

# 10 GHz markergenerator

Af OZ7J Jørgen Kragh, Forelvej 25, 3450 Allerød

## 1. Indledning

I forbindelse med et 10 GHz projekt opstod der et behov for at have et signal til dels at trimme modtageren op, men samtidigt også at have adgang til et signal, som kunne bruges til at justere min parabolantennes fødesystem.

Nu er der jo ikke mange QRV på 10 GHz, og der er heller ikke så mange beacons, så det letteste var jo nok selv at lave en markergenerator.

## 2. Systemovervejelser

Problemet var nu at finde ud af, hvordan man let skaffer sig et 10 GHz signal, som er tilstrækkeligt stabilt til at kunne bruges ved optrimning af en SSB modtager, og som samtidigt er så tilpas kraftigt, at det kan trænge gennem selv den sløveste modtager.

Da markergeneratoren skulle kunne bruges i forbindelse med en SSB modtager, var det klart, at der ikke kunne blive tale om en form for selvsvingende oscillator, eventuelt lavet ud fra en gammel TV LNB, men at der måtte bruges krystalstyring på en lavere frekvens, og så multiplicering.

Med henblik på andre anvendelser valgte jeg at lave et signal på 2 meter og så multiplicere dette med 72 i en multiplifier indbygget i en stump bølgeleder.

Frekvensen blev valgt til 144,001 MHz ud fra den betragtning, at smalbands 'vinduet' på 10 GHz ligger fra 10 368 MHz til 10 370 MHz, hvilket netop er den 72. harmoniske af den lave ende af 2 meter båndet. Den 72. harmoniske af 144,001 MHz er 10 368,072 MHz, altså netop inden for smalbands vinduet.

Med hensyn til krystalstyringen overvejede jeg at købe et 7. ordens krystal på 144,001 MHz og så forstærke dette til et passende niveau, men da jeg helst ikke køber noget til mine projekter, hvis jeg har noget brugbart på lager, endte det med, at det blev rodekassen, som bestemte, hvorledes 144 MHz generatoren kom til at se ud.

En diodemultiplifier i en bølgeleder har den fordel, at bølgelederen er et højpasfilter, således at alle de harmoniske af 144 MHz, som ligger under cut-off bølgelængden, bliver effektivt afskåret. Det betyder omvendt, at alle harmoniske fra cut-off bølgelængden og opefter vil blive udstrålet, med mindre der

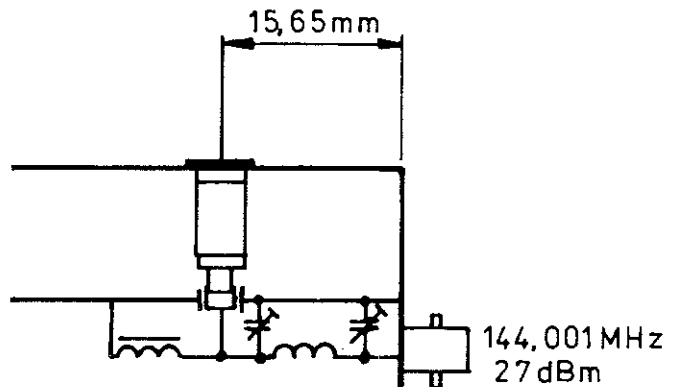


Fig. 2. Skitse af opbygningen.

indsættes filtre efter dioden. Imidlertid er cut-off bølgelængden for den valgte bølgeleder (22 mm kobberør) 8,79 GHz, så det er kun fra 61. harmoniske og opefter, de vil kunne udbrede sig. Diodemultiplifieren vil med andre ord give et signal fra sig på 8.784 MHz, 8.928 MHz og fremdeles, indtil dioden ikke kan generere flere harmoniske.

Nu ligger de fleste af disse frekvenser jo ikke i amatørband, og det er jo ikke tilladt at sende uden for amatørbandene, med mindre det drejer sig om en målesender, og det er det jo netop i det foreliggende tilfælde. Da en diodemultiplifier, hvis ikke der gøres specielle tiltag, har en virkningsgrad på  $n^2$ , hvor  $n$  er multiplikationsfaktoren, ses det let, at den maximale effekt i de enkelte harmoniske fra 8.784 MHz og opad ikke kan overskride effekten af det tilførte 144 MHz signal minus 36 dB. Der synes derfor ikke umiddelbart at være nogen betænkeligheder ved at bygge multiplifieren uden filtre.

## 3. 144 MHz senderen

Tro mod mine principper, begyndte jeg med at konsultere mit lager.

På lager fandtes følgende, som kan anvendes til at bygge en 144 MHz sender:

- En 8 MHz TCXO med TTL niveau på udgangen
- Et print AP 309
- Et print AP 377

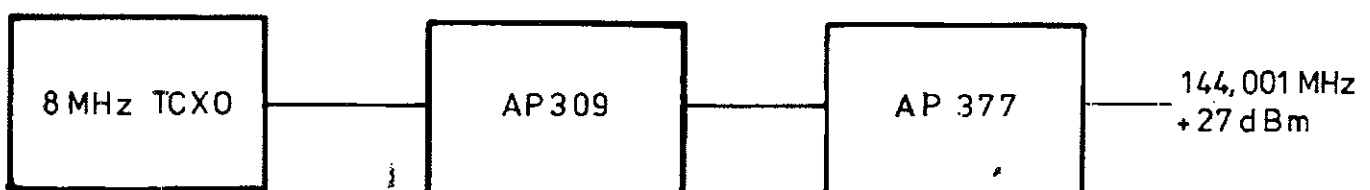


Fig. 1. Blokdigram af markergenerator.

For yngre læsere m.v. kan oplyses, at print AP 309 er modtageroscillator og multiplikator fra en 2 meter radiotelefon model AP 700, og AP 377 er senderdrivveren fra samme.

Heldigvis kunne TCXO'en trækkes til en frekvens lidt over 8 MHz, så resultatet blev det ønskede signal på 144,001 MHz. I fig. 1 har jeg vist blokdiagrammet af senderen.

AP 309 har jo oscillatoren om bord og er beregnet til at køre med signalfølgen 13 MHz - 39 MHz - 78 MHz - 155 MHz. Dette print blev modificeret, så det blev til en 144 MHz umoduleret sender styret fra TCXO'en:

- C1 fjernes og C2 ændres til 2,2 nF
- Signalet fra TCXO'en tilsluttes til basis af den tidligere oscillatortransistor Q1
- Kredsen i bufferen S1-C4-C5 ændres, så den har resonans ved 8 MHz
- Triplerkredsen S1-C8-C10-C12 ændres til resonans ved 24 MHz

De to resterende kredse til hhv. 78 MHz og 155 MHz kan sagtens drejes ned til hhv. 72 MHz og 144 MHz.

AP 377 blev ikke modificeret, dette print kan umiddelbart drejes ned til 144 MHz.

Hele herligheden blev bygget sammen i en Eddy-stone kasse med målene 12 cm x 9 cm x 3 cm, og efter opjustering havde jeg et pænt 144,001 MHz signal med en niveau på +27 dBm.

#### 4. Multiplieren

I fig. 2 har jeg vist en skitse af, hvorledes jeg har opbygget selve multiplieren. Den aktive komponent er diode 1N23, som netop passer vældigt fint i 22 mm cirkulær bølgeleder. Dioden er en gammel kending og har været brugt til mikrobølgeformål i omkring 40 år.

Dioden er anbragt en kvart bølglængde fra bølgelederens kortsluttede ende, og dens anode har forbindelse til stel, d.v.s. til bølgelederen, medens 144 MHz signalet tilføres katoden gennem et  $\pi$ -filter. Katodegennemføringen består af en halv 2 mm bananbøsning, som er isoleret fra bølgelederen med et stykke teflonfolie, som samtidig danner afkobling af katoden ved 10 GHz. Drosselspolen er DC-retur for dioden og skal være monteret, ellers virker det ikke. Lavpasfiltret består af to trimmekondensatorer på 22 pF og en spole med 5 vindinger 0,3 mm CuL med en indre diameter på 6 mm. På enden af bølgelederen har jeg loddet en BNC bøsning. Spoler og kondensatorer er monteret i flyvende opstilling uden på bølgelederen.

Multiplieren forbindes til en 10 GHz modtager gennem en coaxialadaptor og 144 MHz signalet tilføres. Ved nu at lytte efter signalet omkring 10.368,072 MHz kan tilpasningen mellem diode og 144 MHz generator, d.v.s.  $\pi$ -filtret justeres til maksimalt signal.

#### 5. Resultater

Med en tilført effekt på 144 MHz på +27 dBm har jeg med en spektrumanalyzer målt en effekt på 10.368 MHz på -66 dBm. -66 dBm lyder ikke af meget, men det er da ca. 60 dB over en gennemsnitlig 10 GHz modtagers følsomhedsgrænse, så det er rigeligt. Teoretisk skulle der kunne hentes en effekt på -10 dBm, men da jeg var fuldt tilfreds med de -70 dBm, har jeg ikke forsøgt at optimere mere. Ved at justere på diodens DC-arbejdspunkt og eventuelt indsætte et 10 GHz båndpasfilter kan der sikkert hentes meget mere effekt ud, men så er der jo noget at eksperimentere med. I øvrigt er der jo så også lige grænsen på de -27 dBm, som ikke må overskrides.

I hele frekvensområdet 8 GHz til 18 GHz fandtes ingen harmoniske over -50 dBm, så betingelserne for at anvende multiplieren som målesender med en antenne monteret synes at være til stede.

#### 6. Anvendelse

Hvis markergeneratoren blot skal anvendes til at justere en modtager, kan signalet fra den blot tages ud af bølgelederen gennem en coaxialadaptor. Ønskes et svagere signal f.eks. i forbindelse med optimering af en modtager, kan man let lave et bølgeleder dæmpeled ved at fylde et ca. 10 cm langt stykke bølgeleder med ledende skumplast, som det man får IC'er leveret i. Sådant en attenuator giver ca. 23 dB dæmpning på 10 GHz.

Skal signalet bruges til at justere eksempelvis en parabolantenne, kan man enten blot lade bølgelederen være uafsluttet, hvad der giver en antenne med en direktivitet på ca. 6 dBi, eller man kan bruge en lille hornantenne. Selv bruger jeg et 16 dB horn, lavet af aluminiumfolie. Aluminium kan som bekendt ikke loddet på kobber, så hornet er holdt fast rundt om bølgelederen med en slangebinder.

#### 7. Afslutning

I denne lille artikel er beskrevet en simpel, men alligevel effektiv markergenerator til brug ved justering af 10 GHz udstyr. De anvendte AP moduler kan uden tvivl findes i mange rodekasser, og hvis man har et 12 MHz krystal, der direkte passer i print AP 309, kan man jo blot bruge dette. Ellers er der utallige andre måder at frembringe et 144 MHz signal. Diodemultiplieren kan utvivlsomt forbedres, men det er vel kun rigtigt relevant, hvis den skal bruges i forbindelse med en egentlig sender. Markergeneratoren opfylder i den beskrevne form til fulde sit formål.

Markergeneratoren har været anvendt til at opjustere min 10 GHz transverter med et meget godt resultat til følge. Den har endvidere været anvendt til at justere min parabolantenne, lavet af en ganske almindelig 11 GHz 60 cm tv modtagerparabol, modificeret med et andet fødehorn; men det er en helt anden historie.

**OZ**