

XXXII. OTDK Dolgozat

Műszaki Tudományi Szekció



Kiss-Bokodi Zsolt és Buzás Ferenc

2014. január 15.

Gábor Dénes Főiskola

Sztereó FM rádióadó RDS rendszerrel

Kiss-Bokodi Zsolt és Buzás Ferenc

Mérnökinformatika szak 3. évfolyam

2014. január 15.

Egy oldalas tartalmi összefoglaló magyarul

Sztereó FM rádióadó RDS rendszerrel

A dolgozat témája egy általunk készített FM műsorszóró rádióadó. A működési frekvencia digitálisan szabályozható, az RDS információ beállítása számítógéppel történik. A vételre bármilyen CCIR vagy OIRT szabványú FM vevőkészülék alkalmas lehet.

Öt fő részre osztható (Limiter, MPX, RDS, Analóg FM adó, PLL):

Limiter: Ide csatlakoztatható a hangfrekvenciás sztereó jelforrás. A limiter áramkör feladata a jel kilengéseinek csökkentése, ezáltal alkalmassá tétele a rádióadáshoz.

MPX (Multiplexer): Bemenete a limiter áramkör kimenetére csatlakozik. Célja, hogy a bemenő két csatornán érkező sztereó jelet egy csatornára kódolja (multiplexelje). Az így továbbított jel formája megmarad az FM adásban is, és az arra alkalmas rádió vevők képesek dekódolni és sztereóban hallhatóvá tenni.

RDS (Radio Data System): Több programozott PIC áramkörrel ellátott digitális egység, mely számítógéppel programozható. Feladata kis mennyiségű digitális információ ráillesztése a rádiófrekvenciás kimenő jelre. Ezt a jelet az erre alkalmas vevők dekódolják és szövegesen megjelenítik. Néhány példa ezekre az információkra: állomás neve, cím, előadó, év, műfaj, műsor típusa, alternatív frekvenciák. Az elküldendő információk adás közben is változtathatók számítógéppel.

Analóg FM adó: Az adóberendezés, ami létrehozza és a kívánt mértékűre erősíti a kimenő rádiófrekvenciás jelet. Rendelkezik egy oszcillátor áramkörrel, ami a kiinduló frekvenciát hozza létre. Továbbá több rádiófrekvenciás erősítő fokozattal, ami a jelet erősíti. Ez a blokk önmagában is képes lenne mono, RDS nélküli rádióadóként működni. Az RDS és MPX jel az adó oszcillátorára kapcsolódik, így jön létre a frekvencia moduláció (FM).

PLL (Phase-locked loop): Digitális áramkör melynek célja az adó működési frekvenciájának beállítása és stabilan, egy helyben tartása. A kívánt frekvenciát kézzel egy kapcsoló sor segítségével állíthatjuk be 82 – 108 MHz-es tartományban (ez teljes egészében átfedi a szabvány szerinti CCIR FM sávot, mely 87.5 – 108 MHz-ig terjed). Az Analóg FM adó frekvenciájából folyamatosan mintát vesz, azt elemzi, és ha az a kívánt frekvenciától eltér, akkor az adó oszcillátorának szabályzásával a kívánt értékre állítja.

Az adó maximális rádiófrekvenciás kimeneti teljesítménye 8 Watt, ez megfelelő antennával 40 km-es elméleti hatótávolságot tesz lehetővé. A teljesítmény szabályozható (50mW – 8 W-ig). Az antenna egy frekvencia szerint méretre hangolt J-POL típusú antenna.

Egy oldalas tartalmi összefoglaló angolul

Stereo FM transmitter with RDS system

Our project is a home made radio transmitter which is capable to broadcast radio programs. The operating frequency is digitally adjustable and the information settings of the RDS are programmable. The radio message sending could work by CCIR or OIRT standard FM radio receiver.

Five main parts of the transmitter (Limiter, MPX, RDS, Analog FM transmitter and the PLL):

Limiter: Its function to control sound amplitude of the tone. That function makes it able to the tone for FM broadcast. The audio-frequency signal source is connected to the Limiter.

MPX (Multiplexer): The Limiter output join to the input of the Multiplexer. The MPX is coding the stereo signals from the limiter and do one multiplexered signal. This one channel signal can be decoded by standard FM radio receiver.

RDS (Radio Data System): A Digital Unit with multi-programmed PIC circuit. It is programmable by computer. Its function to send small amounts of digital information to the output signal. This signal is suitable for the customers to decode and display the text. Some examples of this information: host name, title, artist, year, genre, type of program, alternative frequencies. These kind of information can be changed during the transmission time.

Analog FM transmitter: The transmitter, which creates and reinforces the desired level of the output radio frequency signal. It has an oscillator circuit, which creates the base frequency. In addition, it has several radio booster, which strengthens the signal. This block alone would be able to work, as a non-RDS radio. MPX and RDS signal is connected to the transmitter oscillator, so the frequency modulation is generated.

PLL (Phase-locked loop): Digital circuit which is used to set the operating frequency stable of the transmitter and it is keeping in place. The desired frequency is needed to set manually from 82 to 108 MHz (this is entirely overlapped by the standard CCIR FM band, which is between 87.5 - 108 MHz). The PLL continuously take sample of the analogue FM transmitter frequency, then analyzes it and if the desired frequency is different, it will set the desired value by controlling the transmitter oscillator.

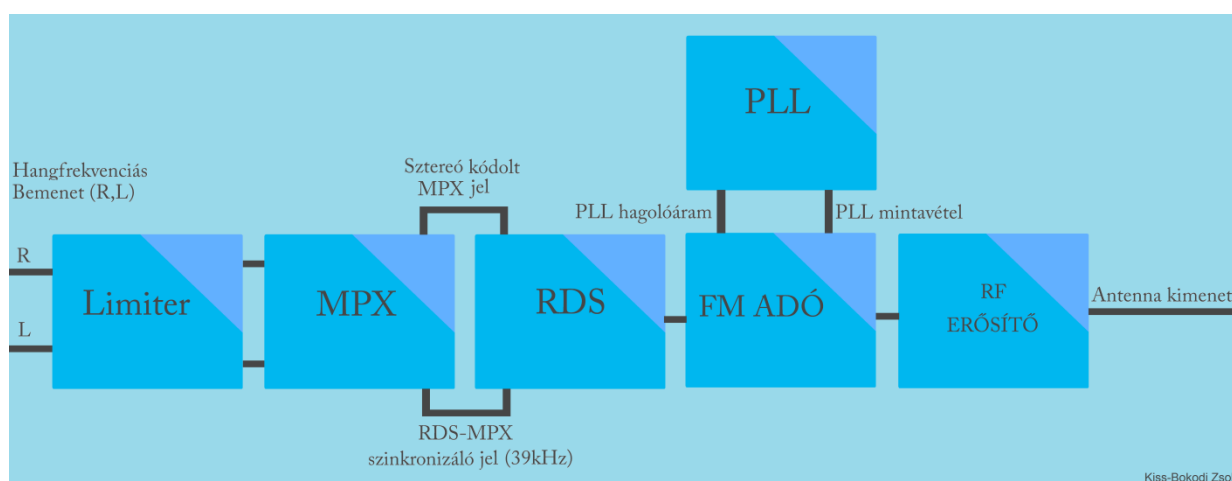
The maximum transmitter Radio frequency output power is 8 watt. With a suitable antenna, it can reach about 40km radio range. The power is adjustable from 50mW until 8W. The antenna is tuned to a frequency size J-POL-type antenna.

Tartalomjegyzék

Bevezető	1-2
Egy oldalas tartalmi összefoglaló magyarul	3
Egy oldalas tartalmi összefoglaló angolul	4
Tartalomjegyzék	5
A dolgozat tartalmának ismertetése:	6
Sztereoó limiter	6-7
MPX (sztereoó multiplexer):	8-9
RDS (Radio Data System):	9-12
FM adó (analóg FM adó):	12-13
PLL (Phase-locked loop, Fáziszárt hurok):	13-14
RF végerősítő fokozat:	15
Képek az adóról:	16-17
Antenna terve	18
PIC mikrokontroller programozó:	19-20
RDS-MPX jel számítógépes előállítási lehetőségei:	20-21
Rádió feltalálása, története:	21-22
Rádiók működése, különböző típusai:	22-23
FM rádiók kialakulása:	24
Sztereoó dekódoló áramköri megoldások vételi oldalon:	25-26
Műszaki adatok	27
Ábrajegyzék	27-28
Felhasznált irodalom	29

A dolgozat tartalmának ismertetése:

A dolgozat témája egy általunk készített FM műsorszóró rádióadó. A működési frekvencia digitálisan szabályozható, az RDS információ beállítása számítógéppel történik. A vételre bármilyen CCIR FM vevőkészülék alkalmas lehet. Rendelkezik több mikrokontrollerrel (PIC) programozott áramkörrel, melyek a digitális rendszerek vezérlésében vesznek részt. Felépítése több elkülöníthető blokként (modulként) kezelhető áramkörből áll.



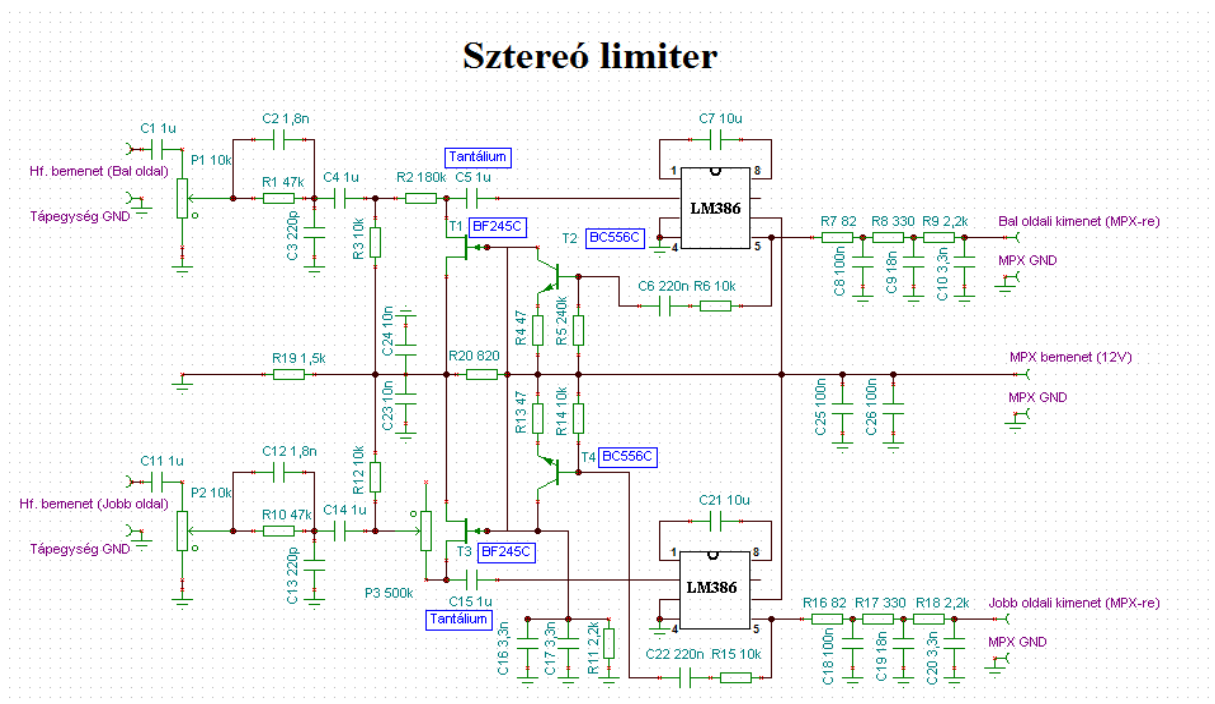
1. ábra: Az adó blokkvázlata

Az adó rendszer hat modulra van osztva: Sztereo limiter, MPX (sztereo multiplexer), RDS (Radio Data System, Rádiós Adatközlő Rendszer), FM adó (analóg FM adó), PLL (Phase-locked loop, Fáziszárt hurok), RF végerősítő fokozat.

Sztereo limiter:

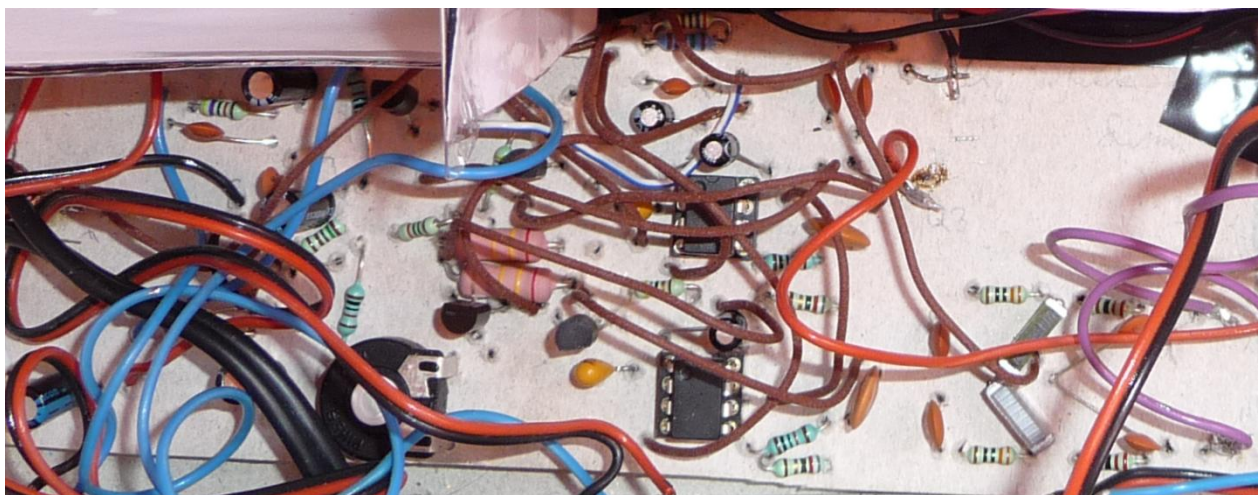
Feladata a jel kilengéseinek csökkentése, ezáltal alkalmassá tétele a rádióadáshoz. A beszéd és zene nagy dinamikai tartományban vannak, halk és hangos részekből állnak, ezeket a limiter egy erősségű kimeneti jellé változtatja. A hangos jeleket halkítja, míg a gyengéket erősíti. Az FM adó számára nem alkalmasak a nagy dinamikájú hangok, ezért van szükség a limiterre.

Az általunk készített sztereo limiter fő részeit tekintve, csatornánként áll egy FET-ből és egy tranzisztorból továbbá egy utóerősítőből.



2. ábra: A limiter kapcsolási rajza

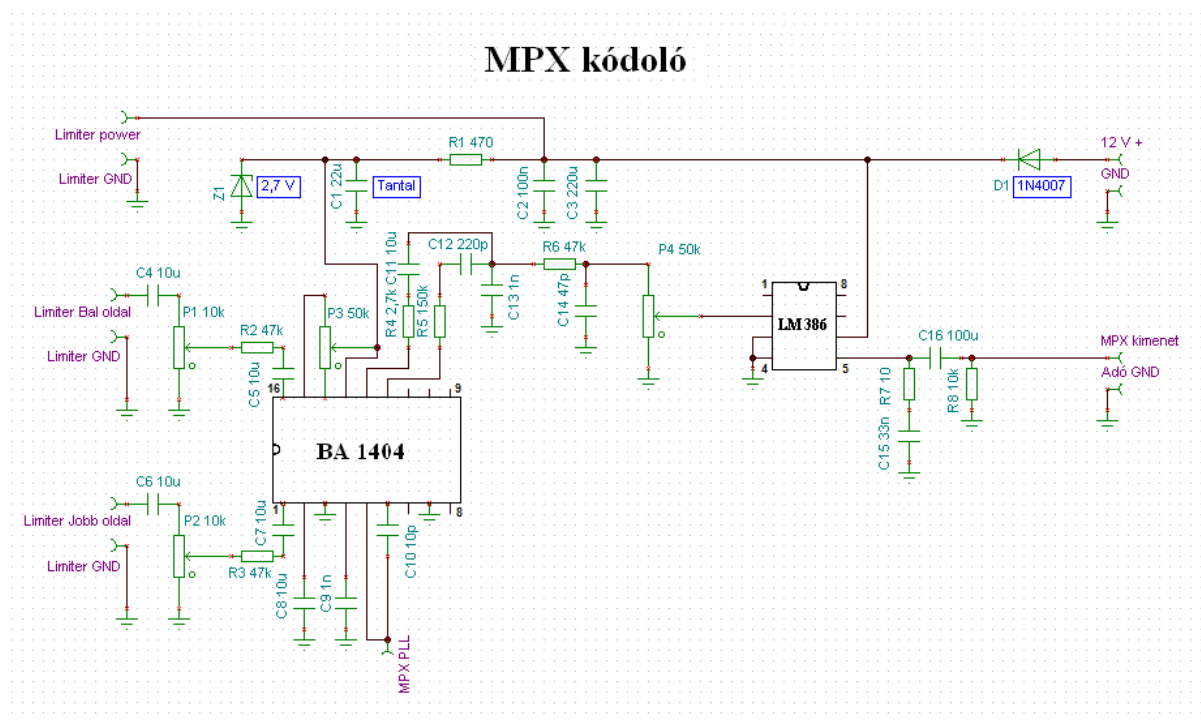
Az áramkör képes lenne működni két egysatornás limiterként is. Baloldalon láthatók a hangfrekvenciás sztereó bemenetei (L, R). Ide kapcsoljuk az adni kívánt jeleket, ez származhat szinte bármilyen audióeszközből (telefon, MP3 lejátszó, számítógép, keverőpult). Mivel a limitálás után a jel relatív gyengévé válik ezért szükség van a két (LM386) erősítő IC-re. Típusát tekintve ez az áramkör analóg. A kimeneten (Q1, Q5) megjelenik a limitálás utáni sztereó jel.



3. ábra: Elkészített limiter áramkör

MPX (sztereó multiplexer):

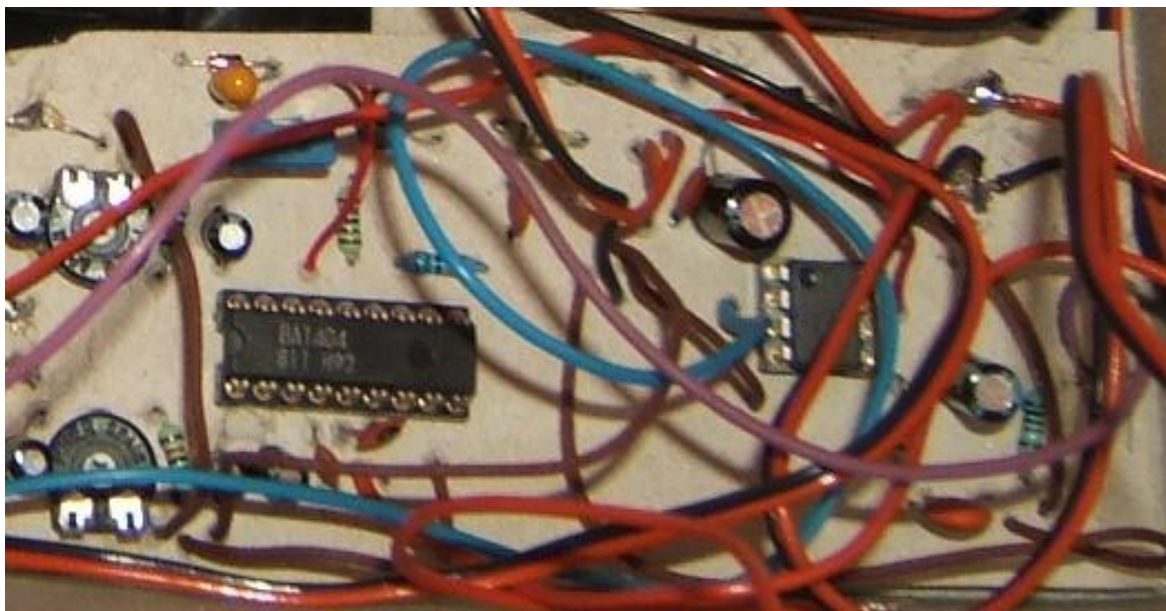
Bemenete a limiter áramkör kimenetére csatlakozik (Q1, Q5). Célja, hogy a bemenő két csatornán érkező limitált sztereó jelet egy csatornára kódolja (multiplexelje). Az így továbbított jel formája megmarad az FM adásban is, és az arra alkalmas rádióvevők képesek dekódolni és sztereóban hallhatóvá tenni.



4. ábra: Mpx áramkör kapcsolási rajza

A limiter kimenete a BA1404 (IC3 az ábrán) típusú sztereó modulátor IC-hez kapcsolódik, ami a sztereókódolást végzi. (Az BA1404 típusú IC felhasználásával önálló kis teljesítményű (50mW>) rádióadó is készíthető.) A sztereókódoláshoz szükség van egy órajel generátorra, ami a rajzon egy kristállyal van ábrázolva (X1) a megépített áramkörben az a különbség, hogy nem ezzel is kristállyal van vezérelve az MPX modul, hanem az RDS rendszer számítógépe állítja elő a 38 kHz-es pilot jelet. Erre a változtatásra azért van szükség, hogy az RDS jellel össze legyen szinkronizálva az MPX (sztereókódolt) jel.

A sztereóba kódolást követően a jel már egy csatornán továbbítható, mivel a jel ereje ismét legyengült, újra egy LM386 típusú erősítőn halad keresztül, és ezután jelenik meg az MPX modul kimenetén (MPX output). A jel itt már limitált (adáshoz alkalmas dinamikájú) és sztereó multiplexelt.



5. ábra: Elkészített MPX áramkör

RDS (Radio Data System):



[1] „A Radio Data System (RDS), azaz „rádiós adatrendszer”, az Európai Műsorsugárzók Uniója (EBU) által kiadott kommunikációs protokoll szabványa, kis mennyiségű digitális információ elküldésére szolgál hagyományos FM-rádiós adások alatt. Az RDS-rendszer többfajta információt ír le, például időt, műfajt és előadót, illetve rádióállomásazonosítást is. 1984 óta szabványosított Európában.

A következő információkat általában tartalmazhatják az RDS-adatok:

Alternative Frequency (AF, alternatív frekvencia): Elküldi a vevőkészüléknek a másik frekvenciára való váltást, amikor az első adás jele túl gyenge, közben ugyanazt az állomást nyújtja. Ezt gyakran használják fel autós rendszerekben.

Clock Time (CT, pontos idő): Szinkronizálja a vevőkészülékben lévő órát vagy az autó óráját. A késleltetés miatt az óra 100 ms-on, vagyis 0,1 másodpercen (milliszekundum=ezredmásodperc) belül pontos.

Enhanced Other Networks (EON, „kiterjesztett egyéb hálózatok”): Mindig a vevőkészülék felügyeli a másik hálózatokat vagy állomásokat forgalmi információkért, és automatikusan áthangolja ideiglenesen arra az állomásra.

Program Identification (PI, program-azonosító): Egyedi kód, mely azonosítja a rádióadót. Minden adó egy területi előtagot és egy speciális kódot kap. Az USA-ban a PI határozza meg a formulát az adó hívójelében.

Programme Service (PS, programszerviz): Egy nyolc karakteres állandó vagy változó jel, ami az állomásnevet képviseli. A legtöbb RDS-sel rendelkező rádió megjeleníti. Ha az állomást elraktározzák a rádióban, akkor el fogja rejteni ezt az információt az adott a frekvenciánál. Példák: statikus: „PETOFI” vagy dinamikus: „GYOR”, majd „PLUSZ” 4 másodperccel utána.

Program Type (PTY programtípus): 31 előre meghatározott kódot tartalmaz. Példák: PTY1: hírek, PTY6: dráma, PTY11: rockzene. Lehetővé teszi a műfaj szerinti adókeresést. A PTY31 természeti katasztrófáknál üzenetek küldésére szolgál.

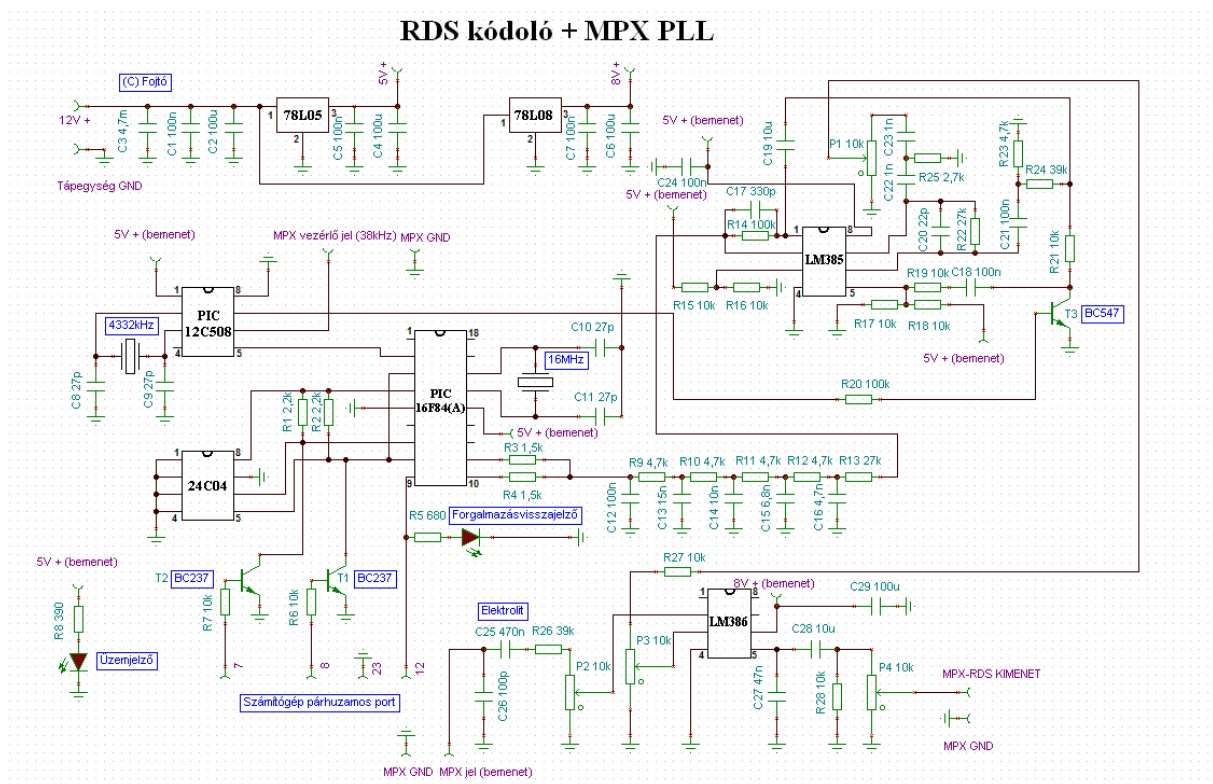
Regional (Reg, területjel): Főleg olyan országokban használják, ahol nemzeti műsorokat sugároznak az adókon. Ez a funkció megengedi a hallgatónak, hogy a régióját hallgathassa vagy másik régióra válthasson, ahogy átlépnek egy másik régióba.

Radio Text (RT, „rádiós szöveg”): Ezzel a rádióállomások közvetíthetnek egy 64 karakteres, szabad formájú szöveget, ami lehet például egy szlogen vagy a jelenleg játszott dal címe.

Traffic Announcement, Traffic Program (TA, „fontos közlemény”, TP, „fontos program”): A TP-t arra használják, hogy megengedje a hallgatónak, hogy csak azokat az adókat keresse, amik rendszeresen adnak le közleményeket, míg a TA-t az adás leállítására vagy egy fontos közlemény alatt a hangerő felemelésére.”

Elkészített áramkörről:

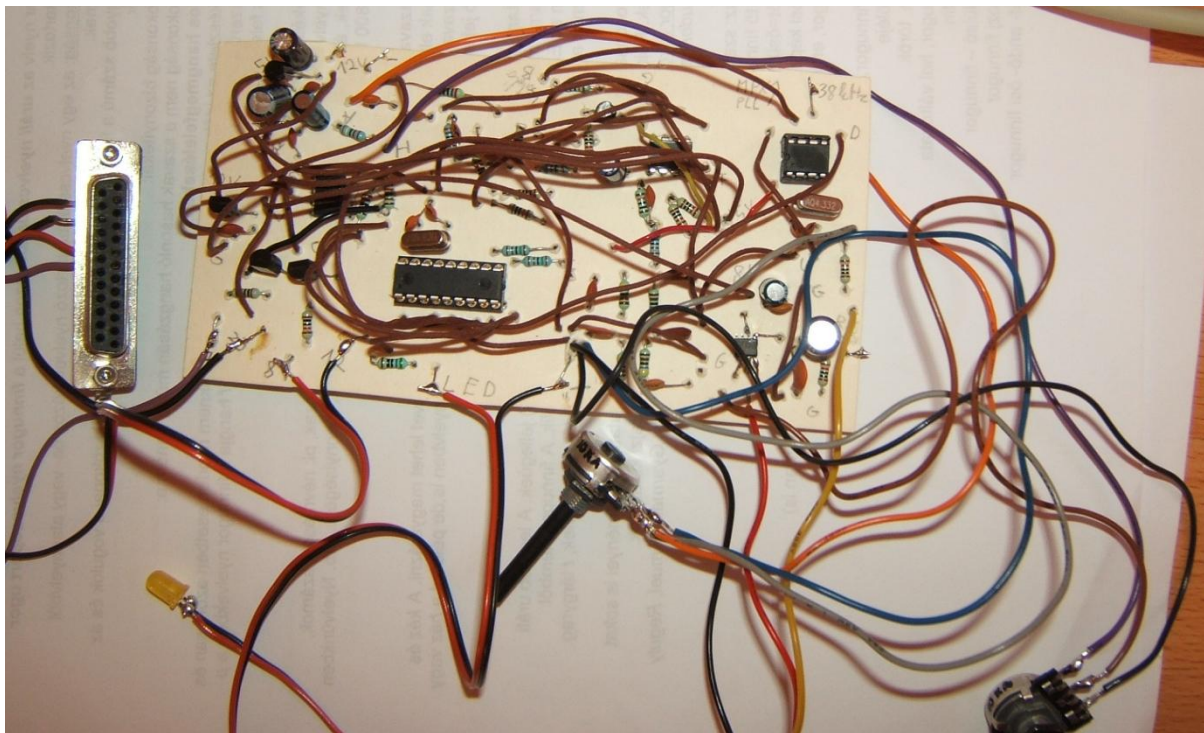
Több programozott PIC áramkörrel ellátott digitális egység, mely számítógéppel programozható. Feladata kis mennyiségű digitális információ ráillesztése a rádiófrekvenciás kimenő jelre. Ezt a jelet az erre alkalmas vevők dekódolják és szövegesen megjelenítik. Az RDS rendszer a jelét 57 kHz-es eltolással illeszti a kimenő jelre fázis modulációval. Mivel az MPX és RDS jel zavarná egymást, szükség van egy szabályzó áramkörre, ami összehangolja a két eszköz működését. Ez az áramkör részét képezi az RDS modulnak.



6. ábra: RDS áramkör kapcsolási rajza

A MPX Inputra csatlakozik a sztereó kódolt jel, amihez az áramkör hozzáilleszti a saját RDS jelét. A 38kHz-es kimeneten keresztül szabályozza az MPX működését egy PIC12C508 típusú erre a célra általunk programozott mikroszámítógép. A rendszer közepén egy PIC16F84 típusú programozott mikroszámítógép van melynek feladata az adatok kiolvasása 24C16 típusú EPROM tárolóból, és ezen adatok MPX jelre ültetése, továbbá a 38kHz-es vezérlőáramkör szabályzása.

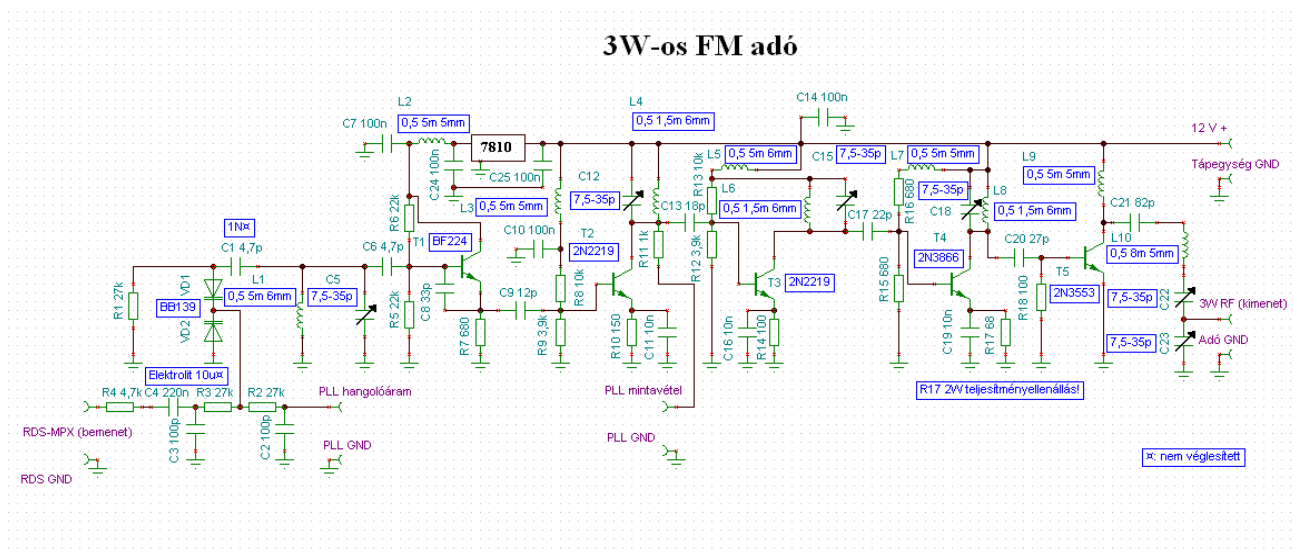
Az EPROM-ban tárolt RDS adatok módosítása számítógéppel, párhuzamos porton keresztül lehetséges. Az adatok működés közben is átírhatók, a kiküldés folyamatos nem igényel újraindítást. Az így létrehozott már RDS-MPX jel ismét elgyengült, ezért szükség van az LM386 típusú IC-re az erősítéshez.



7. ábra: Elkészített RDS áramkör

FM adó (analóg FM adó):

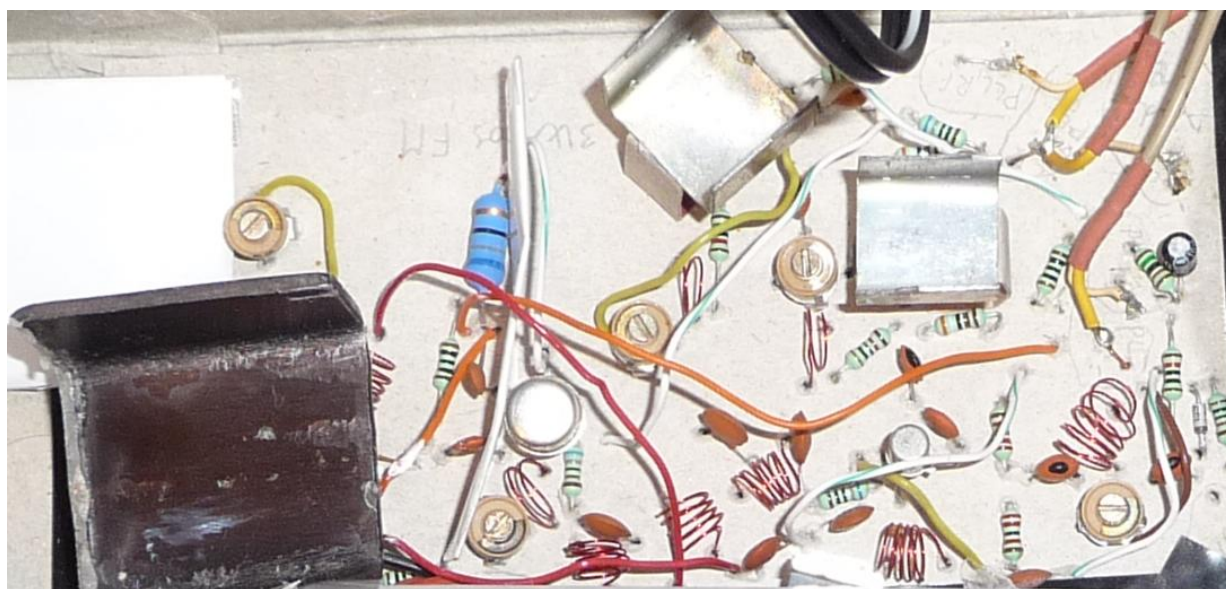
Az adóberendezés, ami létrehozza és a kívánt mértékűre erősíti a kimenő rádiófrekvenciás jelet. Rendelkezik egy oszcillátor áramkörrel, ami a kiinduló frekvenciát hozza létre. Továbbá több rádiófrekvenciás erősítő fokozattal, ami a jelet erősíti. Ez a blokk önmagában is képes lenne mono, RDS nélküli rádióadóként működni. Az RDS és MPX jel az adó oszcillátorára kapcsolódik, így jön létre a frekvencia moduláció (FM).



8. ábra: Az adó kapcsolási rajza

Teljesen analóg rendszerű tranzistoros szerkezet, mely áll egy oszcillátorból és az utána kapcsolt négy, tranzistoros rádiófrekvenciás erősítő fokozatból. A bemenetre érkezik az RDS-MPX hangfrekvenciás jel mely az oszcillátor varrikap diódájára (BB139) kapcsolva változást okoz a dióda kapacitásában. Ezek a kapacitásváltozások valósítják meg a frekvencia modulációt. Az kiinduló frekvenciát az L1-es tekercs és a vele párhuzamosan kapcsolt változtatható kondenzátor hozza létre (rezgőkör). Ha az adóhoz nem lenne PLL áramkör kapcsolva, akkor a változtatható kondenzátorral lehetne a frekvenciát beállítani, mivel ebben az esetben digitális frekvencia szabályzó modul is van ezért a frekvenciát nem szükséges pontosan behangolni analóg módon.

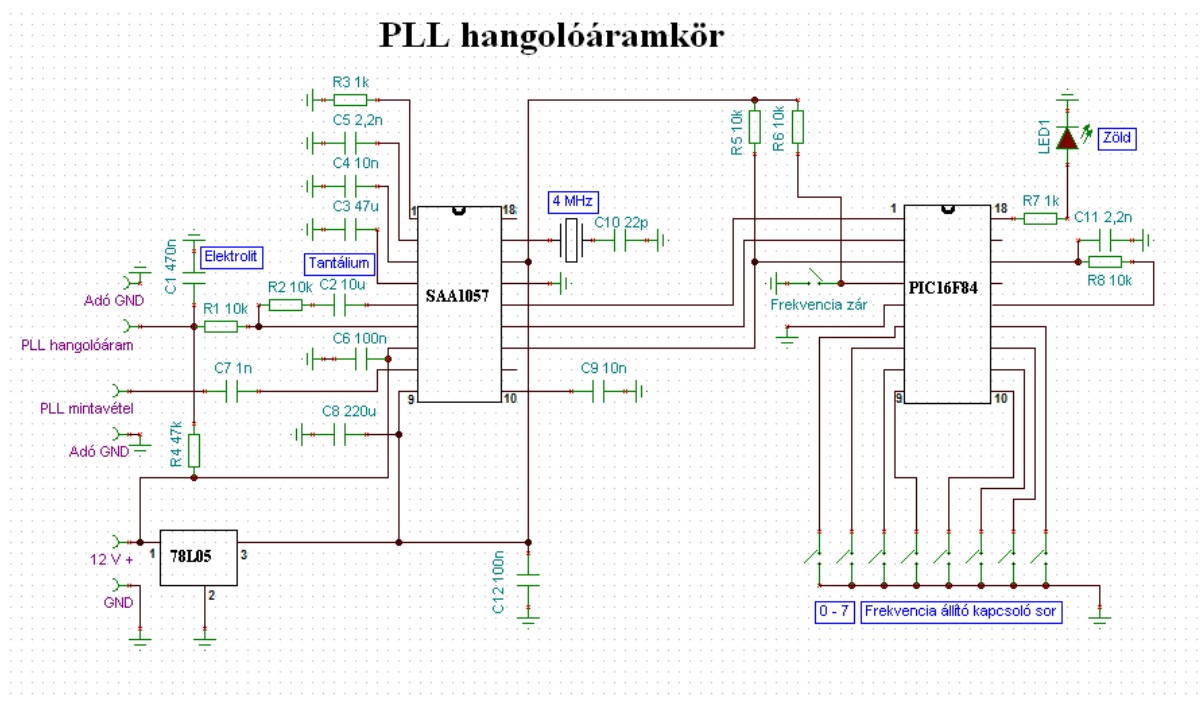
A további tranzistoros erősítő fokozatok a létrejött jelet tovább erősítik. A kimeneti rádiófrekvenciás teljesítmény 3.5 Watt. A fokozatokat egymástól árnyékolni kell, mert ekkora teljesítménynél már jelentős az önzavaró hatás. Némelyik félvezető hűtést igényel.



9. ábra: Elkészített FM adó áramkör

PLL (Phase-locked loop, Fáziszárt hurok):

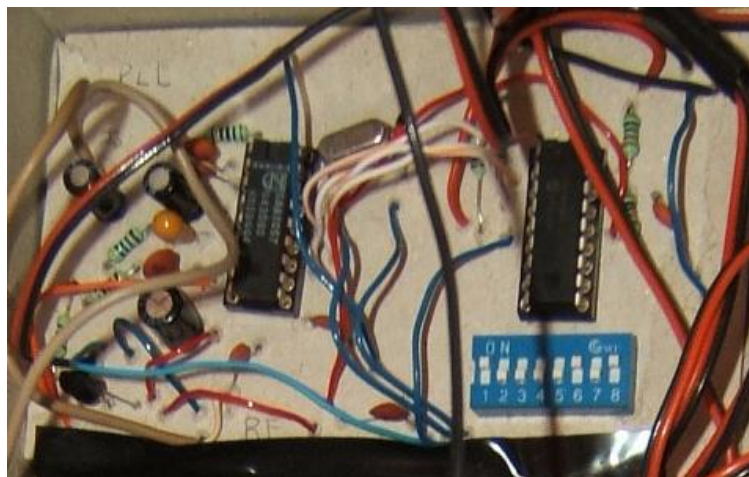
Digitális áramkör melynek célja az adó működési frekvenciájának beállítása és stabilan, egy helyben tartása. A kívánt frekvenciát kézzel egy kapcsoló sor segítségével állíthatjuk be 82 – 108 MHz-es tartományban (ez teljes egészében átfedi a szabvány szerinti CCIR FM sávot, mely 87.5 – 108 MHz-ig terjed). Az Analóg FM adó frekvenciájából folyamatosan mintát vesz, azt elemzi, és ha az a kívánt frekvenciától eltér, akkor az adó oszcillátorának szabályzásával a kívánt értékre állítja.



10. ábra: PLL kapcsolási rajza

Két fő résre osztató áll egy frekvenciaelemző és beállító Integrált áramkörből ez a jobb oldali IC melynek típusa SAA1057, és egy azt vezérlő programozott PIC mikrokontrollerből, amely típusa PIC16F84. A frekvenciát a dip kapcsolósor nyolc kapcsolójának kombinációjával lehet beállítani.

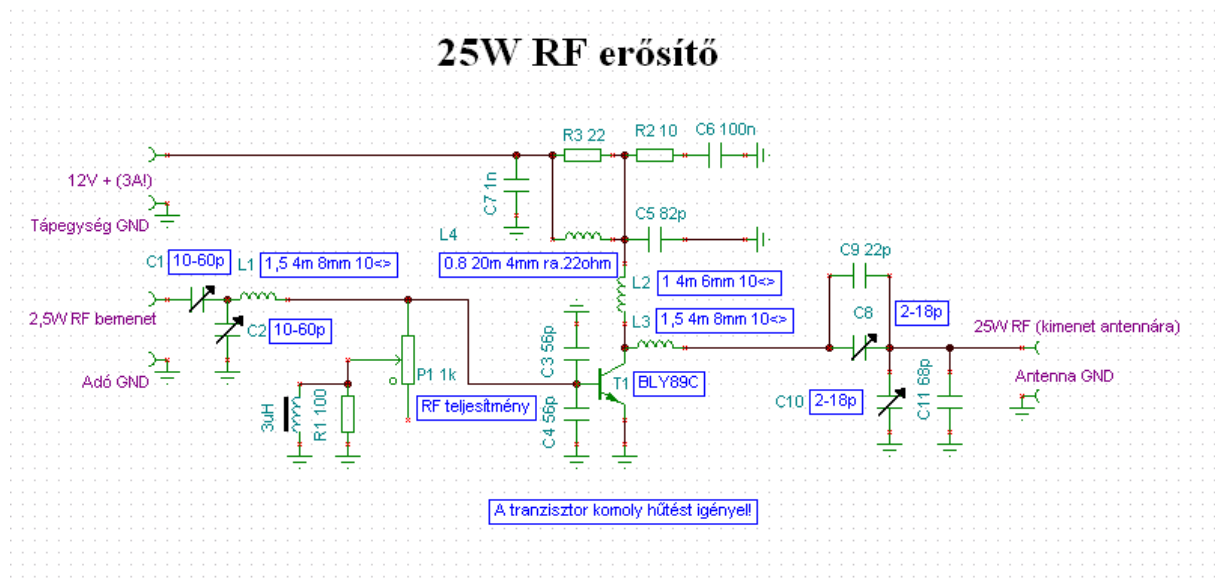
Az analóg FM adó első erősítő fokozata után történik a frekvencia mintavétel. Ez a minta a SAA1057 FFM bemenetére van vezetve. Az áramkör elemzi a bemenő frekvenciát, és ha az a kívánt értéktől eltér az OUT kimeneten a feszültség változtatásával áthangolja az adó oszcillátorát. A hangolás az adó oszcillátoránál történik a BB139-es varrikap diódára eső feszültség változtatásának segítségével. Az utasításokat a PIC16F84 (bal oldalon a rajzon) mikroszámítógép adja.



11. ábra: Elkészített PLL áramkör

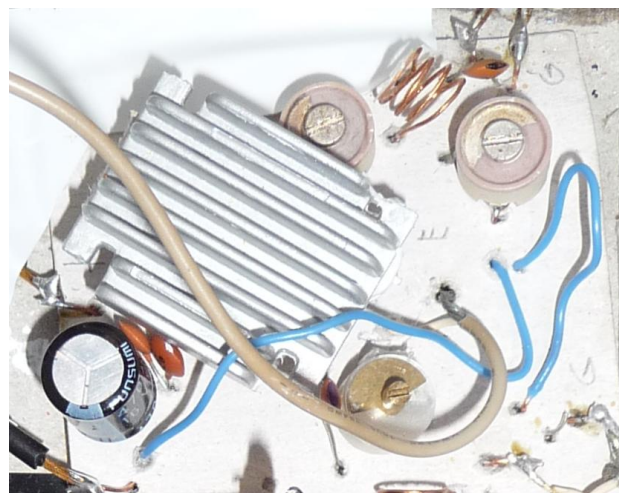
RF végerősítő fokozat:

Része lehetne az analóg FM adó blokknak, mégis külön modulként szerepel, mivel nagyobb arányú teljesítmény lépcsőt jelent ezért nagyobb árnyékolást és elkülönítést igényel. Tekinthető egyfajta utolsó rádiófrekvenciás erősítő fokozatnak is. Feladata, hogy az analóg FM adótól érkező 3 Watt rádiófrekvenciás jelet 25 Watt erősségűre erősítse. Ilyen teljesítmény esetén alapos árnyékolásra van szükség.



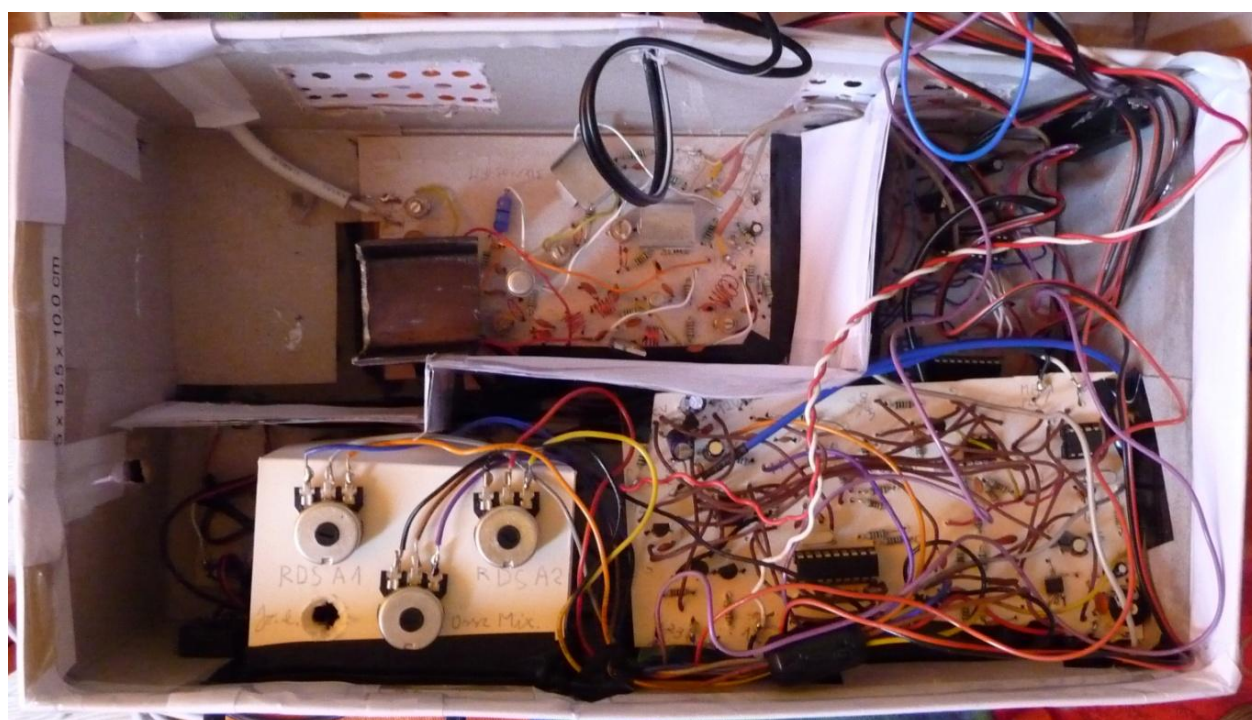
12. ábra: RF végerősítő kapcsolási rajza

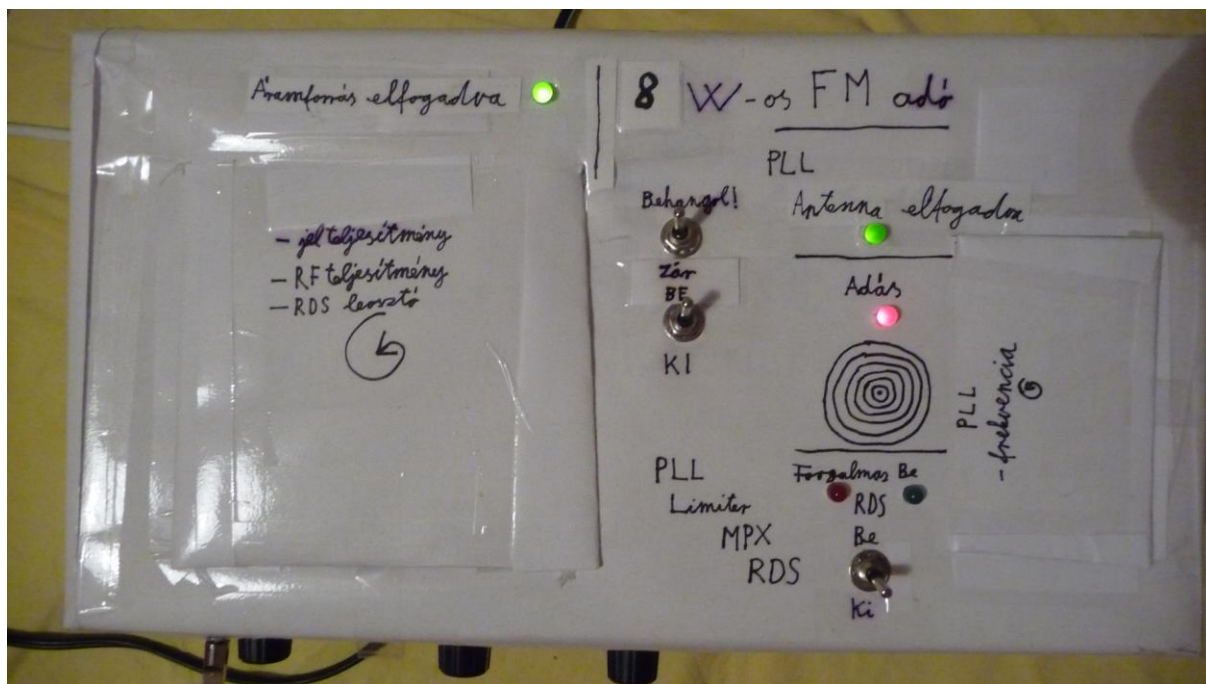
A kimeneti teljesítmény szabályozható 50 mW - 25 W tartományban. A kimenő 25 Wattos jel az antennára van vezetve. Ezzel a teljesítménnyel elérhető az elméleti 100 kilométeres hatótávolság is. (A hatótávolságot befolyásolják a terep és domborzati viszonyok, épületek, időjárás.)



13. ábra: Elkészített RF végerősítő fokozat

A vételi oldalon az arra alkalmas FM rádió vevőkészülékek újraépítik a hang eredeti dinamikáját, demultiplexelik az MPX jelet így válik ismét sztereóban hallhatóvá, és dekódolják az RDS információkat.



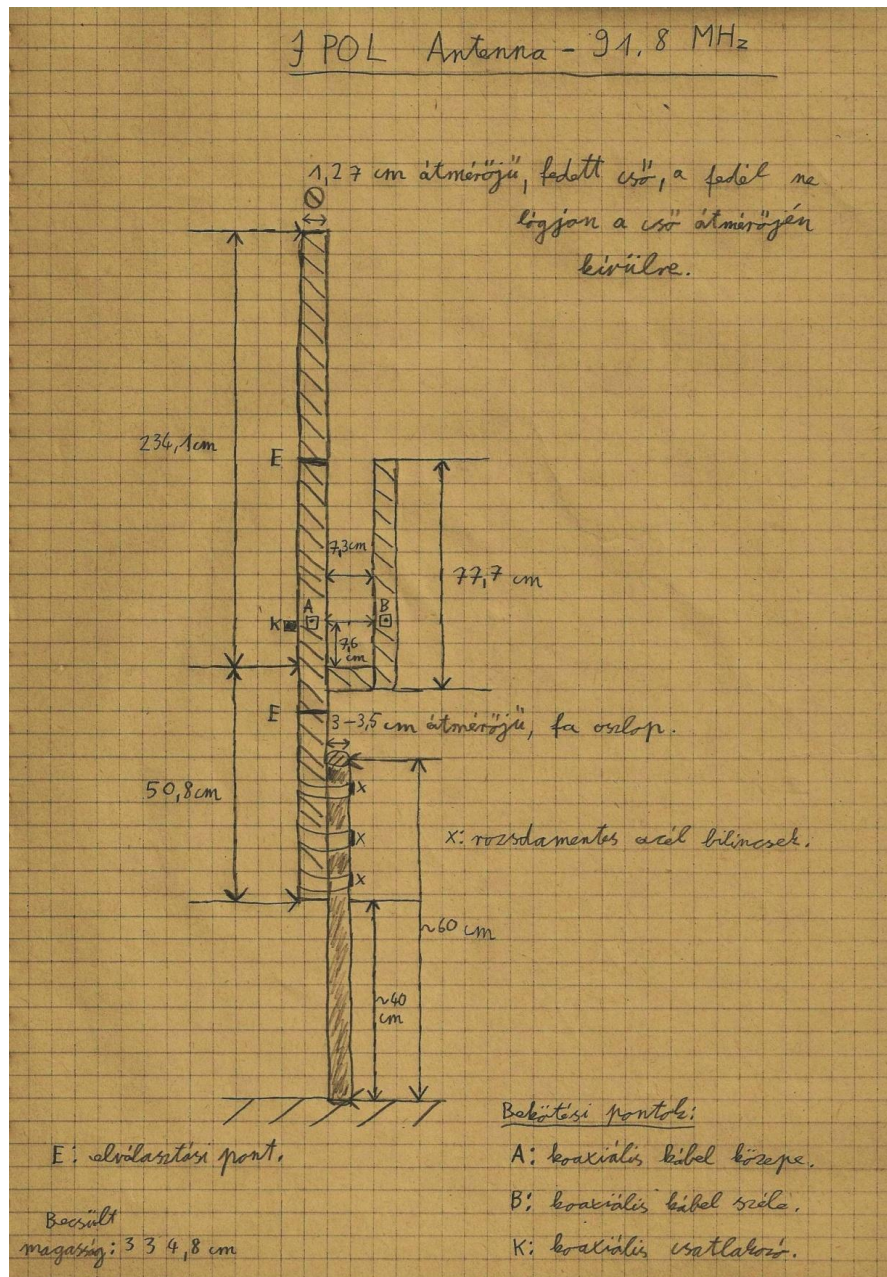


14.15.16. ábra: Néhány kép az elkészült adóról

Ezek voltak a komplett adóberendezés elkészített részei, az elkészített áramkörök némelyike kismértékben eltér a kapcsolási rajztól az összekapcsolhatóságuk érdekében. A továbbiakban az antenna tervéről, az adóhoz szükséges PIC mikroszámítógépek programozójáról, RDS-MPX jel számítógépes előállítási lehetőségéről, és a rádióadás történetéről lesz szó.

Antenna terve:

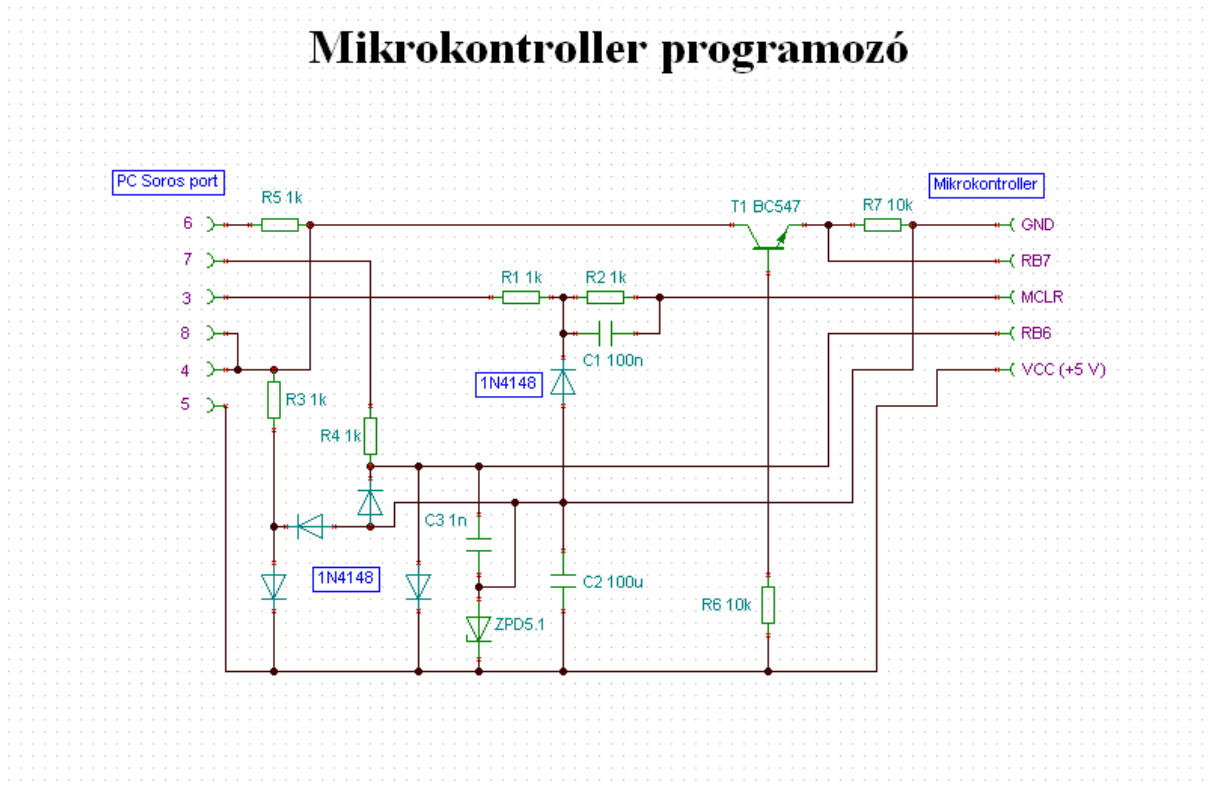
Az adóhoz csak kis hatásfokú ideiglenes antennák voltak csatlakoztatva kipróbálás céljából. Elkészítettük egy nagy J-POL típusú antenna tervét mely 91.8 MHz-es frekvenciára van méretezve.



17. ábra: Az antenna tervrajza

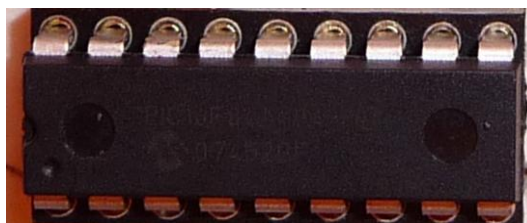
PIC mikrokontroller programozó:

A PIC egy programozható mikroszámítógép a rajta futó program határozza meg milyen célfeladatot lát el. Az adóban három ilyen PIC található (RDS-ben kettő, PLL-ben egy). Mindegyik PIC gyárilag üres a programot egy programozó áramkörrel lehet beírni („beégetni”).

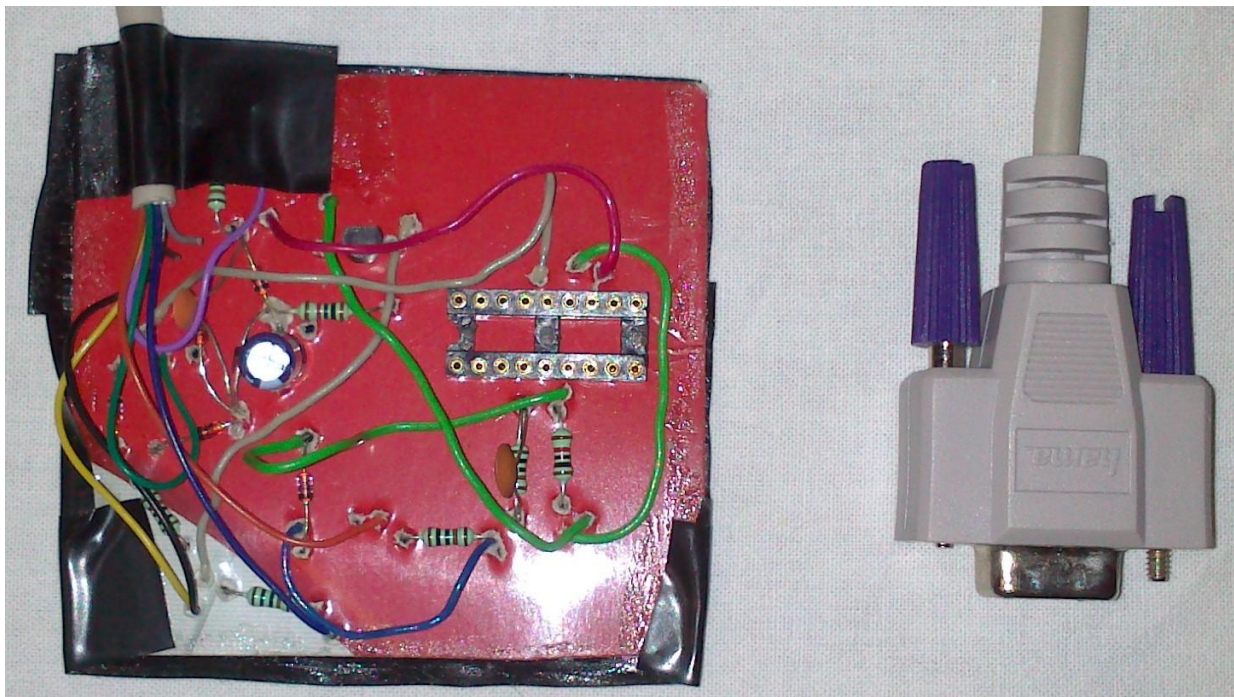


18. ábra: A PIC programozó kapcsolási rajza

Az általunk készített PIC programozó a számítógép sorosportjával működik. A programozáshoz szükséges kb. 13 Voltot a sorosport modemvezérlőjeleinek szinteltolással ér el, így nem igényel külön áramforrást. A szükséges programkód .hex fájlban van, amit a PC-n futó program a PIC-be programoz. (Az áramkör nem alkalmas minden PIC típus programozására).



19. ábra: Kép a PIC16F84 típusú mikrokontrollerről



20. ábra: Elkészített PIC programozó

RDS-MPX jel számítógépes előállítási lehetőségei:

Az RDS és MPX jel is generálható egy számítógépes hangkártya segítségével. A legtöbb modernebb hangkártya alkalmas rá. Alap esetben, ha számítógépről akarunk pl. zenét ily módon lejátszani két hangkártyára lehet szükség, azonban ez mára megoldható egyetlen hangkártyával is a Stereo Tool program segítségével. A Winamp médialejátszóba épülve végzi el szoftveresen az RDS és MPX jelek generálását. A hangkártya kimenetén jelenik meg az RDS-MPX jel ebben az esetben. Ha ezt a jelet egy mono FM adó bemenetére kapcsoljuk, annak jele sztereóban RDS információval együtt válik foghatóvá.

Másik lehetőség, hogy kintről a vonalbemenetre érkező jelet kódolja csak a program.

Sajnos ez egy nehézkes megoldás és rengeteg beállítást igényel a minősége sem éri el általában a hardveresen generált RDS-MPX jel minőségét. (A minőség függhet a hangkártyától).



21. ábra: Kép a programról

Rádió feltalálása, története:

[2]”Pontos megegyezés nincs azt illetően, hogy ki volt a rádió feltalálója. Nikola Tesla, Guglielmo Marconi és Alekszandr Popov egymástól függetlenül találták fel a szikratávíró (Marconi Tesla asszisztense volt Amerikában, ahol láthatta Tesla kutatásait és annak eredményeit). Marconi 1901-ben sikeresen bemutatta a rádióhullámok vezetékek nélküli sugárzását, 1909-ben fizikai Nobel-díjat kapott. Tesla beperelte, azzal a váddal, hogy Marconi ellopta a találmányát. 1943-ban az Amerikai Legfelső Bíróság hivatalosan is Teslának tulajdonította a rádió feltalálását). Azt viszont tudjuk, hogy Marconi 1902-ben már tudott Morse-jeleket küldeni Milánóból, illetve ő fejlesztette ki kereskedelmi, haditechnikai értelemben jól használható eszközzé a szikratávíró.

Később, az 1910-es években kezdték el a nagyobb hatótávolságú rádiók fejlesztését. Az első rádióadást, amely emberi hangot közvetített, Lee de Forest valósította meg 1910 január 12-én. A Tosca előadását közvetítette a Metropolitan operaházból. Az adást néhány száz készülékkel hallgatták.

Amerikai és angol tudósok 1920-ra kidolgozták a mai rádiók elvén alapuló készüléket, amely emberi hang, és zene továbbítására is alkalmas volt. Az első kereskedelmi rádióadó, a KDKA 1920-ban, a Pennsylvania állambeli Pittsburgh-ben kezdte meg működését. Az RCA 1929-ben kezdte meg rendszeres műsorszolgáltatását. Nagy-Britanniában 1922-ben, Budapesten már 1925. december 1-jén elindult a rádióadás.”

Rádiók működése, különböző típusai:

[3] „A rádió a fénynél alacsonyabb frekvenciájú elektromágneses hullámok modulációjával működő, jel továbbításra használt eszköz. Megkülönböztetünk rádióadót és rádióvevőt (illetve rádió-adóvevőt) a jel továbbítás irányának megfelelően, mivel ezek működése és belső felépítése jelentősen eltérő.

Korai antennák: A negyedhullámú botantenna kezdetben gondokat okozott, ugyanis a hosszúhullámokhoz rendkívüli antennamagasságot kellett volna létrehozni. Így a korai antennák L-, vagy T-típusú huzalantennák voltak. Az antenna tápvezetéke aktív sugárzó, sugárzása összeadódik a vízszintes huzalok sugárzásával. Emiatt ezek talpponti impedanciája kapacitív, és ezt soros indukcióval (tekerccsel) kellett kiegyenlíteni. Mára már csökkent a rádió használata a televíziók és egyéb, műsorszolgáltatás vételére alkalmas készülékek miatt, de még mindig méltán emlegethetjük a 20. század egyik legnagyobb találmányaként.

Intézményi háttér: A rádió kezdeti fejlesztői fizikusok és mérnökök voltak. Az első világháború előtt a tengerhajózás és a haditechnika volt a legnagyobb hajtóereje a fejlesztéseknek. Az első világháború alatt a külkapcsolatok és a diplomácia volt a legnagyobb felhasználója. Az Egyesült Királyság és Németország is a külbirtokokkal való kapcsolatok miatt fejlesztette a rádiót, Magyarország a diplomáciai kapcsolatok érdekében, tehát politikai érdekből. Az első világháború után lépett előtérbe a posta, a hírszolgálat (Magyarországon az MTI) és a szórakoztatás.

Detektoros vevő: A legegyszerűbb vevőkészülék AM-DSB (két oldal sávós amplitúdómodulációval sugárzott) műsorok vételére. A detektoros vevőkészülék egy párhuzamos rezgőkörből, és egy demodulátorból áll, ezért nagyon egyszerű, jó hangminőségű (az AM-moduláció lehetőségeit figyelembe véve). Csak fejhallgatós vételt tesz lehetővé megfelelően nagy rádiófrekvenciás térerősség esetén (ugyanis a hallgató működtetéséhez szükséges energiát az antennából nyert nagyfrekvenciás jelből nyeri ki).

Mivel a detektoros vevőkészülék szelektivitása gyakran nem felel meg a kívánalmaknak, ha a rezgőkör tekercsét irány érzékeny keretantennaként alakítják ki, az irányérzékenység segíthet kiszűrni a nem kívánt adóállomás jelét. Úgyszintén szokás volt ún. hullámcsapda alkalmazása, amikor is a vevő párhuzamos rezgőkörrel sorosan kapcsolnak egy, a zavaró állomásra hangolható párhuzamos rezgőkört. Mivel a párhuzamos rezgőkör saját rezonanciafrekvencián nagy ellenállást tanúsít, a hullámcsapda a zavaró adó jelének nagyobb részét nem engedte tovább a venni kívánt adóra hangolt rezgőkörre.

A demodulátor dióda lehet galenit kristályhoz szorított acéltű, vagy számos más, házilag is elkészíthető eszköz. A germánium félvezetők megjelenésétől a kis teljesítményű germánium diódák sokkal kedvezőbb karakterisztikájukra tekintettel kiváltották ezeket az eszközöket.

Egyenes rendszerű vevőkészülék: A legegyszerűbb az úgynevezett egyenes rendszerű vevőkészülék, amely az antennáról érkező rádiófrekvenciás jelet felerősíti, a szelektivitást egy vagy több együtt hangolható rezgőkörrel biztosítja. A demodulálást diódával vagy audion kapcsolással (rácsdemodulátor) biztosítja, majd a hangfrekvenciás jelet tovább erősíti és megszólaltatja.

Az egyszerű audion kapcsolásnál jobb eredményt lehetett elérni a visszacsatolt audion kapcsolással, ahol egy aktív elem (elektroncső vagy tranzisztor) kimenetéről a felerősített nagyfrekvenciás jel egy (változtatható nagyságú) részét a bemenetre visszavezetve (visszacsatolva), a fokozat erősítését egészen a begerjedésig lehetett növelni. A kapcsolás hátránya, hogy begerjedve az antennán mint rádióadó sugároz ki jeleket, ami a környéken üzemelő vevőkészülékeket zavarja.

Az ún. reflex kapcsolásban a visszacsatolás folytán az első erősítő elem a demodulálás előtti rádiófrekvenciás, és a hangfrekvenciás jelet is erősíti.

Szuper rendszerű készülék: Az egyenes vevőkészülékben a szükséges nagyfrekvenciás erősítést a mindenkori vételi frekvenciára hangolt rezgőkörökkel működő, egymást követő erősítőfokozatokkal érik el. A szuperheterodin vevőben a kívánt nagyfrekvenciás erősítést nem a mindenkori vételi, hanem egy fix frekvenciára (ún. középfrekvencia, KF) hangolt erősítőfokozatokkal érik el. A középfrekvenciát úgy állítják elő, hogy a vételi frekvencián érkező, egy fokozatban erősített jelet a keverő fokozaton "keverik" a helyi oszcillátor jelével."

FM rádiók kialakulása:

[4] „Ahogy a félvezetők ára csökkent, úgy foglalkoztak alkatrészigényesebb, de jobb minőséget kínáló eljárások bevezetésével. Gyakorlatilag a tranzisztoros korszak beköszöntével terjedt el az FM üzemmód. A frekvenciamoduláció az amerikai Edwin Armstrong nevéhez fűződik (1939). A módszer a második világháború után vált népszerűvé. Ez sokkal jobb minőséget kínált, mint az AM. Az FM rendszerben (az amplitúdómodulációval ellentétben) a vivőfrekvencia nem marad állandó, hanem a moduláló frekvencia Y amplitúdójának megfelelően változik. Ez nem okoz gondot, feltéve, hogy a vivőfrekvencia elegendően nagy, és a változás (frekvencialök) nem haladja meg a 10 milliomod részt. (Ez az oka annak, hogy az FM adók 100 MHz környékén, vagy a fölött működnek.) Ebből következően az FM sávszélességigénye sokkal nagyobb, ezért magasabb frekvenciasávot, az URH-sávot osztották ki erre a célra.

A rádió műsorszórásban a hosszú-, közép- és rövidhullámú sávokban az AM rendszerű, míg az ultrarövidhullámú – 64-73 MHz-es (OIRT vagy „keleti” norma, Magyarországon 2007. február 1. óta nem használatos) illetve a 87,5-108 MHz-es (CCIR vagy „nyugati” norma) – sávokban az FM rendszerű adásmód vált szabványossá.

Az integrált áramkörös rádióvevőkben az 1980-as évek végétől megjelent az RDS szolgáltatás, amely az FM rendszerű készülékeknél automatikus állomáskeresést és néhány egyéb járulékos szolgáltatást – például közlekedési információk, telefonszámok, alternatív frekvenciák megjelenítése – tett lehetővé.

Egy mai modern rádióvevő készülék alkalmas mind az AM, mind az FM rendszerű rádióadások vételére, az RDS bár gyakori, de sok olcsóbb készülék még nem tudja venni.”

Sztereó dekódoló áramköri megoldások vételi oldalán:

[5] A sztereó dekódoló feladata, hogy:

-sztereó adás vétele esetén az FM demodulátor kimenetén megjelenő összetett sztereójelből állítsa elő a bal (X) és a jobb (Y) csatornajeleket;

-mono adás vétele esetén mindkét kimenetén torzítatlanul jelenjen meg ugyanaz a hangfrekvenciás jel.

-ha a sztereó adás vétele nem kielégítő, akkor azt mono adásnak tekintse.

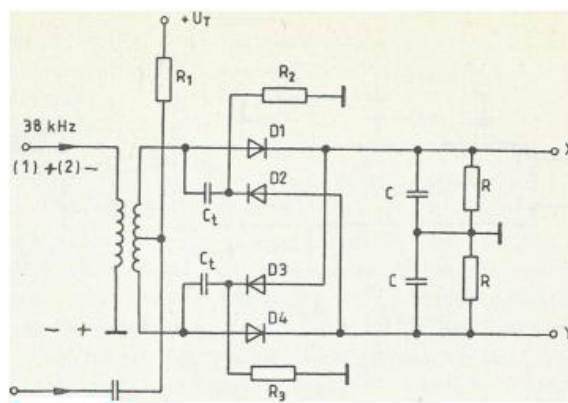
-jelezzze a vevőkészülék használója számára, hogy mono vagy sztereó adást vesz-e!

A sztereó dekódolók az összetett sztereójelből előállítják elő a 38 kHz-es segédvívót és ennek segítségével nyerik vissza az X és Y csatornajeleket. A különböző dekódolók abban különböznek egymástól, hogy milyen módon állítják helyre a segédvívót és hogyan használják fel azt. A 38 kHz-es segédvívó helyreállítása a 19 kHz-es pilotjelből történhet egyszerű frekvenciakétszerezővel vagy PLL áramkörrel.

Nem integrál áramkörrel felépített dekóder:

A kapcsoló áramkört nem integrált felépítés esetén gyűrűs modulátor alkothatja (22. ábra). A pozitív tápfeszültség az ellenállásokon keresztül mind a négy diódát nyitott állapotban tartja. Ha a demodulátor kimenetéről nem érkezik 19 kHz-es pilotjel (vagy ez túl kicsi), akkor demodulátor kimenőjele a nyitott diódákon át egyaránt akadálytalanul eljut az X és Y kimenetre. Ez a mono vétel esete.

Ha a demodulátor kimenetén elég nagy 19 kHz-es pilotjel jön létre, akkor működni kezd a segédvívót helyreállító PLL áramkör. És a gyűrűs modulátor bemenetére 6 - 10 V-os, 38 kHz-es kapcsoló jel kerül, ami felváltva zárja le vagy a D1, D3 vagy a D2, D4 diódákat. Így az éppen érkező összetett sztereó-jel felváltva és rövid ideig, másodpercenként 38 000-szer az X kimenetre, és másodpercenként ugyancsak 38 000-szer az Y kimenetre kapcsolódik. Ha az összetett sztereójel átvitele elegendően kis fázistorzítással történt, akkor a helyreállított 38 kHz-es segédvívó helyes fázisban kapcsolja a kimeneteket.

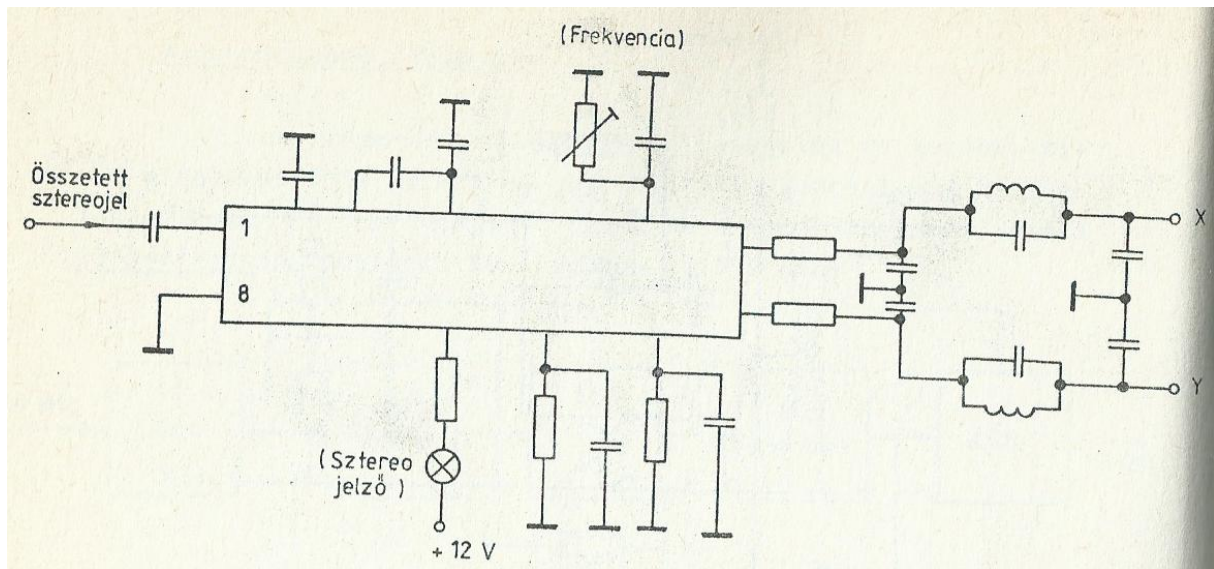


22. ábra: Kapcsolási vázlat a nem integrált áramkörű sztereó dekóderről

Sztereoó dekóder integrált áramkörrel:

Integrált áramkörös felépítés esetén a gyűrűsmodulátor helyett is integrált kapcsoló szerepel. A 23. ábrán egy A785 típusú integrált áramkörrel épített kapcsolást látunk. A beépített VCO frekvencia meghatározó eleme RC-tag, így a dekóder rezgőkör nem szükséges.

A dekódoló kimenetén találjuk az 50us időállandójú deem-fázis RC-tagot, és az LC alul áteresztő szűrőt.



23. ábra: Integrált áramkörrel megoldott sztereoó dekóder kapcsolási vázlata

Műszaki adatok

Bemeneti feszültség:	12 Volt (egyenáram)
Szükséges áramerősség:	5 Amper
Hangfrekvenciás bemenet:	2 csatorna, sztereó
Működési frekvencia:	82.5 – 108 MHz
Minimális rádiófrekvenciás kimenő teljesítmény:	50 mW (0.05 Watt)
Maximális rádiófrekvenciás kimenő teljesítmény:	25 000 mW (25 Watt)
Maximális elméleti hatótávolság:	100 Kilométer

Ábrajegyzék

1. ábra: Az adó blokkvázlata
Forrás: Saját forrás
2. ábra: A limiter kapcsolási rajza
Forrás: <http://www.pira.cz/stkeng.htm>
Letöltés ideje: 2008
3. ábra: Elkészített limiter áramkör
Forrás: Saját forrás
4. ábra: Mpx áramkör kapcsolási rajza
Forrás: <http://www.pira.cz/stkeng.htm>
Letöltés ideje: 2008
5. ábra: Elkészített MPX áramkör
Forrás: Saját forrás
6. ábra: RDS áramkör kapcsolási rajza
Forrás: <http://fmdream.net>
Letöltés ideje: 2008
7. ábra: Elkészített RDS áramkör
Forrás: Saját forrás
8. ábra: Az adó kapcsolási rajza
Forrás: <http://uashem.com/pageid-250.html>
Letöltés ideje: 2008

9. ábra: Elkészített FM adó áramkör
Forrás: Saját forrás
10. ábra: PLL kapcsolási rajza
Forrás: <http://pira.cz/enpll.htm>
Letöltés ideje: 2008
11. ábra: Elkészített PLL áramkör
Forrás: Saját forrás
12. ábra: RF végerősítő kapcsolási rajza
Forrás: <http://electroschematics.com/18/rf-fm-88-108-mhz-20w-amplifier-blv10-blv87/emr>
Letöltés ideje: 2012
13. ábra: Elkészített RF végerősítő fokozat
Forrás: Saját forrás
14. ábra: Néhány kép az elkészült adóról
Forrás: Saját forrás
15. ábra: Néhány kép az elkészült adóról
Forrás: Saját forrás
16. ábra: Néhány kép az elkészült adóról
Forrás: Saját forrás
17. ábra: Az antenna tervrajza
Forrás: Saját forrás
18. ábra: A PIC programozó kapcsolási rajza
Forrás: http://www.kemisa.es/english/pic_programmer.php
Letöltés ideje: 2008
19. ábra: Kép a PIC16F84 típusú mikrokontrollerről
Forrás: Saját forrás
20. ábra: Elkészített PIC programozó
Forrás: Saját forrás
21. ábra: Kép a programról
Forrás: Saját forrás
22. ábra: Kapcsolási vázlat a nem integrált áramkörű sztereó dekóderről
Forrás: Nagy Ferenc Csaba: Rádió-műsorszórás II. című könyv
23. ábra: Integrált áramkörrel megoldott sztereó dekóder kapcsolási vázlata
Forrás: Nagy Ferenc Csaba: Rádió-műsorszórás II. című könyv

Felhasznált irodalom

[1] Cím: **RDS (Radio Data System):**

Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/RDS>

Letöltés ideje: 2013

[2] Cím: **Rádió feltalálása, története**

Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1di%C3%B3>

Letöltés ideje: 2013

[3] Cím: **Rádiók működése, különböző típusai**

Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1di%C3%B3>

Letöltés ideje: 2013

[4] Cím: **FM rádiók kialakulása**

Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1di%C3%B3vev%C5%91k%C3%A9sz%C3%BCI%C3%A9k>

Letöltés ideje: 2013

[5] Cím: **Sztereó dekódoló áramkörü megoldások vételi oldalon**

Forrás: Nagy Ferenc Csaba: Rádió-műsorszórás II. című könyv

Megjegyzés: A kapcsolási rajzokon ábrázolt terv nem teljesen azonos a képeken látható áramkörökkel, mert a 25W-os adóberendezés még készítés alatt áll. Az intézményi TDK konferencián, a képeken látható 8W-os FM adóval nyertük meg.

Kiss-Bokodi Zsolt és Buzás Ferenc

2014.01.15.