

# Radioutrustning i ett enkelt nätverk

- av Bengt Madeberg SM6MUY -  
- Västskusten MikrovågsGrupp VMG -

## Sammanfattning

Ett system för att styra enheter i en amatörradio-station har utvecklats. Enheter, som kan vara rotor, transverter, omkopplare, slutsteg mm utrustas med en microcontroller som styrs via 2-tråd i ett enkelt nätverk. Antalet enheter kan vara upp till 32 och avstånden kan vara hundratals meter. Enheterna kan vara monterade i en mast eller placerade i t.ex. ett förråd och från en centralenhet som är placerad hos operatören skickas kommandon. Beskrivningen är ingen fullständig byggbeskrivning utan är mer en idéartikel som visar hur jag byggt upp systemet och är tänkt att ge inspiration för vidareutveckling.

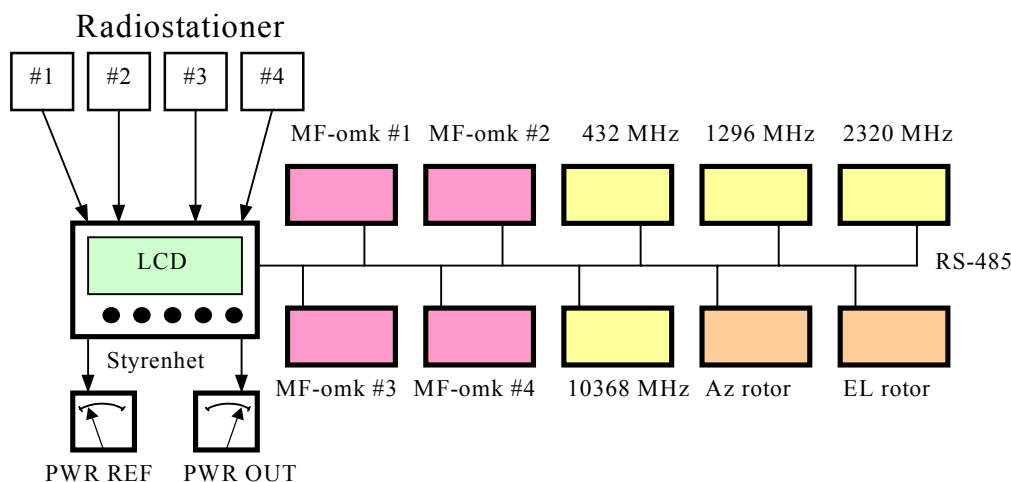
## Bakgrund

Normalt använder en mikrovågsamatör transverterar för sändning respektive mottagning på högre frekvenser. Vanligt är att använda sig av 28 MHz, 144 MHz eller 432 MHz som mellanfrekvens (MF) för upp/ned-konvertering. Vanligast är 144 MHz för banden 1296, 2320, 5760, 10368 MHz medan 28 MHz är lämpligt för 432 MHz. För högre frekvenser än 5 GHz är egentligen en så hög MF som möjligt lämpligast, helst > 1GHz för att slippa branta filter med tanke på t.ex. spegelfrekvens- undertryckning. Har man flera transverterar ansluten till en radio behövs lämplig utrustning för att skifta mellan signalerna. Signalerna som måste skiftas är MF-signalerna, RX/TX signal, "Enable" signal (på/av) för att starta transverttern. Man behöver även

monitorera uteffekten. Har man ingen Bird effektmeter eller liknande så kan uteffekten mätas med riktkopplare och detektor. Omkoppling mellan enheterna är oftast inga problem där alla enheter är placerade på ett och samma ställe. Även om det blir mycket kablar blir de oftast korta. I de fall där man har enheter mastmonterade eller placerade någon annanstans blir det genast besvärligare. Ett antal kablar behövs för att skicka styrsignalerna. Skall flera enheter styras på lite distans växer antal kablar och omkopplare mm till en gräns där det finns risk för störningar mellan enheterna. Jordslingor, HF i kablar mm kan göra systemet obrukbart. Att läsa av Birden blir inte heller lätt så monitorering av effekten måste lösas på annat sätt.

## Systembeskrivning

En lösning på problemet är att styra enheterna med digital kommunikation. Alla enheter kopplas i ett enkelt nätverk med endast 2 trådar (+ eventuell jord) där all styrning/kommunikation sker. Figur 1 ger en enkel bild av systemet. Upp till fyra radiostationer är kopplade till en centralenhet (Styrenhet). Centralenheten är spindeln i nätet och handhar all trafik på nätverket. Ett valfritt antal sub-enheter som transverterar, omkopplare och rotor är via nätverket anslutna till centralenheten. För enkelheten skull är inte MF-signalerna inritade men varje radio är ansluten till en MF-omkopplare som i sin tur är kopplad till ett antal transverterar. Så det blir max fem kablar, fyra koax och en partvinnad.



Figur 1

Normalt är kanske två radiostationer som använder 2-6 transvertrar. I vissa fall har man kanske ingen MF-omkopplare utan stationen är kopplad direkt till transvertern. För att få ett så enkelt system som möjligt används färdiga protokoll och standarder. Kommunikationen sker med RS-485 som medger kommunikation på flera hundra meter med 2-tråd och hastigheter upp till flera hundra kbits. Protokoll för kommunikation mellan enheterna är SNAP. Mer info om SNAP finns på HTH's hemsida [Ref 1].

Fördelar med 2-tråd jämfört med annan lösning:

- 1) Enkel partvinnad tråd som kan dras långa distanser.
- 2) Enklare att skydda systemet mot åska/störningar mm.
- 3) Enheter kan kopplas på nätverket utan att nya kablar behöver dras.
- 4) Billigare kabeldragning.
- 5) Enheterna kan flyttas enklare t.ex. centralenheten kan flyttas ut på altanen sköna somrardagar.

Der borde inte heller finnas några problem att ansluta centralenheten till ett modem och köra systemet wireless.

Mitt eget system bygger på en IC706 för 1296, 2320, 10368 MHz och en IC735 för 432 MHz. Vidare finns en rotor. Radioapparaterna tillsammans med centralenheten är placerade i radioschacket i bostadshuset. Transvertrar, MF-omkopplare mm sitter i en separat förrådsbyggnad (som är närmare masten). 10 GHz transverter skall upp i masten. Från huset till förrådet har jag dragit 25 m 2-tråd för RS-485 och tre RG 58 från stationerna (separata RX/TX på IC735). Från förrådet skall det i masten upp 2-tråd, RG-58 och kraft för 10 GHz och andra enheter. Det är allt som behövs och i princip kan systemet byggas på ute i förrådet utan att nya kablar behöver dras. Vill jag koppla på en station till på systemet måste förstås mer koax måste dras.

## Uppbyggnad av systemet

Hårdvaruplattformen bygger på Atmels AVR processorer t.ex. 90AT8535 eller ATmega16. Största fördelen med dem jämfört med PIC är att alla typer är Flash programmerbara. Det finns flera kompilatorer som är "gratis". Mer info finns på AVRfreaks.net [Ref 2]. Jag valde BASCOM [Ref 3] som är fri upp till 2 k men kostar en tusenlapp om man vill ha fullversionen. Den kan rekommenderas. Har man en gång programmerat ABC80 eller VIC64 är det lika enkelt. För den som vill använda C finns en gratis GNU C-kompilator hos AVRfreaks. AVR Studio (Atmel) finns för den som gillar assembler och är även den gratis. Jag kör

med brännaren i Studio 4. Har man inte jobbat med processorer innan och vill "leka" lite rekommenderas STK500 utvecklingssystem. Även det är suveränt. Tänk på att vissa processorer har "Fuses" där man t.ex. sätter vilken typ av oscillator man vill ha. Vissa typer levereras med den inbyggda 1 MHz oscillatoren inkopplad vilket gör att UART hastigheten blir fel. Det är dock lätt att ställa om med AVR studio till t.ex. en extern kristall.

Konceptet i nätverket bygger på Master/Slave konfiguration och halv duplex. Det förenklar programvaran avsevärt. Centralenheten är "master" och resten av enheterna är "slave". Alla sub-enheter har en egen microcontroller. Man kan tänka sig att man har en microcontroller som handhar flera enheter t.ex. om man byggt ihop flera transvertrar. Jag har dock valt att separera så mycket som möjligt. Dels att få ett flexiblere system och om en enhet krånglar så slås inte allt ut. Centralenheten som styrs av några switchar har för enkelhetens skull även en LCD display för status av systemet. Man skulle även kunna ha lysdioder i ett enklare system.

Den hela kan tyckas komplicerat och avancerat med en massa processorer och en hel del programvara. Men systemet blir väldigt smidigt. Varje "slave" processor för t.ex. en transverter sköter "Enable", RX/TX omkoppling, effektmätning, övervakning mm allt på kommando från centralenheten. Indata till centralenheten är RX/TX från stationerna och funktioner som matas in via knapparna.

Jag byggde upp en centralenhet med en Atmega163 processor (Atmega163 är på utgång så välj inte den) och en LCD. Detta är nästan allt som behövs. Processorn har ADC, kanske inte så aktuellt på centralenheten men den har även PWM utgångar som i princip är som en DAC efter lite filtrering. De kan användas för att driva visarinstrument för t.ex. uteffektindikering. Minnet på en Atmega163 är 16k och behöver man mer kan man ta en Atmega32 som har 32k och är pinkompatibel. Allt beroende på hur bra man kodar vilka funktioner man önskar. Sub-enheterna har jag testat med AT90S8535 och Atmega16. Man kan köra med samma microcontroller genomgående t.ex. Atmega16. Kommunikationen på RS485 linan körs med 115 kbit/s utan några problem.

För att få systemet att fungera måste att antal kommandon och adresser specificeras upp. Alla enheter i nätverket måste ha en unik adress. Kommandon som skickas måste vara entydiga. Protokoll i systemet är SNAP och är ett generellt paketdata protokoll. Jag valde att köra tre databytes. Med adresser och annan information blir det 11 bytes totalt i varje paket. Då ingår bl.a. adressering, sync, CRC mm. Paketlängden är fix för hela

systemet. En hel del overhead kan tyckas. Man kan skala bort en del om man vill men då är det ju inte SNAP längre.... Mer än 3 bytes behövs ju inte heller med så enkla meddelanden som skickas i systemet. Kör man högre hastighet än 9600 bit/s så märks de 11 bytes knappast.

## Hårdvarubeskrivning

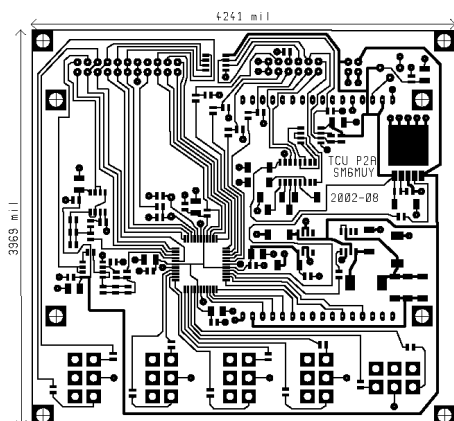
Generellt bygger jag med ytmonterade komponenter. Dels för att hålla nere storleken och dels tillgången på en del surpluskomponenter. Vidare får man ett helt och bra jordplan på sekundärsidan eftersom det oftast går att göra en-lagers layouter. Glasfiberkort med 1 mm tjocklek brukar vara lagom. Den svåraste komponenten är processorn som är en TQFP44 med endast 0.8 mm mellan benen vilket kan vara lite trickigt att löda. Annars är korten ganska "luftiga". Mer information om hur man t.ex. löder SMD komponenter finns på nätet. Viktigt är:

1. Fin spets på lödkolven.
2. Tenn, helst <0.4 mm i diameter
3. Använd så lite tenn som möjligt
4. Ta bort överfödigt tenn med fläta.
5. Kontrollera lödningarna speciellt på processorn i mikroskåp eller med lupp så att inga kortslutningar finns.

Kortet sitter i en hemmabyggt skärmd låda av aluminium med träsidor för att få en lite trevligare design.

## Centralenhet

Enheten som är "master". Ett kort på ca 100x100 mm konstruerades. Layouten som visas i Figur 2 är ganska enkel även om man kan tycka att det borde bli mer komplicerat.



Figur 2

Kortet är byggt runt en Atmega163 processor, en 4\*20 LCD och 5 st återfjädrande omkopplare. Inga

speciella skyddskretsar/buffrar finns så man får se upp med vad man skickar in så inte processorn knäcks. Omkopplarna har följande funktioner:

- Omk 1:** Azimuth rotor styrning vänster/höger
- Omk 2:** Elevations rotor upp/ner
- Omk 3:** Menystyrning 1
- Omk 4:** Menystyrning 2
- Omk 5:** Reset/Power down

Två regulatorer styrs från processorn varav en bl.a. kan slå av/på LCD belysning. Den är switchad eftersom belysningen drar en hel del ström (Lysdioder). Enheten har 4 ingångar RX/TX från lika många radiostationer. Funktionen är jord=TX. Här får man titta på vad stationen ger för signal. Två PWM-utgångar finns för effektindikering. De är lågpassfilterade och driver instrument för uteffekt och reflekterad effekt. Spänningen är 0-5 V med en upplösning på 255 steg. Två "Spare" in/utgångar finns och en RS485 anslutning. Vidare finns en RS232 utgång för monitorering av trafiken på en vanlig terminal. En programmeringskontakt finns också. Enheten spänningsmatas med 10-15 V (nominellt 13.8 V).

LCD displayen kan visa följande information:

1	432 MHz RX 00 dB
2	1296 MHz RX 00 dB
AZ 000. 0 EL 00. 0	

**Rad 1:** Radio #1 och #3 (växlas mellan m.h.a. menyknapparna) med information om vilken transverter (frekvens) som är vald för respektive radio. Information om enheten är i RX eller TX och eventuell dämpning av MF signalen i dB (se mer under MF-enhet).

**Rad 2:** Som rad 1 men för radio #2 och #4.

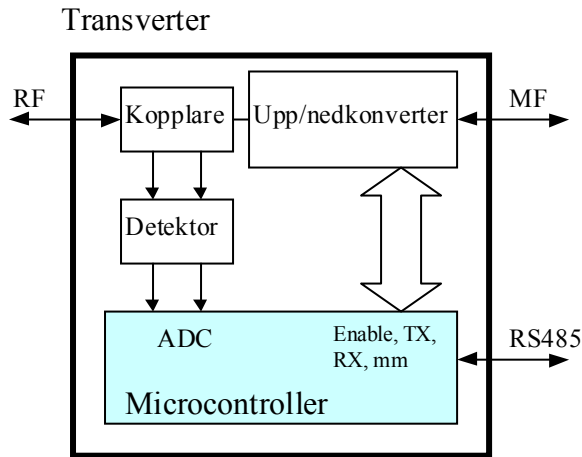
**Rad 3:** Larminformation om t.ex. VSWR, olåst PLL (om sådan finns), temperatur eller t.ex. timeout i nätverket.

**Rad 4:** Rotorinformation Azimuth och Elevation.

I princip kan alla stationer tryckas i sändning samtidigt. Detta förutsätter dock att man inte har samma transverter ansluten till mer än en station (beror på hur MF-omkopplaren är konstruerad). I fall där fler enheter sänder samtidigt visar effektinstrumenten effekten från den senaste enheten (som trycktes i sändning).

## Transverter-enhet

Sub-enhet. Figur 3 ger en schematisk bild hur det kan se ut i transvertern.

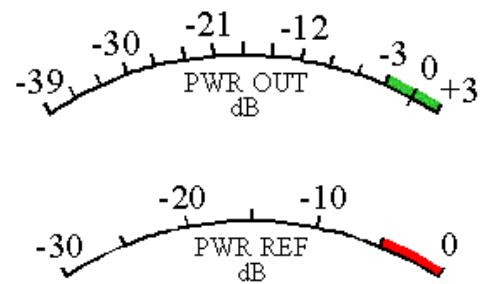


**Figur 3**

Micrcontrollerdelen är uppbyggd på ett kort som är 74\*55 mm och sitter i en skärmad låda med genomföringsfilter. Det för att inte störa radiodelarna. Här valdes en relativt stor processor, Atmega16 (Säkert räcker även en ATmega8). Dels för att få tillgång till ADC vilket bara de större har och rejält med minne. De mest avancerade beräkningarna som processorn gör är effektberäkningarna vilket kan ta en del programminne i anspråk. Processorn styr MOS-switchar så man slipper mekaniska relän. De tre switcharna är Enable, RX och TX. Enable kan vara t.ex. påslag av oscillator och multiplikatorkedja. RX slår på LNA och downconverter. TX slår på upconverter, slutsteg och eventuellt antennrelä. Varje MOS-switch tål 5 A men detta beror på vilken kylning man har. Jag rekommenderar att vid höga strömmar på t.ex. ett slutsteg att man styr ett relä eller en annan MOS med bra kylning/tålighet som placeras vid slutsteget. Några ingångar till ADC:n finns, uteffekt, reflekterad effekt, temperatur och spänning är bra saker att mäta. Vilka man vill använda är upp till hur komplext man vill göra det. Standard i min design är förutom mätning av två effekter, mäts tre spänningar och två temperaturer, t.ex. temperatur på slutsteg och lufttemperatur i transvertern. Enheten kan även köras i manuell mode. Då ignoreras RS-485 linan och omkoppling mellan RX/TX görs med switch (eller PTT från station). Det gör det hela enklare vid t.ex. test av transvertern eller vid portabelkörning då endast transverter och station behöver tas med (ingen centralenhet).

Effektmätning är något av det viktigaste i en amatörradiostation. Ingen uteffekt, inget QSO. Att

mäta effekt noggrant kostar pengar. De instrument som finns tillgängliga till hyfsade priser har oftast dålig noggrannhet. T.o.m. en Bird som kostar mycket är inte speciellt bra. Massor av probar för olika frekvenser och effektklasser behövs. Man vill ju även mäta på flera band utan att behöva ha flera instrument eller omkopplare. Ett sätt att lösa detta är att bygga själv av moderna komponenter. Detektorer finns numer "färdiga" som IC upp till 2.5 GHz. En är AD8313 som ger en dynamik på 60-70 dB. (AD8307 är en "low-cost" (tycker förvisso inte jag) och fungerar till 500 MHz) Fungerar således på alla amatörband upp till 13 cm och man kan t.ex. mäta effekter från 1mW (0 dBm) till 1000 W (60 dBm) i ett svep med en noggrannhet på ca +/- 1dB. Enda kravet är en riktkopplare som man kalibrerat tillsammans med detektorn för aktuell frekvens. Att mäta i dBm istället för W har sina fördelar. Varje fördubbling av effekten är ju som bekant 3 dB och man kan täcka in ett stort dynamikområde. Jag har på mina instrument skalor enligt följande:



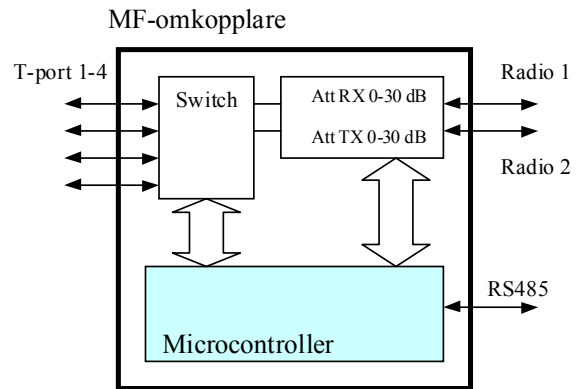
Eftesom jag i mitt system har flera detektorer men bara en visarenhet valde jag att ha skalan i dB och som referens 0 dB som max effekt oberoende av vilken nominell uteffekt transvertern har. T.ex. 0 dB motsvarar 45 dBm ca 30 W. +3dB är för att få lite marginal då slutsteget är på gott humör. Den nominella effekten visas på LCD:n när man trycker transvertern i sändning så man ser direkt vad "0" dB innebär. För någon annan enhet kan således 0 dB innebära t.ex. 20 dBm (100 mW). Vill man, kan man gradera i W. T.ex. 100 W vid 0dB, 50 W vid -3 dB osv men det blir tråkiga siffror på slutet. Här finns säkert flera lösningar. Eftersom man kan dra ner effekten i MF-omkopplaren i 3 dB steg ner till 30 dB får man en bra korrelation till indikeringen. -39 dB nivån är vald så att vid 30 dB dämpning har 9 dB kvar som mätaren kan vifta på. Den reflekterade skalan är i princip Return Loss om minustecknet tas bort d.v.s. den effekt som kommer tillbaka från antennen. Den reflekterade effekten beräknas av processorn vid varje sample av ADC:n. Beräkningen är i princip  $Pwr_{for} - Pwr_{ref}$ , t.ex.  $Pwr_{for} = 40$  dBm,  $Pwr_{ref} = 25$  dBm medför  $RL = 15$

dB. Kör man SSB då effekten varierar över tiden gör detta ingen eftersom RL är oberoende av effektnivån. En del "gränser" finns dock eftersom man inte kan ha hur låg uteffekt som helst utan att får problem med dynamiken i detektorn. Jag har även ställt in larm vid  $RL < 6$  dB och är  $RL < 3$  dB slås sändaren av omedelbart. Detta sker för att man kanske inte hinner se RL på mätaren vilket kan rädda slutsteget. Att hela tiden se RL är bra för att se att antennen, kablar och kontakter är ok. Man får vidare en bra uppfattning om antennens prestanda vid regn, snö mm i "realtid". Visarinstrumenten är normalt placerade vid centralenheten men kan även kopplas direkt på transverterns controller då även den har PWM utgång (användbart vid den manuella moden).

Riktkopplare kan man kanske komma över surplus från 900 MHz (NMT, GSM mm). De fungerar oftast utmärkt både på 432 och 1296 MHz. På 2320 MHz finns kanske surplus 1800/1900 MHz att tillgå. Viktigast är att kalibrera upp den och detektorn. I mjukvaran är det sedan lätt att lägga in kompenseringar. Vidare bör den tåla den aktuella effekten och ha bra direktivitet (isolation). Min effektdetektor är byggt på ett separat kort (35x35 mm) och ansluts till controllerkortet via kablar. Den innehåller två detektorer och en temperaturmätare. All effektberäkning sker som sagt i sub-enheten och den data som skickas till centralenheten processas ej ytterligare. Det spar en del minne i centralenheten och varje transverter kan kalibreras för sig med rätt data och kompenseringar

## MF-enhet

Ej framtagen än. Tanken är fyra in/utgångar för transvertrar (T-port) och två in/utgångar för radiostationer. Dämpare 0-30 dB skall finnas på signalerna. För TX kan det vara trevligt att kunna dra ner effekten om signalerna är starka. För RX är det kanske mer att kunna justera för olika förstärkning i transvertrarna så man för någorlunda jämn brusnivå i stationen. Vid starka signaler kan man även minska eventuell IM i stationen genom att dämpa. Se Figur 4. Delas RX och TX blir det 8 respektive 4 portar. Switcharna kan vara relän eller kretsar som det numer finns många att välja på. Även dämpare finns som färdiga kretsar. Eftersom ingen ADC behövs kan en enklare processor väljas t.ex. 90AT2313.



Figur 4

## Rotor-enhet

### AZ rotor

Är uppbyggd på samma kort som transverter-enheten. Dock måste man koppla till relä eller tyristorer för motostyrningen. Processorn mäter vinkeln med hjälp av potentiometern i rotorn som kopplas in på ADC:n. Den har 10 bitar så det blir 1024 steg på 360 grader (upplösning 0.35 grader) Rådata skickas till centralenheten. Detta för att ha möjlighet att kalibrera riktning utan att behöva ändra programvara i rotorenheten. Har man dessutom flera antenner där inte alla råkar vara riktade åt samma håll skulle man kunna kompensera för olika band.

### EL rotor

Enhet ej framtagen än.

## Programvarubeskrivning

Koden för enheterna är skriven i Basic med BASCOM som kompilator. Det är ett enkelt "språk" för den som inte programmerar så mycket. Den är förmodligen inte den mest effektiva kompilatorn. Enkla kommandon för t.ex. styrning av LCD, UART mm finns utan att man behöver tänka alltför för mycket. Om en Atmega processor används finns det möjlighet till att köra med en bootloader. Det innebär att man kan ladda ner ny programvara via RS-485 interfacet istället för den vanliga SPI porten. Kan vara trevligt vid mastmonterade saker. Det krävs dock att man har förberett programvaran för detta. Dessutom måste man kunna styra processorn via t.ex. en switch som "sätter den" i programmeringsmod.

## Centralenhet

Efter uppstart av centralenheten görs en "skanning" av nätverket för att se vilka enheter som finns inkopplade. Sökningen sker efter en förutbestämd tabell i programmet. Hittar centralenheten rätt sub-enhet lagras detta. De enheter som inte hittas finns med i menyer men inga kommandon skickas på nätverket vilket gör att man slipper få timeout på svaren. Efter en liten stund kan LCD:n se ut som Figur 5

```
1 432 MHz RX 00 dB
2 1296 MHz RX 00 dB

*AZ 000. 0 *EL 00. 0
```

Figur 5

Rad 1 innebär 1 att det är radio #1 som är ansluten. 432 MHz är vald som "start" transverter. Rad 2 är radio #2 och där är 1296 MHz vald som uppstart. Med en av menyknapparna kan man toggla fram olika band för respektive radio. T.ex byter man enhet på radio #2 till 10368 MHz väcks den upp och stängs 1296 MHz ner i sovläge. Rad 3 som normalt är tom är för larm mm. Rad 4 är rotorerna, azimuth respektive eleveringsrotor. I mitt system har jag bara en av varje men givetvis kan man ha fler (eller t.ex. två az rotor) om bara programvaran anpassas. Stjärna, \*, innebär ett enheten ej hittades vi uppstart. Om någon av transvertrarna inte varit inkopplad hade det hamnat en \* även där. RX innebär RX-mode. 00 dB är en dämpning som skickas till en eventuell ansluten transverteromkopplare (dämpning på MF:en). Om man trycker in PTT:n på radio #1 visar LCD:n följande en kort stund.

```
1 432 MHz TX 06 dB
```

```
2 1296 MHz RX 00 dB

*AZ 000. 0 *EL 00. 0
```

Figur 6

TX innebär TX-mode och 06 dB att MF:n är dämpad 6 dB. Således är uteffekten nedbackad 6 dB från den nominella. Dämpningen kan ställas i 3 dB steg mellan 0-30 dB. Centralenheten har nu skickat data till transverterenheten att gå över i sändning. Data till omkopplaren skickades då bandet (432 MHz) valdes. Efter några sekunder går centralenheten över i att hämta information om uteffekten och rad 1 togglar mellan 3 olika menyer där den första visas i Figur 7. P 39 är aktuell uteffekt och Pmax är den maximala möjliga effekten. Eftersom vi dragit ner effekten 6 dB visas 39 dBm (om vi kör CW eller FM). Samtidigt som vi går in i TX-mode uppdateras visarinstrumenten ett antal gånger i sekunden med aktuell uteffekt och reflekterad effekt.

```
1 P 39 Pmax 45 dBm
2 1296 MHz RX 00 dB

*AZ 000. 0 *EL 00. 0
```

Figur 7

Andra menyn är enligt Figur 8 och är två temperaturer och larmsignal A. T.ex. PLL larm har larmkod 1 osv. Vid larm fås i vissa fall även info på rad 3.

```
1 T 35° T1 24° A 0
2 1296 MHz RX 00 dB

*AZ 000. 0 *EL 00. 0
```

Figur 8

Tredje menyn är enligt Figur 9 och är 3 valfria spänningar. Nästa meny är åter enligt Figur 7.

```
1 26 5.0 13.6 V
2 1296 MHz RX 00 dB

*AZ 000. 0 *EL 00. 0
```

Figur 9

Vid RX-mode återgår menyn till RX (Figur 5). Alla menyer kan stegas igenom manuellt (i RX-mode) och man kan sätta dämpningar på RX respektive TX. Det finns även information om vilken processor slavenheten har och status på mjukvaran. En meny talar om adresser på enheten och vilken MF-omkopplare den är ansluten till. Alla parametrar är "hårdkodade" i mjukvaran, t.ex. vilka enheter som är anslutna till radio #1, radio #2 osv. Det går ej att ändra utan mjukvaruuppdatering. Vid

avstängning av centralenheten stängs alla sub-enheter ner en i taget och centralenheten går efter det ner i sovläge. Vid uppstart görs en ny sökning av enheter i systemet osv.

## Transverter-enhet

En del är redan förklarad under hårdvaran. Det finns en watchdog som startar när enheten går i sändning. Den omstartas varje gång centralenheten frågar efter effekten. Skulle det bli något fel t.ex. avbrott i RS-485 linan under sändning så löser watchdoggen ut och enheten går i reset och startas om. Detta innebär att sändningen upphör omedelbart.

## Rotorenhet

Det finns även här en watchdog som löser ut om kommunikationen krånglar.

## Kommunikationen

Kommunikationen sker med som tidigare nämnt SNAP. Varje transverter-enhet har adress enligt Tabell 1

Address	A (M1)	A(S1a)	A(S1b)	A(M2)	A(S2a)	A(S4b)
<b>Band</b>						<b>max</b>
50	1	21	41	61	81	221
144	2	22	42	62	82	222
432	3	23	43	63	83	223
1296	4	24	44	64	84	224
2320	5	25	45	65	85	225
5760	6	26	46	66	86	226
10368	7	27	47	67	87	227
24192	8	28	48	68	88	228
47	9	29	49	69	89	229
Dummy	10	30	50	70	90	230
opt1	11	31	51	71	91	231
to opt10	20	40	60	80	100	240

Tabell 1

M1 och M2 (M3,M4) är huvudadresser och S är sekundära adresser. Det i fall där transvertern är fysiskt uppdelad t.ex. ett mastmonterat LNA eller slutsteg som i så fall kan utrustas med en processor. Även den styrs från centralenheten. Normalt används M1. Har man fler än en transverter på samma band kan man komplettera med M2. Opt1-opt10 är för framtida band eller annat. Övriga enheter har adresser enligt Tabell 2

Switch1	241
Switch2	242
Switch3	243
Switch4	244
Rotor_1	245
Rotor_2	246
Rotor_3	247
Power	248
Spare	249
MainControl	250
Spare	251
Spare	252
Spare	253
Spare	254
Spare	255

Tabell 2

Fyra switchar (MF-omkopplare) till var sin radio. Centralenheten har adress 250. Följande kommandon är definierade Tabell 3

Commands from Main Control to Units						
Mainly commands to transverter						
	DB1 TX	DB1 RX	DB2 TX	DB2 RX	DB3 TX	DB3 RX
	0	0	0	0	0	0
Enable	1	1	0	0	0	Alarm
RX	2	2	0	Pmax+80	0	Alarm
TX	3	3	0	Pmax+80	0	Alarm
Off	4	4	0	0	0	TBD
Set_option	5	5	0	TBD	0	TBD
Reset_option	6	6	0	TBD	0	TBD
Alarm	7	7	0	TBD	0	Alarm
Power	8	Pmax+80	0	Power_out	0	Power_ret
Opt1	9	9	0	0	0	0
Status 1	10	Temp_pa+80	0	Temp+80	0	Alarm
Status 2	11	Voltage1	0	Voltage2	0	Voltage3
Status 3	12	Processor	0	Version	0	Year
Status 4	13	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD
PA_on	14	14	0	TBD	0	TBD
PA_off	15	15	0	TBD	0	TBD
LNA_on	15	16	0	TBD	0	TBD
LNA_off	17	17	0	TBD	0	TBD
Max to 31						

Tabell 3

DB1 till DB3 är data bytes som sänds respektive tas emot av centralenheten. DB1 är för kommando när den sänds men används i vissa fall som data vid mottagning i centralenheten. T.ex. vid kommando Power. Eftersom man bara sänder bytes (0-255) görs en offset för att även kunna skicka negativa värden. T.ex. temperaturen blir då med offset på 80, -80 till +175 grader. Effekten Pmax -80 till +175 dBm. Power\_out och ref skickas ju redan konverterat, 0-255 för visarinstrumenten. Ett antal larm finns definierade:

**PLL:** Om har en faslåst referens fås larm om den låser ur.

**Power VSWR:** RL<6 dB

**P\_off VSWR:** RL<3 dB

**Temp\_PA:** För hög temp på PA.

Här kan man addera vad man tycker eller ta bort onödigt. För mycket övervakning och automatik kan också ställa till det.

Kommandon till MF-omkopplare enligt Tabell 4. X och Y är dämpning 0- 30 dB.

Mainly transverter switch commands.						
	DB1 TX	DB1 RX	DB2 TX	DB2 RX	DB3 TX	DB3 RX
			Att	Att	Att	Att
Port 1A	32	32	X	X	X	X
Port 2A	33	33	X	X	X	X
Port 3A	34	34	X	X	X	X
Port 4A	35	35	X	X	X	X
Port 5A	36	36	X	X	X	X
Port 6A	37	37	X	X	X	X
Port 7A	38	38	X	X	X	X
Port 8A	39	39	X	X	X	X
Port 1B	40	40	Y	Y	Y	Y
Port 2B	41	41	Y	Y	Y	Y
Port 3B	42	42	Y	Y	Y	Y
Port 4B	43	43	Y	Y	Y	Y
Port 5B	44	44	Y	Y	Y	Y
Port 6B	45	45	Y	Y	Y	Y
Port 7B	45	45	Y	Y	Y	Y
Port 8B	47	47	Y	Y	Y	Y
<b>Max to 63</b>						

**Tabell 4**

Och rotorkommandon enligt Tabell 5

Mainly command to rotor.						
	DB1 TX	DB1 RX	DB2 TX	DB2 RX	DB3 TX	DB3 RX
Rotor stop	64	64	0	Low(Az or El)	0	High(Az or El)
Rotor clockwise	65	65	0	Low(Az or El)	0	High(Az or El)
Rotor c-clockwise	66	66	0	Low(Az or El)	0	High(Az or El)

**Tabell 5**

RS-485 standarden finns en hel del att läsa om på diverse internetsidor. Vad man bör tänka på är hur man drar 2-tråden för att undvika reflektioner i systemet.

## Avslutning

Systemet har ännu inte testats i full skala. Centralenhet och två transverterenheter har körts på bänk för att testa hård och mjukvara. Varken hårdvara eller mjukvara är färdigutvecklat, vilket det inte heller förmodligen aldrig blir eftersom systemet förändras/förbättras kontinuerligt. För den intresserade kan jag i rimlig omfattning bistå med kod/kretsscheman.

## Referenser

Ref 1 [High Tech Horizon's](#)

Ref 2 [avrfreaks.net](#)

Ref 3 [MCS electronics](#)

**Bengt Madeberg SM6MUY**  
**Benjaminssons väg 26**  
**434 91 Kungsbacka**  
**muy (at) telia (dot) com**  
**2004-05-07**