

Udvidet teknisk prøve for radioamatører

November 1984

1.

Tegn principdiagram (kredsløbsdiagram med de vigtigste elektroniske komponenter vist) af en Colpitts oscillator hvor frekvensen kan varieres (VFO).

Tegn principdiagram af en krystalstyret oscillator.

Angiv med en kurve hvorledes impedansen af et krystal varierer med frekvensen.

2.

Tegn et blokdiagram af en FM-moduleret VHF-sender hvori der indgår frekvensmultiplikatortrin.

Tegn principdiagram af et frekvensmultiplikatortrin og forklar virkemåden af et sådant trin.

3.

Tegn principdiagram af et amplitudemoduleret senderudgangstrin.

Angiv kort - gerne i stikordsform - hvilke forholdsregler man kan tage for at forhindre, at der opstår parasitsvingninger i trinnet.

Forklar kort hvorledes man kan undersøge, om der optræder parasitsvingninger.

4.

En svingningskreds bestående af en spole med selvinduktionen $10 \mu\text{H}$ i parallel med en kondensator ønskes afstemt til 10 MHz . Beregn kondensatorens kapacitet.

Tabene i kredsen ækvivaleres med en parallelmodstand på $20 \text{ k}\Omega$. Beregn kredsens Q ved 10 MHz .

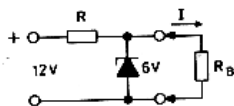
Kredsen tilsluttes nu indgangen af et forstærkertrin, hvis indgangsimpedans regnes rent ohmsk og lig med $5 \text{ k}\Omega$. Beregn 3 dB båndbredden for den således belastede svingningskreds.

5.

Skitsér med en kurve hvorledes strømmen gennem en zenerdiode afhænger af spændingen over dioden omkring den såkaldte zenerspænding.

Fig.

Zenerdioder anvendes ofte til stabilisering af jævnspændingsforsyninger, f.eks. som skitseret på høsstående figur. Forklar kort virkemåden af dette arrangement.



OZ MAJ 1985

Beregn en anvendelig værdi for formodstanden R , når der fra den viste opstilling skal kunne afgives en stabiliseret spænding på 6 volt og en strøm på 100 mA til en ydre belastning R_B .

6.

En kapacitiv spændingsdeler bestående af to tabsfrie kondensatorer $C_1 = 200 \text{ pF}$ og $C_2 = 100 \text{ pF}$ forbundet i serie påtrykkes en vekselspænding E på 1 volt og med frekvensen 1 MHz .

Beregn strømmen gennem spændingsdeleren.

Beregn spændingen V_1 over C_1 og spændingen V_2 over C_2 .

Idet C_1 fortsat er 200 pF , vælges C_2 nu således, at spændingen V_2 er dæmpet 20 dB i forhold til indgangsspændingen E . Beregn den hertil svarende kapacitet af C_2 .

7.

En FM-sender moduleres med en 1000 Hz sinusformet tone. Angiv hvorledes sidefrekvenserne i det modulerede signals frekvensspektrum er beliggende i forhold til bærebølgen.

Med 1000 Hz tonen moduleres senderen til et frekvensssving på 15 kHz . Beregn det hertil svarende modulationsindex.

Til kontrol af modulationsprocessen benyttes undertiden den såkaldte Bessel-nul metode. Forklar kort hvilket særligt fænomen ved FM modulation denne metode baserer sig på.

8.

Illustrér med en tegning hvordan en 3 element yagi-antenne i princippet er opbygget og beregn fødeelementets (halvbølgedipolens) længde, idet antennen tænkes afstemt til 145 MHz og der regnes med en forkortningsfaktor på $0,95$.

Antennen tænkes anbragt vandret i frit rum. Skitser antennens udstrålingsdiagram i vandret plan og angiv omtrentligt hvor stor forstærkning, der med denne antenne kan opnås i forhold til en dipol.

Antennen tænkes indrettet således, at dens fødeimpedans ved signalfrekvensen er rent ohmsk og lig 75 ohm . Antennen tilsluttes en fødeledning med karakteristisk impedans 50 ohm . Beregn standbølgeforholdet på fødeledningen.

9.

En flerbånds kortbølgeamatørsender giver anledning til overstyring af indgangstrinnet i naboens radiomodtager.

Angiv hvorledes man ved foranstaltninger hos naboen kan bekæmpe forstyrrelsen uden at gribe ind i selve radiofonimodtageren, når modtageren er

333

- a) en mellembølgemodtager
- b) en FM modtager

Angiv kort hvilke forholdsregler man kan træffe ved indretningen af amatørstationens sendeantenneinstallation for at nedsætte risikoen for overstyring af naboens radiofonimodtager.

1. Se fig 1, der er saksset fra Vejen til Sendetilladelsen (VTS), 6. udgave, side 68. I praksis er denne

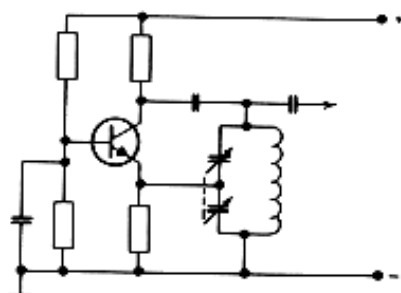


Fig. 1

opstilling ikke særlig velegnet, da den stiller krav til isoleret opspænding af drejekondensatoren.

Der er mange muligheder for diagram til en krystaloscillator; fig. 2 er fra VTS side 71 for at kunne sammenligne med oscillatoren i fig 1. Oscil-

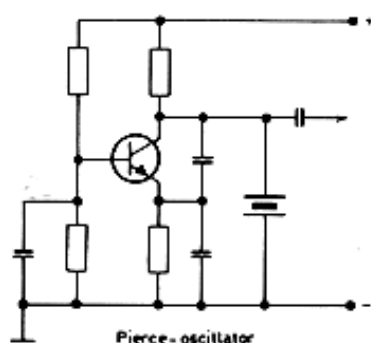


Fig. 2

latoren svinger på en frekvens, hvor krystallets impedans er induktiv.

Den ønskede krystalimpedanskurve er vist fig. 3.

Selve krystallet virker som en seriesvingningskreds med særdeles stor godhed, og parallelt over denne svingningskreds findes holder- og monteringskapaciteten. Krystallet har derfor to resonanspunkter: en serieresonans, hidrørende fra selve krystallet, og en parallelresonans på en lidt højere

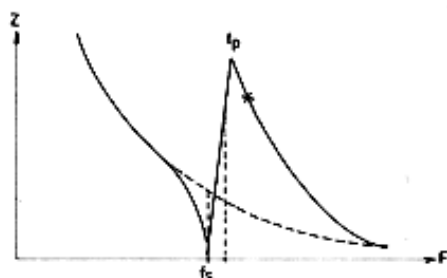
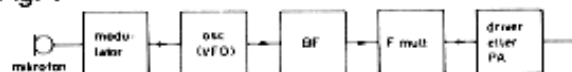


Fig. 3

frekvens, hidrørende fra samspillet mellem holderkapaciteten og selve krystallet.

Fig. 4



2. Se fig. 4, fra VTS side 105. Oscillatoren vil ofte være krystalstyret på en ret lav frekvens, f.eks. 12 MHz, som efter 12 ganges multiplikation vil være oppe på 144 MHz. FM-svinget vil også være 12 gange større på 144 MHz end på 12 MHz. Modulatoren, der arbejder på 12 MHz, behøver derfor kun at kunne give 1/12 af det ønskede frekvenssving på 144 MHz.

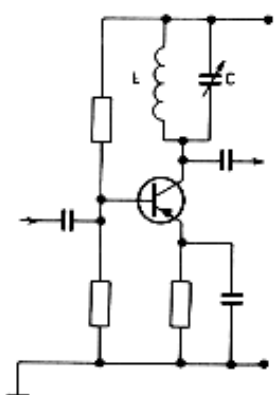


Fig. 5

Et frekvensmultiplikatortrin består i al sin enkelhed af en afstemt forstærker, hvor udgangen er afstemt til den ønskede harmoniske af indgangssignalet frekvens, fig. 5. Et sådant trin skal arbejde ulineært, d.v.s. klasse B eller C, så indgangssignalet forvrænges og udgangssidens filtervirkning udsøger den ønskede harmoniske frekvens. I praksis går man sjældent højere end til den 3. harmoniske (en tripler), da nyttevirkningen og filtreringen ellers bliver for dårlig.

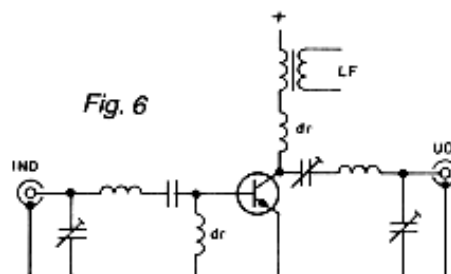


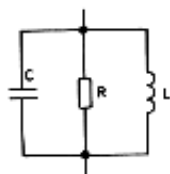
Fig. 6

3. Se fig. 6. Amplitudemodulationen indføres ved at modulere forsyningspændingen til trinnet, så denne bevæger sig mellem den dobbelte forsyningspæn-

ding og nul ved 100 % modulation. I modulations-spidsene skal dette PA-trin da levere 4 gange mere effekt end ved ingen modulation, og derfor skal driveren til PA-trinet være i stand til at udstyre PA-trinet til denne effekt. Det kræver enten en ret hård styring eller at drivertrinnet også moduleres. Parasitsvingninger, d.v.s. selvsving langt fra den tiltænkte arbejdsfrekvens, kan modvirkes ved at ødelægge mulighederne for forstærkning ved frekvenser lavere end arbejdsfrekvensen, da faren for selvsving er størst ved lavere frekvenser, idet transistorens forstærkning stiger ved faldende frekvens. Kollektordroslen skal derfor ikke være større end højst nødvendigt, og HF-afkoblingen skal være effektiv. Modstande på ca. 10 ohm og kondensatorer på ca. 20 pF forbundet direkte fra basis til emitter har også en beroligende virkning.

Alle former for sving og uønskede frekvenser i udgangssignalet findes bedst ved hjælp af en spektrumanalysator, men da de færreste amatører har adgang til et sådant instrument, kan man i stedet for bruge sit fjernsyn, FM-BCL spille, HF-modtager og mellembølgeradio, der jo tilsammen dækker et ret stort frekvensområde. Senderen tages, og man undersøger, om der er forstyrrelser på nogle af de frekvenser, de nævnte modtagere dækker. Parasitsvingninger kan ofte ikke erkendes ved at lytte til det ønskede udsendte signal, der kan lyde rent og pænt, selv om PA-trinet svinger vildt!

Fig. 7



4. Svingningskredsen ses i fig. 7. For kondensatoren C, spolen L og resonansfrekvensen f gælder formlen:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

heraf fås:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 \cdot L}$$

som med de opgivne værdier giver:

$$C = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot (10 \cdot 10^6)^2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 25,3 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 25,3 \text{ pF}$$

Parallelkredsens Q er givet ved:

$$Q = \frac{R_p}{X_c} = \frac{R_p}{X_L}$$

OZ MAJ 1985

hvor X_c og X_L er henholdsvis kondensatorens og spolens reaktans ved resonans og R_p er parallel modstanden.

Nu er $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ - det er nok sikrest at anvende formlen med X_L , da L er angivet i opgaven og ikke udregnet!

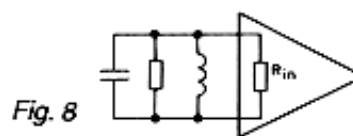
Da er

$$X_L = 2\pi \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 628 \text{ ohm.}$$

Q'et bliver da:

$$Q = \frac{20 \cdot 10^3}{628} = 31,8.$$

Når svingningskredsen er tilsluttet et forstærkertrin, har vi situationen i fig 8.



Den ohmske modstand over svingningskredsen er parallellforbindelsen af kredstaberne på 20 kohm og indgangsmodstanden på 5 kohm:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20000 \cdot 5000}{20000 + 5000} = 4000 \text{ ohm} = 4 \text{ kohm}$$

Det nye Q kan nu beregnes:

$$Q = \frac{R}{X_L} = \frac{4000}{628} = 6,4$$

og kredsens 3 dB båndbredde Δf kan fås af formlen

$$\Delta f = \frac{f}{Q}$$

der giver

$$\Delta f = \frac{10 \cdot 10^6}{6,4} = 1,6 \cdot 10^6 \text{ Hz} = 1,6 \text{ MHz}$$

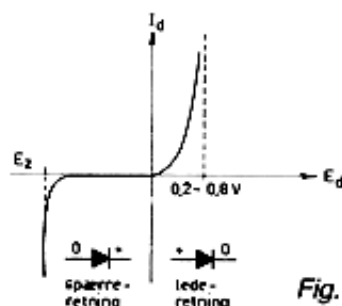


Fig. 9

335

5.

Se fig. 9, der er fra VTS, side 49. Zener-effekten findes i diodens spærreretning. Op til en vis spænding spærre dioden, og strømmen er lille; men stiger spændingen over zenerspændingen, stiger strømmen voldsomt, og spændingen stiger ikke mere.

I praksis er knækket på kurven ikke så skarpt som her skitseret, og der er selvfølgelig også grænser for den strøm, dioden kan tåle.

Ideen med at anvende en zenerdiode som spændingsstabiliserende element ligger netop i, at zenerspændingen ikke er særlig afhængig af strømmen i dioden. Er strømmen i belastningen R_b i fig. 10 normalt 100 mA, vil en ændring af forbruget til f.eks. 90 mA bevirke, at zenerdioden trækker de tiloversblevne 10 mA, så spændingen over R_b stadig er 6 V. Stiger forbruget til f.eks. 110 mA, gør det modsatte sig gældende.

En rimelig strøm i zenerdioden er ca. 25 mA, så den samlede strøm, der løber gennem formodstanden R er da $100 + 25 = 125$ mA. Da spændingen over R skal være $12 - 6 = 6$ V, kan R findes af Ohms lov:

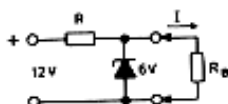


Fig. 10

$$R = \frac{E}{I} = \frac{6}{125 \cdot 10^{-3}} = 48 \text{ ohm}$$

At der netop er valgt 25 mA beror på, at der derved afsættes $6 \cdot 0,025 = 0,150$ W eller 150 mW i zenerdioden ved normal drift. Forsvinder belastningen, stiger strømmen i zenerdioden til ca. $6/48 = 130$ mA, og effekten bliver $6 \cdot 0,130 = 0,8$ W eller 800 mW - der bør anvendes en 1 W diode.

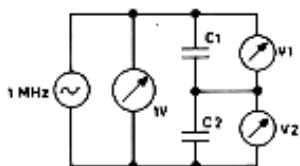


Fig. 11

6.

Se fig 11. Set fra spændingskildens synspunkt ser de to serieforbundne kondensatorer ud som en kondensator med kapaciteten

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{200 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \cdot 10^{-12}}{200 \cdot 10^{-12} + 100 \cdot 10^{-12}} = 66,7 \text{ pF}$$

Reaktansen af denne serieforbindelse findes af:

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

som giver:

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 66,7 \cdot 10^{-12}} = 2,39 \text{ kohm}$$

og strømmen bliver da (Ohms lov):

$$I = \frac{E}{R} = \frac{1}{2,39 \cdot 10^3} = 419 \cdot 10^{-6} \text{ A} = 419 \text{ } \mu\text{A}$$

Nu kendes strømmen gennem kondensatorerne, og Ohms lov kan da anvendes til at finde spændingsfaldet over dem:

$$V_1 = I \cdot X_{c1} = 419 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 200 \cdot 10^{-12}} = 0,333 \text{ V}$$

$$V_2 = I \cdot X_{c2} = 419 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = 0,667 \text{ V}$$

Da 20 dB dæmpning svarer til en spændingsdæmpning på 10 gange, skal vi altså konstruere en kapacitiv spændingsdeler med delingsforholdet 1:10. Den almindelige spændingsdelerformel for modstande kan ikke umiddelbart anvendes, da der ligger den mindste spænding over den største kondensator, altså det omvendte i forhold til modstande.

Med betegnelserne fra fig. 11 er formelen for en kapacitiv spændingsdeler:

$$V_2 = 1 \text{ V} \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

heraf kan C_2 da beregnes, idet $V_2 = 0,1 \cdot 1$ V:

$$C_1 + C_2 = \frac{1}{V_2} \cdot C_1$$

$$C_2 = \frac{1}{V_2} \cdot C_1 - C_1 = C_1 \left(\frac{1}{V_2} - 1 \right) = 200 \cdot 10^{-12} \left(\frac{1}{0,1} - 1 \right)$$

$$C_2 = 200 \cdot 10^{-12} \cdot 9 = 1800 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 1800 \text{ pF.}$$

En eventuel kontrol kan udføres ved at beregne strømmen gennem spændingsdeleren og derefter finde spændingerne over de to kondensatorer, som i opgavens første del.

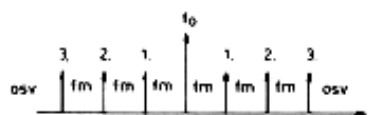


Fig. 12

7.

Se fig. 12, der er fra VTS side 103. Sidefrekvenserne ligger med en frekvensmæssig afstand svarende til modulationssignalets frekvens, f_m . Teoretisk er der uendelig mange sidefrekvenser, men amplituden aftager hurtigt for sidefrekvenser af høj orden.

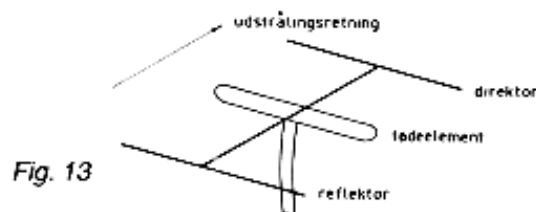
Modulationsindexet m kan findes af formelen:

$$M = \frac{\Delta f}{f_m}$$

som her giver:

$$M = \frac{15 \cdot 10^3}{1000} = 15.$$

De enkelte sidebåndspars amplituder kan udregnes, når man kender modulationsindexet, ved hjælp af Bessel-funktionerne, se VTS side 103. Ved bestemte modulationsindex er centerfrekvensamplituden nul, og det kan detekteres i en meget selektiv modtager. Modtageren skal være så selektiv, at man kun lytter på centerfrekvensen og ikke samtidig på nabosidebåndene, d.v.s. det er nødvendigt med en båndbredde på mindre end ca. 500 Hz. Uden modulation lytter man på centerfrekvensen, og modulationen skrues forsigtigt op. Centerfrekvensens amplitude vil aftage, blive minimal og stige igen. I minimum er modulationsindexet 2,41, og frekvenssvinget kan beregnes, når man kender det modulerende signals frekvens. Det skal dog understreges, at metoden kun kan anvendes ved sinusformet modulation - men er forvrængningen lav, er metoden meget nøjagtig.



8.

En tre-elementers yagi ses i fig. 13, der er fra VTS, side 119. Den består af en reflektor, ca. 5 % længere end dipolen, en dipol og en direktor, der er ca. 3 % kortere end dipolen. Dipolen er en halvbølgedipol, og dens længde afhænger derfor af bølglængden.

På 145 MHz er bølglængden (c er lysets hastighed)

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{145 \cdot 10^6} = 2,07 \text{ m}$$

en halv bølglængde er derfor

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{2,07}{2} = 1,03 \text{ m,}$$

og med en forkortningsfaktor på 0,95 bliver det endelige resultat

$$1 \text{ dipol} = 1,03 \cdot 0,95 = 0,98 \text{ m.}$$

OZ MAJ 1985



Fig. 14

I vandret plan bliver udstrålingsdiagrammet som vist i fig. 14, der er fra VTS, side 119.

En tommelfingerregel siger, at når man fordobler antallet af elementer i en yagi-antenne, stiger forstærkningen med ca. 3 dB. Startes der derfor med en dipol - der har 0 dB forstærkning i forhold til en dipol - fås 3 dB forstærkning ved tilføjelse af en reflektor, idet elementantallet er fordoblet fra en til to. Yderligere 3 dB fås da ved tilføjelse af to direktorer, så det samlede elementantal nu er 4, og forstærkningen da er oppe på 6 dB. En tre-element yagi vil derfor have en forstærkning mellem 3 og 6 dB over en dipol - 4 dB er nok realistisk. Den nævnte tommelfingerregel gælder i øvrigt kun op til ca. 20 elementer ialt, idet gevinsten ved tilføjelse af flere elementer er forsvindende - det er da bedre at sammenkoble flere antenner.

Standbølgeforholdet på en transmissionslinje er kun bestemt af to ting: kablets karakteristiske impedans og belastningsimpedansen.

I vores tilfælde bliver standbølgeforholdet:

$$S = \frac{Z_{\text{ant}}}{Z_0} = \frac{75}{50} = 1,5.$$

9.

Når den forstyrrede modtager overstyres, er der ikke meget, der kan gøres hos senderamatøren for at forhindre dette - det er jo det lovligt udsendte KB-signal, der er årsagen, ikke oversvingninger eller lignende dårlighed.

Bliver en mellembølgeradio forstyrret, kan man forsyne modtagerens antenneindgang med et lavpasfilter, der lader mellembølgesignalerne passere (op til ca. 2 MHz) og holder kortbølgesignalerne ude. Om der er ret mange mellembølgemodtagere med udvendig antenne i drift mere ved jeg ikke, men det er sikkert ikke mange. De få, der stadig lytter på mellembølge, anvender sikkert ferritantenne, og så er det jo straks sværere at foretage sig noget uden at gøre indgreb i radioen.

Er det en FM-modtager, der bliver forstyrret, skal KB-signalerne også frafiltreres modtagerindgangen, før de kan nå at lave ravage i modtagerens HF-trin. Da FM-båndet ligger over KB-båndene, nemlig omkring 100 MHz, skal der til denne modtager anvendes et højpasfilter, der lader signaler over ca. 80 MHz passere, men som stopper kortbølgesignalerne.

337

På sendersiden kan man forsøge at flytte senderantennen så langt væk fra det forstyrrede apparats antenne som muligt: Det gælder om at begrænse kortbølgesenderens og dennes antennes feltstyrke så meget som muligt hos det forstyrrede apparat. Er der tale om en groundplane antenne er et godt jordplan af betydning, ligesom en god jordforbindelse af hele stationen kan hjælpe. Anvendes diolantenne i forbindelse med coaxkabel, skal der anvendes balun, idet kablets skærmende virkning ellers sættes over styr.

Kommentar:

Særdeles reelle opgaver, hvor de fleste af svarene kan findes i Vejen til Sendetilladelsen, så man har ikke mange chancer uden den. Nyt er spørgsmål 5, hvor der i øvrigt kan gives en del svar på opgavens sidste del, der alle kan være lige rigtige.

Som sædvanlig skal denne besvarelse ikke opfattes som en autoritativ besvarelse. Jeg er sikker på, at en langt mere kortfattet besvarelse vil blive godtaget - her er også forsøgt taget pædagogiske hensyn! Endelig er det jo heller ikke nødvendigt at regne det hele rigtigt; 2/3 er tilstrækkeligt, og så har man også bevist, at man har et bredt kendskab til radioteknik og har fortjent sin A-licens. OZ1AWJ