

# Udvidet teknisk prøve for radioamatører

Maj 1983

1.

Tegn principdiagram (kredsløbsdiagram med de vigtigste elektroniske komponenter vist) af en kryсталstyret oscillator med nøgleanordning.

Forklar hvorfor det nøglede signal ikke bør have for stejle flanker.

Angiv metode til afrunding af tegnene.

2.

Tegn principdiagram af et HF-forstærkertrin afstemt til 14 MHz og skitser med en kurve trinets frekvenskarakteristik (forstærkning som funktion af indgangssignalets frekvens).

I afstemte HF-forstærkertrin opstår ofte VHF-parasitsvingninger. Angiv metoder til bekæmpelse af sådanne uønskede svingninger.

3.

I et emitterjordet forstærkertrin er der mellem emitteren og stel anbragt en modstand  $R_0$  på 1000 ohm. Jævnspændingen over modstanden  $R_0$  måles at være 4 volt.

Beregn emitterjævnstrømmen  $I_0$  og den jævnstrømsseffekt, der afsættes i  $R_0$ .

$R_0$  kortsluttes vekselspændingsmæssigt med en kondensator med kapaciteten  $C$  anbragt tværs over  $R_0$ .

Beregn hvor stor  $C$  skal være, når kondensatorens impedans skal have samme størrelse som  $R_0$  ved 5 Hz.

Beregn hvor stor den pågældende kondensators impedans er ved 1 kHz.

4.

Tegn principdiagram af en FM-modulator, hvor frekvensmodulationen frembringes ved hjælp af en kapacitetsdiode.

Modulatoren tænkes indstillet således, at der opnås et frekvensssving på 3 kHz ved en given amplitude af et 1000 Hz modulationssignal.

Beregn det hertil svarende modulationssindex.

Hvor stort bliver frekvensssvinget, hvis modulationssignalets frekvens ændres til 2000 Hz, medens dets amplitude fastholdes uændret?

5.

En svingningskreds bestående af en kondensator med kapaciteten 50 pF i parallel med en spole med selvinduktionen  $L$  ønskes afstemt til 5 MHz.

Beregn spolens selvinduktion  $L$ .

Spolen er forsynet med et midtpunktudtag, og mellem dette og spolens ene ende tilsluttes en belastning svarende til en modstand på 2500 ohm.

Beregn kredsens  $Q$  ved 5 MHz, idet både spole og kondensator regnes tabsfri.

6.

En forstærker med en ohmsk indgangsimpedans på 1000 ohm afgiver en spænding på 1 volt over en belastningsmodstand på 100 ohm tilsluttet forstærkerens udgang, når signalspændingen over forstærkerens indgangsklemmer er 10 mV.

Beregn spændingsforstærkningen udtrykt i dB.

Beregn effektforstærkningen udtrykt i dB.

7.

En simpel halvbølggedipol afstemt til 7 MHz anbringes frit i vandret plan.

Angiv antennens udstrålingsdiagram i vandret plan ved 7 MHz.

Angiv strømfordelingen (strømamplitudens variation) langs antennen ved 7 MHz.

Antennen fødes vis et 75 ohms koaksialkabel.

Angiv en metode for tilpasning mellem den balancerede dipol og det ubalancerede kabel.

8.

En simpel superheterodynmodtager med mellemfrekvensen 500 kHz og overliggende oscillator afstemmes til 14 MHz.

Beregn

a) blandingsoscillatorens frekvens

b) modtagerens spejlfrekvens

c) de to frekvenser («spurious») der kan modtages som følge af blandingsoscillatorens indhold af 2. harmoniske.

9.

En FM amatørsender er forbundet til antennen gennem et 50 ohms koaksialkabel, der ved den pågældende frekvens har en dæmpning på 3 dB. Antennen er tilpasset kablets impedans.

Med et spidsspændingsvisende diodevoltmeter måles på senderens udgang et bærebølgesignal på 42 volt. Beregn (tilnærmset) hvor stor bærebølgeeffekt der tilføres antennen.

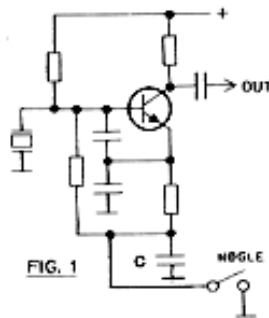
## Besvarelse

1.

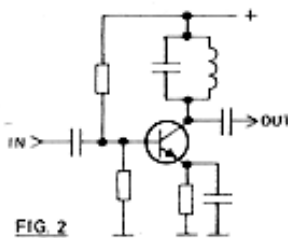
Se fig. 1, der for en gangs skyld ikke er sakset fra Vejen Til Sendetilladelsen (VTS), 6. udgave, men fra ARRLs »Solid State Design for the Radio Amateur«. Oscillatoren er en ganske almindelig krystaloscillator, der bliver nøglet i forspændingskredsløbet til basis samt i emitteren.

Hvis det udsendte signal har for stejle flanker, giver det anledning til nøgleklik, d.v.s. at stationen »breder« sig på skalaen. I svære tilfælde kan man i modtageren høre disse klik i takt med nøglingen adskillige kHz fra stationens frekvens. Fænomenet er i slægt med »splatter« fra en overmoduleret AM-sender.

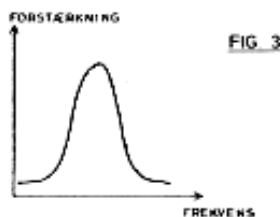
Signalerne skal altså være passende afrundede, oscillatoren skal starte og stoppe svingningerne passende blidt. Det opnås ved hjælp af et nøglefilter, som i sin simpleste udformning består af kondensatoren C i fig. 1.



Når nøglen nedtrykkes, starter oscillatoren langsomt op på grund af krystallets store godhed - anvendes LC-styring, må der sikkert træffes foranstaltninger til at sørge for en langsom start. Slippes nøglen, stopper oscillatoren blidt, da kondensatoren C først skal oplades, før oscillatoren går i stå.



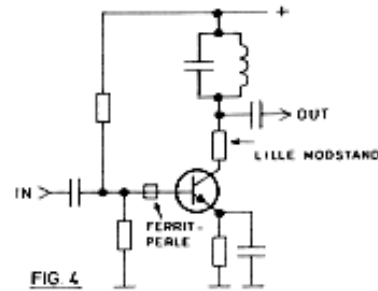
2. Se fig. 2, der stort set er sakset fra VTS side 84. Parallelkredsen i kollektoren er afstemt til 14 MHz. Herved fås en frekvensafhængig forstærkning, som fig. 3 viser.



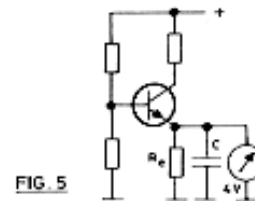
VHF-parasitsvingninger i HF-forstærkere forekommer, hvis transistoren har tilstrækkelig forstærkning på den pågældende VHF-frekvens, samt at der er tilstrækkelig tilbagekobling fra udgang til indgang tilstede - med den rigtige fase.

For at modvirke disse svingninger må man fratage opstillingen lysten til at forstærke ved VHF-frekvenser; det kan gøres ved at indsætte ferritperler eller

små stopmodstande i serie med basis- eller kollektortilslutningerne, som antydnet i fig. 4.



3. Det emitterjordede forstærkertrin ses fig. 5. Vi bruger Ohms lov for at finde strømmen i  $R_e$ :



$$I_{R_e} = \frac{V_{R_e}}{R_e} = \frac{4}{1000} = 0,004 \text{ A} = 4 \text{ mA}$$

Nu kender vi både strømmen i og spændingen over  $R_e$ , og effekten kan da beregnes:

$$P_{R_e} = V_{R_e} \cdot I_{R_e} = 4 \cdot 0,004 = 0,016 \text{ W} = 16 \text{ mW.}$$

Kondensatoren C ses også fig. 5. En kondensator af størrelsen C har reaktansen (eller impedansen)  $X_c$  ved frekvensen f givet ved:

$$X_c = \frac{1}{2 \pi f C}$$

Heraf fås da kondensatorens størrelse:

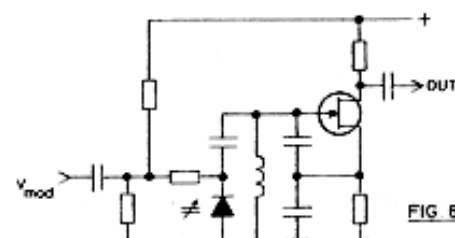
$$C = \frac{1}{2 \pi f X_c}$$

og da  $f=5 \text{ Hz}$ ,  $X_c=1000 \text{ ohm}$ , fås:

$$C = \frac{1}{2 \pi \cdot 5 \cdot 1000} = 31,83 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 31,83 \mu\text{F}$$

Ved 1 kHz er denne kondensators reaktans:

$$X_c = \frac{1}{2 \pi \cdot 1000 \cdot 31,83 \cdot 10^{-6}} = 5 \Omega$$



4. Se fig. 6, der viser en oscillator, hvis frekvens elektrisk kan ændres ved at ændre forspændingen på kapacitetsdioden. Tilføres der et LF-signal til

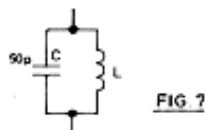
indgangen  $V_{\text{mod}}$  vil oscillatorens udgangsfrekvens ændre sig i takt med det modulerende signal. Modulationsindexet  $m$  findes af frekvenssvinget  $\Delta f$  og modulationsfrekvensen  $f_{\text{mod}}$  af:

$$m = \frac{\Delta f}{f_{\text{mod}}}$$

her fås altså:

$$m = \frac{3000}{1000} = 3$$

Da det er en FM-modulator, der er tale om, er frekvenssvinget uafhængigt af modulationssignalet frekvens, men ligefremt proportionalt med modulationssignalet amplitude. Frekvenssvinget er altså det samme ved 2000 Hz som ved 1000 Hz, da modulationssignalet amplitude er uændret.



### 5.

Svingningskredsen er gengivet i fig. 7, og med de sædvanlige betegnelser har vi formelen for en svingningskreds:

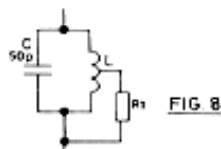
$$f_{\text{res}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

Vi løser den med hensyn til L og får:

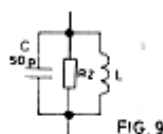
$$L = \frac{1}{4\pi^2 \cdot f_{\text{res}}^2 \cdot C}$$

Herefter bliver selvinduktionen:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \cdot (5 \cdot 10^6)^2 \cdot 50 \cdot 10^{-12}} = 20,26 \cdot 10^{-6} \text{ H} = 20,26 \mu\text{H}$$



Nu har vi situationen som vist i fig. 8, og for at kunne beregne den resulterende godhed Q må vi foretage en metamorfose af  $R_1$  i fig. 8 til  $R_2$  i fig. 9; vi forudsætter, at spolens vindinger kobler godt til hinanden og derfor kan betragtes som en autotransformer med spændingsomsætningsforholdet 1:2, da udtaget netop ligger på spolens midtpunkt. Modstanden  $R_1$  kan derfor »transformeres op« til at ligge over hele kredsen som  $R_2$  i fig. 9, og da impedanstransformationsforholdet er spændingstransformationsforhold i anden potens, fås:



$$R_2 = R_1 \cdot (N_v)^2$$

$$R_2 = 2500 \cdot 2^2 = 10000 \text{ ohm} = 10 \text{ k}\Omega$$

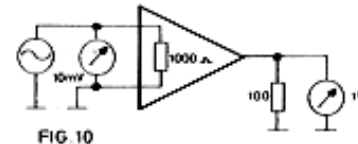
Kredsens godhed Q kan derefter beregnes af:

$$Q = \frac{R_2}{X_C} = \frac{R_2}{X_L}, X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$Q = R_2 \cdot 2\pi f C$$

$$Q = 10 \cdot 10^3 \cdot 2\pi \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 50 \cdot 10^{-12} = 15,7$$

Det betaler sig at benytte de opgivne værdier i så stor udstrækning som muligt - de værdier, man selv har udregnet, kunne jo være forkerte!



### 6.

Vi har situationen i fig. 10. Spændingsforstærkeren i dB fås af:

$$A(\text{dB}) = 20 \log \frac{V}{V_{\text{ind}}}$$

$$A(\text{dB}) = 20 \log \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} = 20 \log 100 = 40 \text{ dB}$$

For at beregne effektforstærkningen må vi først finde ind- og udgangseffekterne; her er det lettest at anvende formelen:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

da spændings- og modstandsværdier er kendte:

$$P_{\text{in}} = \frac{(10 \cdot 10^{-3})^2}{1000} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ W}$$

$$P_{\text{out}} = \frac{1^2}{100} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ W}$$

Effektforstærkningen i dB er da:

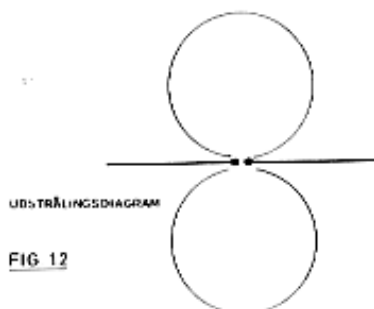
$$A(\text{dB}) = 10 \log \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$$

$$A(\text{dB}) = 10 \log \frac{1 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 10^{-7}} = 10 \log 10^5 = 50 \text{ dB}$$

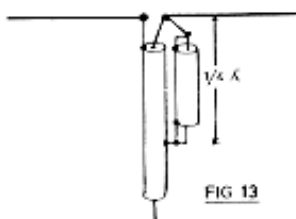
### 7.

Antennens udstrålingsdiagram er vist i fig. 12, der er sakset fra VTS, fig. 7 side 113. Udstrålingen er størst på tværs af antennens længderetning og nul i antennens længderetning.

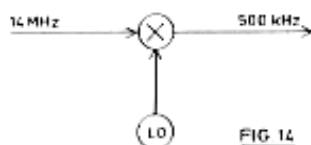




Strøamplitudens variation langs antennen er skitseret i fig. 11. Strømmen er størst i antennens midtpunkt og nul i antennens endepunkter - naturligt nok.



Da antennens fødeimpedans er nær ved 75 ohm, skal vi blot have en overgang fra den balancerede antenne til det ubalancerede koaksialkabel. Det klares med en balun som vist i fig. 13 (sakset fra VTS fig. 17 side 116).



### 8.

Vi har et blokdiagram af modtageren i fig. 14. Da lokaloscillatoren er overliggende, er dens frekvens  $f_{LO}$ , når modtageren er indstillet på 14 MHz:  $f_{LO} = 14 \text{ MHz} + 0,5 \text{ MHz} = 14,5 \text{ MHz}$  Modtagerens spejlfrekvens ligger da endnu 500 kHz højere oppe:

$$f_{\text{spejl}} = 14,5 \text{ MHz} + 0,5 \text{ MHz} = 15,0 \text{ MHz}$$

Da lokaloscillatoren har et indhold af 2. harmonisk signal, vil modtageren også være følsom på frekvenser, der ligger i mellemfrekvensens afstand fra den 2. harmoniske:

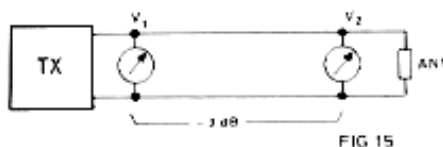
$$2. \text{ harmonisk} = 2 \cdot f_{LO} = 14,5 \cdot 2 = 29 \text{ MHz}$$

Modtageren kan derfor også modtage på:

$$29 \text{ MHz} - 0,5 \text{ MHz} = 28,5 \text{ MHz}$$

og

$$29 \text{ MHz} + 0,5 \text{ MHz} = 29,5 \text{ MHz}$$



### 9.

Vi har situationen som vist i fig. 15. Voltmeteret ved senderen viser en spidsspænding  $V_1$  på 42 volt.

Voltmeteret ved antennen vil vise en spidsspænding  $V_2$ , der er dæmpet 3 dB, og da

$$3 \text{ dB} = 10 \frac{3}{20} = \sqrt{2} = 1,41 \text{ gange i spænding,}$$

$$\text{er } V_2 = \frac{42}{\sqrt{2}} = 29,7 \text{ volt.}$$

Idet vi antager, at HF-spændingen er sinusformat, kan vi finde effektværdien af spændingen oppe ved antennen:

$$V_{2\text{eff}} = \frac{V_2}{\sqrt{2}} = 21 \text{ volt eff.}$$

Effekten i antennen bliver da:

$$P_{\text{ant}} = \frac{(V_{2\text{eff}})^2}{R_{\text{ant}}} = \frac{21^2}{50} = 8,82 \text{ W}$$

### Kommentar:

Et ikke overvældende svært opgavesæt efter min mening; men det afhænger jo helt af, hvad man føler, man behersker bedst: Nogle opgaveløserne er velbevandrede i matematik og har svært ved at huske principdiagrammer, andre kan ryste alle mulige diagrammer ud af ærmet og regner som en brækket arm!

Stort set alle spørgsmålene kan - som sædvanlig - besvares på grundlag af stoffet i VTS, dog ved jeg, at 2. del af spørgsmål 5 har taget pipet fra en del læsere; men det er jo heller ikke nødvendigt at regne det hele rigtigt, 2/3 rigtig besvaret er jo nok til at bestå - og kan man klare det, har man bevist, at man ved en del om radioteknik! OZ1AWJ

## 70 cm TRANSCEIVER

### Ombygget SRA CN-505 mobilradiotelefon.

Frekvensområde:

433 - 435 MHz i 25 kHz-step

Følsomhed: 0,35  $\mu\text{V}/12 \text{ dB SINAD}$

Udgangseffekt: 8 W

Fuldautomatisk spacing i repeaterområdet samt omskifter til »omvendt« spacing

5-sekvens modtager:

Leveres med  $5 \times 1750 \text{ Hz}$

(Kan leveres med anden sekvens efter ordre)

Toneopkald: 1750 Hz

Antennetilslutning: SO-239

Incl. låsbar monteringskassette m/multistik og mikrotelefon m/holder samt extern display

**Kr. 1.785,00**

Uden mikrofon og antenne.  
Leveringstid må påregnes.  
Sendes overalt pr. efterkrav.

Tlf. 09 - 61 97 70  
Der kan afgives besked, når telefonen ikke betjenes.

## ALTERNA

Betzyslyst 50 - 5600 Faaborg - (09) 61 97 70