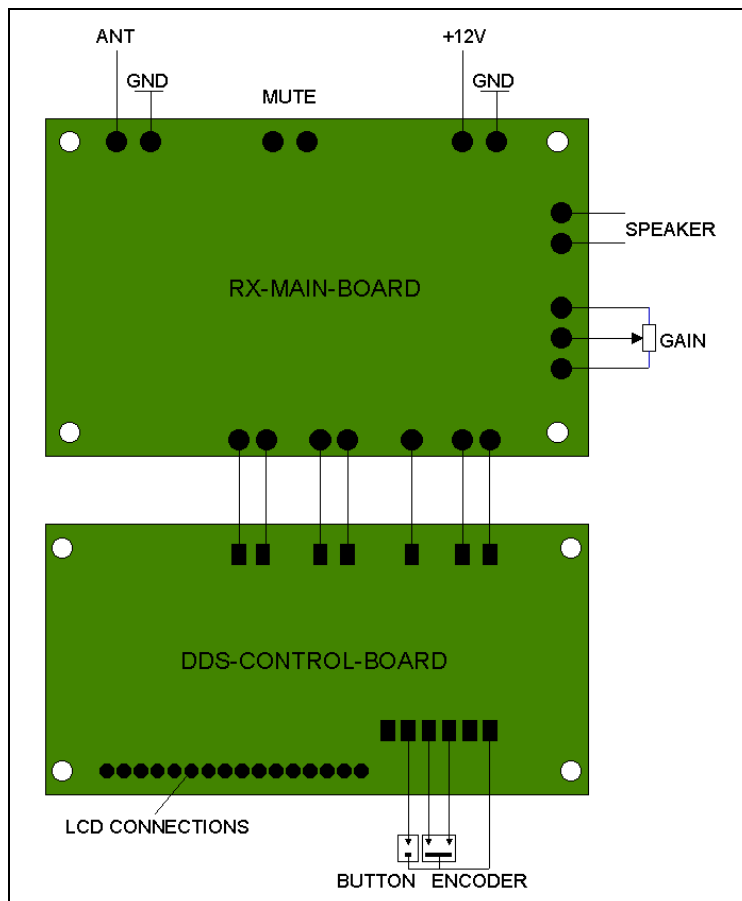


Bild 12. Ledningsdragning mellan kort och övrig ledningsdragning.

Byggtips

Lödning av ytmonterade komponenter sker enklast så att man först förlöder ett av lödställena med lite tenn. Därefter håller man komponenten på plats med pincett och värmer det förlödda stället utan tenn. När komponenten på detta sätt löts fast i en bra position med ett av sina ben, löder man fast resten av anslutningarna med användning av litet mera tenn.

Om man är tvungen att löda lös en SMD-komponent kan man för en tvåbenad komponent alternerande värma de båda lödpunkterna samtidigt som man lyfter komponenten. Det är svårare att ta lös en mångbenad komponent, t.ex. en IC-krets. Det lönar sig att först suga bort överflödigt tenn med sugstrumpa och sedan värma ett ben åt gången och samtidigt lyfta benet med t.ex. en knoppnål. Alternativt kan man använda specialspets eller dubbla lödkolvar.

Öppningen för displayen i frontplåten kräver speciellt tålamod. Efter att du märkt ut hålet kan du borra nödvändigt antal små hål för att få bort centrumet, och sedan färdigställa hålet med fil. Ett annat alternativ är att använda lövsåg eller annan smalbladig såg som man kan trä igenom hål som borrats i hörnen av displayöppningen.

Granskning av lödningarna

De vanligaste felena vid komponentmontage är följande:

- Komponenten är fel väg
- Kortslutning mellan lödpunkt och jord.
- Olödda anslutningar
- Felaktigt komponentvärde

Dessa fel kan undvikas med noggrann visuell kontroll.

Ibruktagning och trimning

Inställningar för DDS- och styrdel

DDS-delen behöver nödvändigtvis inte trimmas alls. Lokaloscillatorns frekvens, och därmed även RX:ns frekvensnoggrannhet är i alla fall beroende av referensoscillatorns frekvens. För trimning av referensoscillatorn finns i programmet en speciell trimningsmod. Om enkoderns switch hålls intryckt under starten, startas mottagaren i trimningsläge. Som tecken på detta visas texten 1 MHz i displayen. I detta läge är DDS:ns inställningsvärde beräknat för en utgångsfrekvens på exakt 1 MHz. Nu kan man med en noggrann frekvensräknare eller annan metod mäta den frekvens som DDS:n genererar, och trimma referensoscillatorn med trimmern C20 till rätt frekvens.

Matningsspänningens mätvärde är troligen inte helt korrekt beroende på stegens storlek hos resistanser och noggrannheten hos +5 V regulatorn. Man kan rimma noggrannheten hos spänningsmätningen genom att koppla ett lagom stort motstånd parallellt med R23 (910R). Lämpligt värde kan man prova ut genom att koppa in en 100 k trimpotentiometer parallellt med R23 och justera den. När displayen visar rätt, ersätter man trimmern med en resistans med närmast motsvarande värde.

LCD-displayens kontrast justeras med en spänning på modulens anslutningsstift nummer 3. I denna tillämpning har kontrasten ställts in med ett 1k8 ohms motstånd (R2). Den spänning som ger lämplig kontrast beror på displaymodulens typ, tillverkningsserie och i viss mån även av omgivningstemperaturen. Ifall du använder annan typ av display än den i komponentförteckningen, eller kontrasten inte är tillfredsställande, kan kontrasten ändras genom att ändra värde på R2. Minskas resistansen blir displayen mörkare, och ökas de, blir den ljusare. Reglerområdet varierar mellan noll och några kohm. Lämpligt värde kan provas ut genom att tillfälligt ersätta R2 med t.ex. en 5 kohm trimpotentiometer.

RX-main-delens inställningar

AGC-tröskelspänningen i RX-main-delen skall trimmas in med trimpotentiometern R18 så att brusets precis börjar dämpas när man lyssnar utan antenn. Tröskelspänningen hos en JFET V4 varierar betydligt mellan olika exemplar. Kretsen är dimensionerad så att alla V4 fet-enheter, Vishay Siliconix SST177 eller Philips PMBFJ177, kan trimmas till rätt läge, men på grund av detta stora trimområde blir inställningen ganska grov, och man kan vara tvungen att vrida trimmern nästan till bottenläge. Då kan man minska på parallellresistansen R41 så, att reglerområdet blir mera trevligt på mitten, och mera lättinställt. Fastän AGC:ns tröskelspänning kan fås användbar enbart med hörseln, så kan inställningen göras noggrannare

med en S9-signal så att man matar in en bärvåg med amplituden 50 μV i antennanslutningen och justerar trimmern R18 så att S-metern visar halva skalan, dvs. S9. Då är S-metern kalibrerad. Markeringarna på S-meterskalan har 10 dB:s mellanrum

Med trimmern R42 som finns i samband med lokaloscillatorns buffertförstärkare finjusteras pulsförhållandet på LO-signalen till multiplexern D1 till exakt 50% genom att förändra LO-signalens likspänningsarbetspunkt. Genom att trimma denna arbetspunkt kan dämpningen av mottagarens harmoniska 2f-signaler optimeras. Optimeringen görs genom att mata in en 7.2 MHz 1 mV signal i antenningången och lyssna på den på 3,6 MHz. Signalen som hörs justeras till noll eller minimum med trimmern R42.

JUMA-RX1:s tekniska data och mätresultat

Driftspänning: +9VDC...+15VDC
Strömförbrukning: Mindre än 50 mA med normal ljudvolym
Toppförbrukning: 200 mA vid hög ljudvolym
Maximal audioutgångseffekt: 1 W

Mekaniska mått: 142 x 42 x 72 mm (bredd x höjd x djup)
Anslutningar: Antenn, DC-matning. Valbart hörlursuttag och ingång för RX mute.
Display: LCD-modul med 16 x 1 tecken, frekvens-, S-meter- och matningsspänningsvisning
Reglage: AF-gain/ON/OFF och vridbar enkoder med tryckbrytare

Frekvensområde: Heltäckande 3,5MHz...7,5 MHz
Utvidgat frekvensområde: Heltäckande 100 kHz...7.5 MHz med begränsade egenskaper
Frekvensinställning: Med mekanisk enkoder i 10 Hz, 100 Hz ja 100 kHz steg
Frekvensdisplay: Med sex siffror på LCD-display, upplösning 10 Hz
Frekvensstabilitet: Samma som hos den använda 20 MHz kristallen
Mottagningsmoder: SSB/CW och de digimoder som utnyttjar dessa. Även AM vid nollbeat.
Bandbredd: 300 Hz...2.5 kHz
S-meter: grafisk i LCD-displayen, 24 steg

Känslighet: Minsta detekterade antenssignal (PREAMP TL082) -120 dBm = 0.22uV
Den största på frekvensen avlysningsbara helt distorsionsfria antenssignalen -12dBm = 160mVp-p
Hantering av mycket starka signaler: Tål 20 dBm antenssignal utan att "knäa".
Tredje ordningens intercept-punkt IP3 är 23 dBm
Lokaloscillatorns strålning till antennen: På 3.7 MHz 5 nW = -53 dBm

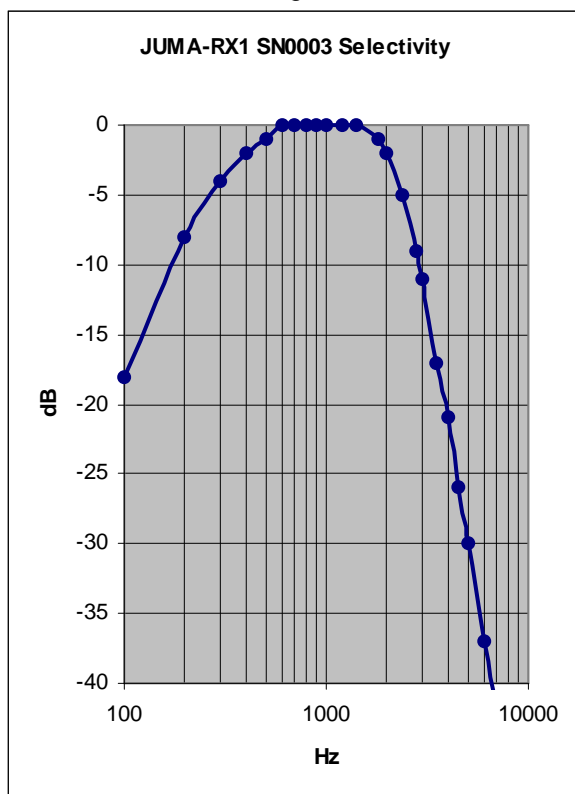


Bild 13. Uppmätt frekvensgång hos SSB-filtret

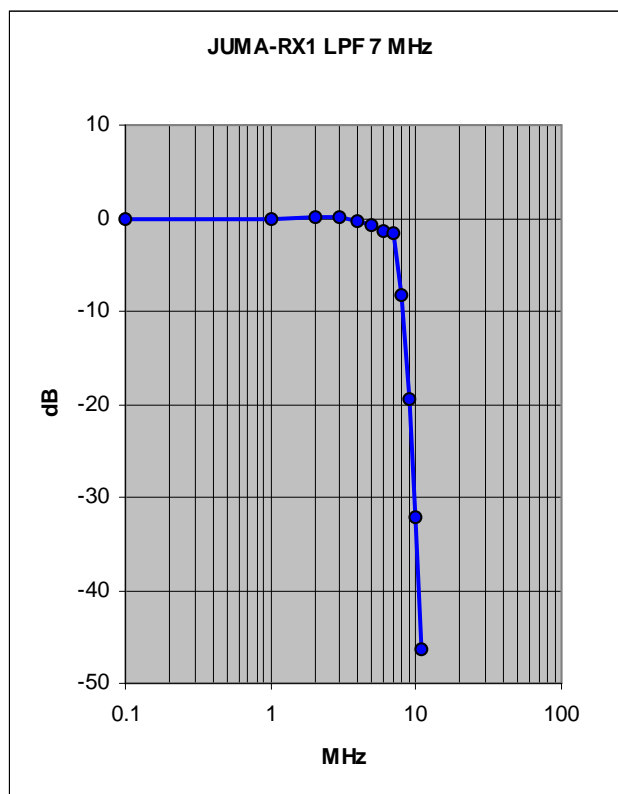


Bild 14. Uppmätt RF-filter i försteget

JUMA-RX1 bruksanvisning

Inkoppling och reglering av ljudvolym: Vrid på ratten AF-gain.

Frekvensinställning: Vrid enkoderratten till höger eller vänster; frekvensen visas i displayen.

Byte av frekvenssteg: Håll enkodern intryckt och vrid. Displayen visar Step1, Step2 eller Step3

Byte av displaymod: Tryck en gång på enkoderknappen. Displayen växlar mellan S-meter och spänningsvisning

Spara inställningar: Tryck två sekunder på enkoderratten tills du ser och hör kvitteringen

Trimläge: Starta mottagaren med enkoderratten intryckt tills displayen visar 1 MHz.

Tips för anskaffning av komponenter

Alla komponenter som ingår kan i Finland skaffas från lokala leverantörer som säljer komponenter även för hobbybruk. Anskaffningsställen är bl.a.:

- Partco Oy Helsingfors, tel. 09-587 6960, hemsida www.partco.fi
Partco Oy levererar vid förfrågan även komponenter från Farnell-katalogen till ca. 20% tilläggspris
- Bebek Lahtis, Helsingfors, Kuopio, hemsida www.bebek.fi
- Yleiselektroniikka / RS-produktkatalog, www.yeoy.fi
- SP-elektroniikka, Uleåborg, tel. 08-5565 858, hemsida www.spelektroniikka.fi

Motstånd och kramiska kondensatorer kan man om man vill beställa som sk. "SMD-1206-pysselpåsar" från SP-elektroniikka. Då blir det komponenter över också till andra projekt.

Tilläggsuppgifter om programmodulernas funktion

LCD-rutinerna (dcrxlcd.c)

LCD-modulen behandlar displayen i 8-bits funktionsmod. Programmet läser inte displayens ready-bit, utan sköter timingen med hjälp av fördröjningar. I denna tillämpning har inte denna detalj nämnvärd betydelse för prestationsförmågan. Modulen innehåller rutiner för skrivning av kommandon och data till LCD-displayen. Modulen innehåller också de talkonverterings- och presentationsrutiner som tillämpningen kräver. Det speciella med den använda 1x16 displayen är, att den synliga raden med 16 tecken är logiskt sett två separata rader med 8 tecken. Första raden startar från adress 0 och den andra från adress 64.

S-metern (dcrxlcd.c)

LCD-modulen innehåller också en rutin som beräknar och bildar en grafisk balk på displayen. Balken används för visning av S-metern. Rutinen ritar också en grov skala för mätaren. Mätaren styrs inom talområdet 0-48. Styrningen fås från S-metersignalen som mäts med A/D-omvandlaren. A/D-omvandlarens resultat används som sådant utan skalning för styrning av S-metern. Det maximala utslaget hos S-metern fås vid en insignalsspänning på ca. 234 mV. På grund av mätarens grafik kan man urskilja 24 olika visningssteg vilket räcker bra för visning av S-metervärdet. Modulen innehåller även rutinerna för tillverkning av de specialtecken som behövs för att mata ut och presentera S-meterns skala på displayen.

Läsning av enkodern (dcrxtim.c)

'Timing och avbrotts hantering'-modulens centrala uppgift är att avläsa och tolka förändringarna i enkoderns kontakter. Kopplingsläget hos enkoderns kontakter läses en gång i millisekunden genom att moden hos kontrollerns I/O-port B byts så att stiften blir ingångar. Kontakternas lägesförändring filtreras så att två på varandra följande avläsningar skall vara lika innan man börjar tolka signalen. När en förändring observeras efter filtreringen i förhållande till föregående tillstånd, tolkas rotationsriktningen utgående från det föregående och det nya tillståndet. Rotationsräknaren för enkodern ökas eller minskas med ett beroende på riktningen. Rotationsräknaren kan samla flera pulser innan den summeras till frekvensinställningen i huvudprogrammet.

DDS-kretsens styrning (ad9833.c)

Fastän AD9833 är den mest anspråkslösa av Analog Devices' DDS kretsfamilj, så är den till sina egenskaper en mångsidig och ur styrningssynpunkt krävande krets. AD9833 DDS-kretsens styrning sker

med hjälp av seriell SPI-signalering. Signaleringen och den klocksignal som då behövs skapas programmässigt. AD9833-kretsen innehåller rikligt med egenskaper som inte använts i denna tillämpning. Kretsen måste i alla fall ställas i rätt funktionsmod. Efter att 16-bitsregistret som styr kretsens funktion ställts rätt och fasregistret har nollats, kan man ge DDS-kretsen ett frekvensvärde. Frekvensen ges genom att man skriver ett kommando med längden 28-bit till två 16 bits register. Den frekvens som DDS:n genererar bildas av följande ekvation:

$F_{out} = \text{styrkommandot} * \text{referensklockan} / 2^{28}$.

Av detta följer att den minst signifikanta biten hos kommandosträngen motsvarar en frekvens på 0,0745 Hz vid den använda 20 MHz referensfrekvensen. Denna detalj är inte betydelsefull eller intressant när grundinställningen av DDS-kretsen utförs. Situationen blir intressant när mottagaren avstäms och i samband med visning av frekvensen. Hur får man inställningsvärdet från displayen för DDS:n eller omvänt? Nytt börvärde skrivs till DDS:n endast när frekvensen ändras. På detta sätt minskas nivån på de störningar som kopplas från DDS:n till utgången.

Beräkningar för frekvensdisplayen (dcrx.c och large_mul.c)

På grund av de begränsade egenskaperna hos den använda mikrokontrollern fanns det att fundera över gällande beräkningarna för frekvensdisplay och mottagarens avstämning. Problemet har lösts så att mottagarens frekvensinställning bibehålls i form av kontrollordet för DDS:n. Kontrollordet ökas eller minskas med ett förberäknat tal enligt valt frekvenssteg när enkodern vrids. Dessa steg ärt: 10 Hz, 100 Hz och 100 kHz. Den otroliga avstämningsnoggrannheten hos DDS:n används i praktiken bara till en liten del. Avstämningssteget på 10 Hz är i praktiken tillräckligt. Visningsfrekvensen kan beräknas tillräckligt noggrant med en 8-bits mikrokontroller genom användning av knep. Långa divisioner eller flyttalsoperationer är i praktiken inte möjliga. För beräkning av visningsfrekvensen har på förhand beräknats ett konstant värde $0,07450581\text{Hz/bit} * 2^{32}$ vars värde blir 320000000. När DDS:ns börvärde multipliceras med detta tal blir resultatet ett 64-bits tal vars 32 mest signifikanta bitar motsvarar den frekvens som skall visas. Nu fattas endast en multiplikation 32 bit x 32 bit, vars resultat blir 64 bit långt. Vi var tvungna att göra beräkningsrutinen själva eftersom c-språkets rutinbibliotek inte stöder beräkningar med så stora tal. Ur prestandasynpunkt fungerar ovan beskrivna princip bra. Hela beräkningen utförs vid varje cykel i programmets huvudslinga och inryms i den tidigare nämnda 6 ms cykeltiden. På grund av utförandet bibehåller inte displayen och frekvensen i alla situationer den minst signifikanta siffran.

A/D-mätningarna (dcrxadc.c)

För att spara minnesutrymme har vi gjort en avskalad version av drivrutinen för A/D-omvandlaren som mäter mottagarens matningsspänning och S-metersignalen. Spänningen mäts och lagras för beräkningar med 10 bits noggrannhet. S-meters signal lagras bara med 8 bits upplösning för att spara utrymme. Under tiden för mätningen reserveras signalerna RA0, RA1 och RA3 i mikrokontrollerns A-port för A/D-omvandlarens bruk. Efter mätningen återställs porten för I/O-bruk. A/D-omvandlarens referens tas direkt från +5 V drivspänningen. Av detta följer att omvandlarens upplösning är 5 V/1024, vilket motsvarar 4,88 mV/bit.

Spänningsmätaren (dcrx.c)

med hjälp av yttre spänningsdelning är matningsspänningen skalad så att resultatet av A/D-omvandlingen med ovan nämnda upplösning som talvärde är matningsspänningen/2. Det visade värdet som har 20 mV upplösning kan lätt beräknas genom att A/D-omvandlarens resultat multipliceras med två.

Kvittenstonerna (dcrx.c)

I användargränssnittet ingår även kvittenstoner som underlättar valet av stegstorlek för frekvensinställningen. Den valda stegstorleken indikeras med toner av olika tonhöjd. Tonerna genereras av en programslinga och fördröjningar. Beroende på begränsningar i mikrokontrollerns I/O-kapacitet har vi varit tvungna att finna en speciell signalväg för kvittenstonerna. De körs ut genom samma I/O-stift som fungerar som ingång för spänningsmätningen. Från mätpunkten för matningsspänningen förs en 5 V fyrkantvåg till RX-kortet där den filtreras och matas till audioförstärkaren.

Lagring av frekvens och frekvensstegets storlek (dcrx.c)

Den inställda frekvensen och frekvensstegets storlek kan lagras i det icke-flyktiga EEPROM-minnet, därifrån de kan läsas och tas i bruk vid nästa start. För lagring och läsning har förenklade rutiner lagts till i huvudprogrammet. För kontroll av frekvensens gränsvärden finns också en egen rutin. Ifall gränsvärdena överskrids tas "fabriksinställningar" i bruk. Detta kommer ifråga närmast i samband med första starten när EEPROM-minnet är tomt. Lagringen sker när enkoderns ratt hålls intryckt över två sekunder. Kvittering av utförd lagring sker genom att bokstaven R ges som CW med hjälp av en kvittenstonsrutin.

Bilagor:

- Blockschema
- Krettschemor
- Komponentplacering
- Komponentförteckningar, priser och inköpsställen
- Bilder av prototyperna