

KAPITEL 4

RADIOMODTAGNING

INDHOLD:		LÆRER- SIDER	ELEV- SIDER
	Introduktion	L 95	
RM 1	Vi bygger en svingningskreds	L 97	E 44
	Nogle faglige bemærkninger	L 98	
RM 2	Vi bygger et forstærkertrin	L 101	E 46
RM 3	Vi bygger et forstærkertrin til	L 102	E 48
RM 4	Vi bygger en detektor	L 103	E 49
RM 5	Vi får radioen til at spille med højttalerstyrke	L 104	E 50
RM 6	Vi tegner et blokdiagram af radioen ..	L 105	E 51
RM 7	Vi optager lyden på bånd	L 106	E 52

Tillægsopgaver:

RM 8A	Vi modtager flere stationer	L 107	
	Elevblade	L 109	
RM 9A	Vi måler senderens frekvens	L 110	
	Elevblade	L 113	
RM 10A	Vi undersøger forstærkerne	L 115	
	Elevblade	L 116	
RM 11A	Vi undersøger detektoren	L 117	
	Elevblade	L 118	
RM 12A	Vi bygger en musikradio på print	L 121	
	Elevblade	L 124	

	Noget om en langbølgesender	L 127	
--	-----------------------------------	-------	--

Introduktion:

Selv om vi har forsøgt at gøre den følgende radiomodtager så skudsikker som muligt, er det - mere end i nogen anden del af dette program - nødvendigt, at læreren selv oplever - og prøver at løse - de problemer, der uvægerligt opstår.

Med den opbygning, vi har valgt af radioen, vil lokale forhold som f.eks. bygningens beskaffenhed (jernbeton skærmer for meget), placeringen af el-ledninger (hold spolen væk fra dem), have indflydelse på modtageforholdene. Altså: Gå selv i gang med at eksperimentere, find faldgruberne, og oplev det facinerende, at en fuglerede af ledninger og komponenter pludselig begynder at "spille" noteringer og skibspositioner!

Vi har nemlig valgt at starte med at modtage Kalundborg langbølgesender på 245 kHz (sendeeffekt 150 kW). Der er to grunde hertil:

1. Frekvensen er så lav, at HF signalerne kan transporteres ad almindelige prøveledninger, og de kan iagttages på et almindeligt oscilloskop uden særlige foranstaltninger. Allerede på mellembølgebåndet (omkring 1 MHz) er signalerne sværere at håndtere.
2. Feltstyrken er overalt i Danmark så stor, at en rimelig modtagekvalitet er sikret både om dagen og om natten. Yderligere vil man de fleste steder kunne høre - omend svagere - i hvert fald en udenlandsk LB-sender, og om aftenen og natten mange flere.

I elevteksten er der lagt afgørende vægt på, at eleverne opfatter strukturen og signalbehandlingen i en (meget simpel) radiomodtager. De "obligatoriske" elevopgaver er derfor udformet som en række "gør sådan" instruktioner med det formål at få radioen til at spille hurtigst muligt. Herefter er der mulighed for at lade eleverne gå i detaljer til et niveau, der passer med deres individuelle evner og behov. Nogle forslag hertil er givet i form af tillægsopgaverne RM 8A-12A (side L 107 - 126).

Arbejdets tilrettelæggelse:

Eleverne går frem skridt for skridt, og kontrollerer, at hver blok fungerer efter hensigten, før de går videre til den næste.

Det kan være fristende at bygge nogle af de første blokke sammen på samme sømbræt - men lad være! Chancen for selvsving bliver meget stor, og det kan blive aktuelt at skulle fjerne blokkene - og især blok 2 og 3 - fra hinanden. Det er derfor klogt at ofre et sømbræt til hver blok.

Lad elevernes individuelle forståelse af, hvad signalerne betyder, komme gennem deres stadige iagttagelse af blokkenes funktion. Mulighederne for frugtbare samtaler med de enkelte elever er store, ligesom arbejdet giver mulighed for et inspirerende og kreativt miljø.

Omtalen i det følgende af de enkelte opgaver vil fortrinvis handle om de fagligt/tekniske problemer, man kan møde.

RM 1

VI BYGGER EN SVINGNINGSKREDS

Alle målinger og resultater, vi nævner i det følgende, er med den ferritstav fra Siemens, der er nævnt i materialelisten. En glat ferritstav (uden riller) vil give både mindre induktans og mindre signaler.

Til spolen medgår knap 4 m tråd, og spolelængden bliver ca. 3.5 cm. Sørg for at anskaffe den trådtype, der har lodbar lakisolati-on (den er "mere rød" end den ikke-lodbare lak - se materialelisten). Brugsanvisning: Kom en lille dråbe tin på loddekolben, og træk tråddenden nogle gange gennem dråben. Så fortinnes tråden hurtigt.

Drejekondensatoren kan være vanskelig at få fat på til en rimelig pris. Hvis det ikke lykkes ad de sædvanlige kanaler, må man sende eleverne på jagt efter gamle radioer, der kan slagtes, og selv kontakte radioteknikere og -reparatører i omegnen.

Det er ligegyldigt, hvordan kondensatoren ser ud - og er bygget. Den skal blot have en kapacitans på ca. 400-500 pF helt inddrejet. Hvis den består af flere sektioner, kan disse parallelkobles, hvorved der opnås større kapacitans. Mere om dette i det følgende, faglige afsnit.

Man kan anvende en fast kondensator, og så afstemme kredsen ved at flytte spolen på ferritstaven. Vi har valgt ikke at anvende denne metode, fordi (som man hurtigt vil opdage) en hånd i nærheden af den "varme" spole helt ændrer afstemningen og signalerne.

En ferritstav knækker let, så lad eleverne montere den relativt solidt på et bræt (f.eks. et sømbræt i dobbelt størrelse 15 x 20 cm). Der er flere muligheder:

1. Ved hjælp af kabelbøjler, der skrues fast i brættet (foto i elevblade).
2. Anbring et par øskner m. 10 mm hul med 15-18 cm afstand på brættet, og lad dem holde staven.
3. Staven kan anbringes mellem 2 par søm, der bankes i brættet.

Hvis drejekondensatoren ikke er forsynet med skruehuller, kan man i reglen holde den fast på brættet ved hjælp af søm. Pointen er,

at man derved kan undgå at få hænderne for nær ved "varme" dele og ledninger under afstemningen: Man holder brættet fast med den ene hånd, og drejer på kondensatoren - som skal være forsynet med en knap - med den anden.

Det skop, der anvendes her, skal have en Y-følsomhed på mindst 50 mV/cm og helst - hvilket stærkt anbefales - på 10 mV/cm. Start med skopet på følsomste Y-område, og X på 1 ms/cm. Når svingningskredsen tilsluttes, skal de udvendige metaldele på drejekondensatoren (der har forbindelse med dens akse), forbindes til skopets nul for at mindske "håndkapacitet".

Når man har fundet en station, ser man et billede, der ligner den nederste del af fotografiet på side L 119. Find stationen på en transistorradio, og se og lyt samtidig til signalerne.

Herefter skrues man X op på 1 μ s/cm, og skal da se en sinussvingning, der er "tværet" noget ud i top og bund af modulationen, med omkring 4 cm mellem to nabotoppe.

Et standardoscilloskop har $R_{ind} = 1 \text{ M}\Omega$, og med denne belastning af svingningskredsen kan man forvente en signalspænding (spids-spids værdi) på et sted mellem 20 mV og 80 mV fra Kalundborg-senderen. Dette er gennemsnitsværdier. Meget langt fra senderen kan signalerne blive noget mindre, og tæt på senderen vil de være større. Ferritstaven skal ligge vandret, og dens retning skal være vinkelret på retningen til Kalundborg (eller til den sender, man vil modtage).

Hvis signalet forekommer meget lille, kan man prøve at flytte svingningskreds og skop hen i vindueskarmen (for at se, om bygningen har en afskærmende virkning på radiobølgerne), eller til et andet lokale.

Nogle faglige bemærkninger

Når man vikler en spole, og forbinder den med en kondensator, er problemet altid: Hvor er jeg landet i frekvens? De følgende oplysninger og måleresultater kan muligvis hjælpe læseren til at få hold på tingene.

1. Resonansfrekvensen af en svingningskreds kan beregnes af formlen:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad \begin{cases} f \text{ i Hz (hertz)} \\ L \text{ i H (henry)} \\ C \text{ i F (farad)} \end{cases}$$

Problemet drejer sig altså om at kende de værdier af L og C, der indgår i svingningskredsen.

2. Kapacitansen C i svingningskredsen består af:

- a. Kapacitansen i drejekondensatoren.
- b. Kapacitansen i tilledningerne.
- c. Kapacitansen mellem vindingerne i spolen (egenkapacitansen).
- d. Kapacitansen i skopets indgang og/eller indgangskapacitansen i tilsluttede forstærkertrin.

Ad a: En typisk drejekondensator fra en AM radio består af to sektioner: en lille, kaldet oscillatorsektionen, og en større, kaldet signalsektionen. På det eksemplar, vi har brugt, er der målt følgende:

	Osc. sektion	sign. sektion
C_{\max}	165 pF	435 pF
C_{\min}	8 pF	10 pF

hvor C_{\max} er kapacitansen helt inddrejet og C_{\min} helt uddrejet. Parallelforbinder vi de to sektioner, kan vi altså variere kapacitansen mellem 18 pF og 600 pF.

Een af de få drejekondensatorer, der er til at få for en rimelig pris (HEGO, 500 pF), har kun een sektion. Vi har målt på 10 eksemplarer, og fundet følgende værdier:

C_{\min} ligger mellem 8 og 19 pF, og
 C_{\max} ligger mellem 514 og 570 pF.

Ad b: Kapacitansen mellem to ledninger, 40 cm lange, der ligger i nærheden af hinanden på bordet, er 5-7 pF. Hvis de snoes sammen, vokser kapacitansen til omkring 15 pF.

Ad c: For den her anvendte spole: omkring 3 pF.

Ad d: Skopets indgangskapacitans er normalt omkring 40-50 pF. Se manualen for præcis værdi.

3. Spolens induktans afhænger af:

- a. De fysiske dimensioner (diameter og længde).
- b. Vindingstallet.
- c. Kernematerialet.

Vi vil kun tale om étlagsspolen, viklet på den nævnte ferritstav.

De tre spoler, der er målt på, har alle ca. 10 cm frie trådender. Måleresultaterne er samlet i disse tabeller:

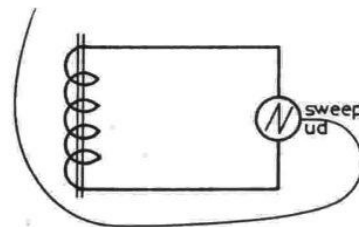
Vindingstal = n , vindingerne lagt så pænt ved siden af hinanden som det er muligt uden overordentlige anstrengelser!

n	Middel-diameter	længde	Spole-resistans	Egen-kapacitans
75	11 mm	28 mm	ca. 0.8 Ω	ikke målelig
100	11 mm	35 mm	ca. 0.9 Ω	ca. 3 pF
150	11 mm	55 mm	ca. 1.3 Ω	ca. 6 pF

Induktans:

n	Spole midt på stav	Spole i stavens ene ende	Spole midt på halv stav (10 cm)	Uden stav (luftspole)
75	0.75 mH	0.4 mH	0.5 mH	22 μ H
100	1.3 mH	0.7 mH	0.85 mH	32 μ H
150	2.6 mH	1.6 mH	1.6 mH	46 μ H

Som en "krydskontrol" kan man lade spolen udgøre en svingningskreds sammen med kapacitanserne i skop, ledninger m.v. Spolen anbringes midt på ferritstaven, og hænges på skopindgangen i trådenderne. Fra skopets sweep-udgang lægges en løs ledning hen i nærheden af spolen. Svingningskredsen bliver herved anslået, og man ser dæmpede svingninger. Disses frekvens skal nu passe med induktansen L og et rimeligt totalt C fra de forskellige kapacitanser. Målte værdier:



n	75	100	150
f/kHz	820	625	435

som svarer til C total = 50 pF, hvilket forekommer særdeles rimeligt.

RM 2

VI BYGGER ET FORSTÆRKERTRIN

Vi har her valgt at anvende en field effekt transistor, hvorved vi opnår stor indgangsimpedans, dvs. lille belastning af svingningskredsen.

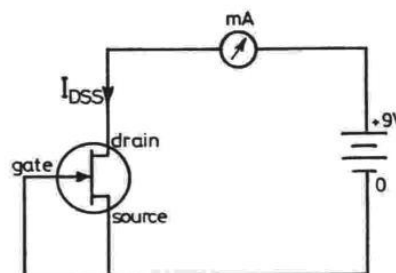
Field effekt transistoren BF 245 findes i A, B og C-typer, men det er kun A-typen, der kan anvendes i opstillingen.

Mange andre FET-typer kan anvendes.

Betingelserne er:

1. Det skal være en N-kanal, og
2. I_{DSS} må højst være 8 mA.

Man kan måle I_{DSS} for en ukendt FET i denne opstilling, hvor instrumentet direkte vil vise I_{DSS} .



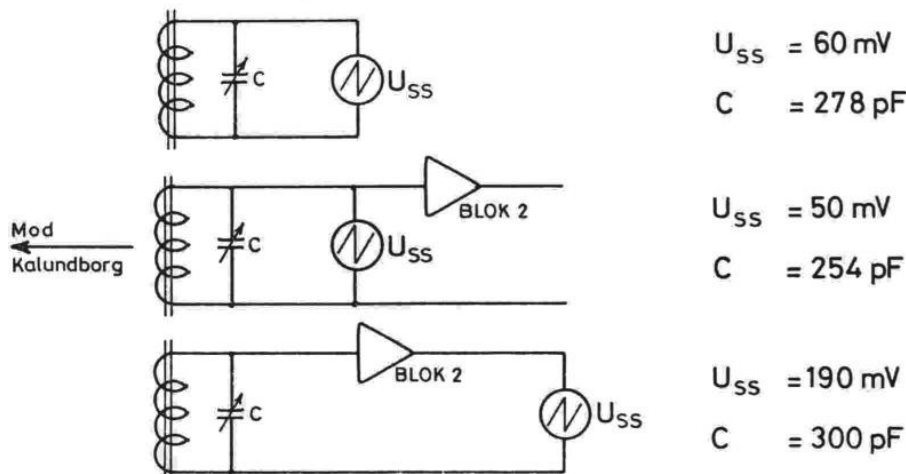
I forstærkertrinnet ligger gaten DC-mæssigt på nul (gennem den meget lille resistans i spolen), mens source er hævet ca. 1 volt over nul (spændingsfaldet over sourcemodstanden). Gaten ligger altså på ca. -1 V i forhold til source, og dette er en livsbetingelse for N-kanal FET'en: Gate må aldrig blive positiv i forhold til source.

Brug prøveledninger med minikrokodillenæb til at forbinde svingningskredsen med forstærkeren, - o iøvrigt til at forbinde alle blokkene i radioen med.

Når skopet flyttes fra udgang blok 1 til udgang blok 2, vil det være nødvendigt at justere på drejekondensatoren. Skopets kapacitans indgår jo som en del af svingningskredsens kapacitans.

Vi har målt følgende typiske værdier:

SPOLE: 100 Vdg. ~ 1.3 mH

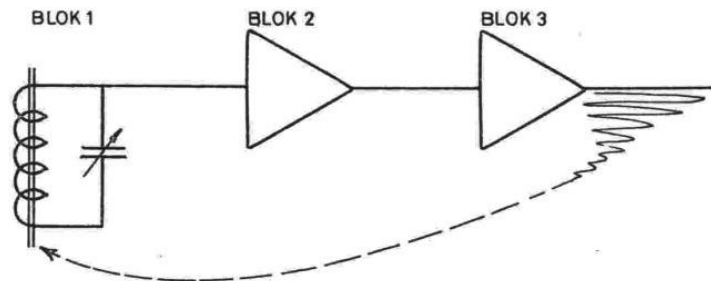


RM 3

VI BYGGER ET FORSTÆRKERTRIN TIL

Dette forstærkertrin er velkendt, og der kan kun opstå et enkelt problem ved dets tilkobling nemlig, at det hele går i sving! Dette viser sig ved, at udgangssignalet fra blok 3 har en forvrænget kurveform næsten uden det karakteristiske modulationsbillede, der blev set tidligere. Amplituden er omkring 9 V, dvs. forstærkeren kører mellem ON og OFF. Vi har taget højde for én af de mulige årsager til problemer, nemlig tilbagekobling via +-ledningen: Når blok 2 og 3 sammenkobles, bør det viste RC-afkoblingsfilter (1 k Ω , 100 μ F) anbringes permanent, f.eks. på blok 2-sømbrættet.

For iøvrigt at kurere dette selvsving er det vigtigt, at man forstår, hvordan det kan opstå:



Forstærkningen i blok 3 er ca. 10 gange, dvs. signalniveauet bliver af størrelsesordenen volt. Der er derfor mulighed for en relativt kraftig udstråling fra blok 3's udgang. Når noget af det udstrålede signal samles op af spolen, har vi netop den "tilbagekobling", der gør, at systemet kan gå i sving.

Udgangen af blok 3 er altså meget "varm", og rører man ved den, eller forbinder ledninger til den (f.eks. til skopet), svarer det til, at man sætter en antenne på. Udstrålingen forøges, og dermed også risikoen for selvsving.

Det er klart, at man først og fremmest må prøve at fjerne blok 1 og 2 så langt som muligt fra udgangen på blok 3. Derfor er det også en dårlig idé at bygge blok 2 og 3 på samme sømbræt. Lad være med at fortvivle, selv om det ser håbløst ud. Indtil nu er det altid lykkedes at få radioen til at spille!

Der er flere ting, man kan prøve i kampen mod selvsvinget: Sæt jord på radioen (ledning til vand/gashane eller radiator), og prøv, om det virker bedst på blok 1, 2 eller 3 - det burde være ligegyldigt, men er det ikke altid i praksis. Forbind en kondensator (100 μ F) tværs over batteriet. Prøv at slutte batteriets nul-ledning til blokkene et andet sted. Prøv at lægge ledningerne mellem blokkene på en anden måde. Fjern alle ledninger og andre genstande, der kunne tænkes at gøre det lettere for signalerne at finde vej fra blok 3 til blok 1.

RM 4

VI BYGGER EN DETEKTOR

Her kan man bruge stort set hvilken som helst germanium-signal-diode (en "DUG" - se teknisk appendix TA 5), f.eks. AA 119.

Når detektoren tilsluttes, belaster den blok 3-forstærkeren, hvorved signalerne her formindskes. Dette nedsætter igen risikoen for selvsving.

Signalerne på detektorens udgang er rene LF-signaler, der kan høres på en hovedtelefon (højohms).

Bemærk iøvrigt, at det ofte er muligt at høre signalerne, selvom de ikke har været gennem detektoren. Dette kan skyldes usymmetri i signalet (forårsaget f.eks. af "skæv" belastning), eller anden ulinearitet.

Blok 1-4 er i virkeligheden et "gammeldags" krystalapparat, blot forsynet med to trins højfrekvensforstærkning.

Bor man i nærheden af en mellembølgesender, kan man også eksperimentere med et "rent" krystalapparat: Indret svingningskredsen, så den passer til mellembølge (dvs. ca. 600 kHz - 1.6 MHz). Sæt detektoren (uden de 22 k Ω) direkte på svingningskredsen, og lyt. Men husk, at signalniveauet skal op omkring 400 mV, før dioden fungerer efter hensigten. Det kan her være nødvendigt at eksperimentere med tilslutning af en ydre trådanterne, for at få mere signal ind (se under RM 8A).

Hvis man ikke har en hovedtelefon, går man blot videre til RM 5).

RM 5

VI FÅR RADIOEN TIL AT SPILLE MED HØJTTALERSTYRKE

Man kan direkte tilslutte UF 1 og anvende 10 k Ω potentiometeret som styrkekontrol. I så fald kan man fjerne 10 k Ω modstanden i detektoren og derved få større lydstyrke.

Risikoen for signaltilbagekobling via + og nul-ledningerne er nu stor. Udgangsforstærkeren trækker ret stor strøm i takt med lyden, og de tilhørende spændingsvariationer (der kan indeholde rester af HF-svingningerne) kan forplante sig tilbage til blok 1.

Det må derfor tilrådes, at man fra starten kører blok 2 og 3 på samme batteri, men lader udgangsforstærkeren få sit eget sæt. Når radioen fungerer, kan man forsøge, om det går med kun ét sæt batterier.

Radioen er meget følsom overfor støj. Lysstofrør, motorer og - især - triacregulatorer kan give anledning til en kraftig, snærende støj i radioen. På skopet ses denne støj som en række "spidser" oven i signalet med 50 eller 100 Hz frekvens, dvs. med 20 ms eller 10 ms afstand på skærmen.

Det er i enkelte tilfælde set, at skopet selv har givet anledning til støj af denne art, der således forsvinder, når skopet slukkes.

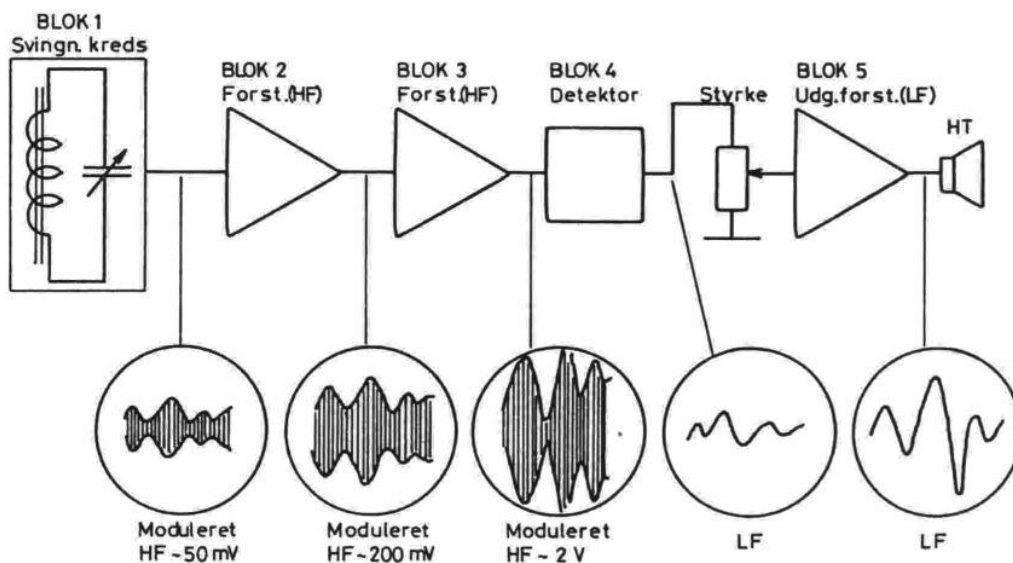
RM 6

VI TEGNER ET BLOKDIAGRAM AF RADIOEN

I denne opgave er det meningen, at eleverne skal skabe sig et rimeligt overblik over, hvad de har gjort og set.

Mens den færdige radio står og spiller, er der en særdeles velegnet lejlighed til at følge signalet med et skop fra blok til blok gennem hele systemet. Det er netop den fremgangsmåde, man vil vælge, når man skal skabe sig et overblik over et system og - ikke mindst - når man skal finde fejl i det.

Blokdiagrammet kan tegnes på utallige måder - med flere eller færre detaljer. Een mulighed er følgende:



De viste signalformer er kun grove skitser. Således vil man på skopet ofte bemærke, at signalet på udgangen af blok 3 er "skævt" (amplituden i signalets positive halvdel er mindre end i den negative halvdel). Dette skyldes, at detektoren belaster den positive halvperiode mere end den negative. Man kan også sige, at detektoren har mindre impedans overfor positive end overfor negative signaler.

RM 7

VI OPTAGER LYDEN PÅ BÅND

Opgaven kan udvides til at spørge eleverne, om de kan finde ud af at anbringe en optage/afspille-omskifter i radioen.

Hvis eleverne medbringer deres egen båndoptager, bør de også medbringe de tekniske specifikationer således, at man i fællesskab kan finde ud af gennem hvilke bøsninger, stik o.l. man kan "tale" med båndoptageren, og hvor store signaler, den kræver/afgiver. Se iøvrigt teknisk appendix TA 3 hvor vi bl.a. gennemgår et eksempel på løsning af denne slags problemer i praksis.

I de tilfælde, hvor man ikke kan skaffe sig båndoptagerens specifikationer, må man prøve sig frem:

Anbring stik uden beskyttelseskappe i båndoptagerens fatninger sådan, at det er muligt at få fat i de enkelte ben med et minikrokodillenæb. Med skopet er det nu nemt at finde de ben, hvor signalerne kommer ud ved afspilning.

Indspillebenene kan man finde frem til ved f.eks. at berøre de forskellige ben med en skruetrækker, hvor man samtidig holder på metallet. Det "brum", der opsamles og sendes ind i båndoptageren, vil få udstyringsindikatoren til at slå ud, når man rører ved det "rigtige" ben. Denne metode er iøvrigt også god til at undersøge, om der er "liv" i en udgangsforstærker.

RM 8A

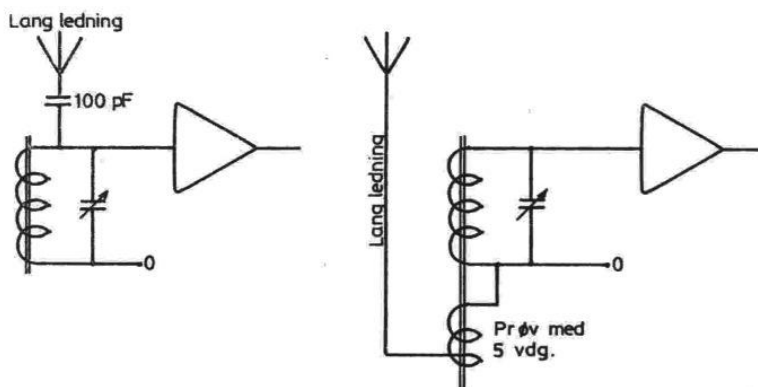
VI MODTAGER FLERE STATIONER

(Elevblade side L 109)

Afkobling af source- eller emittermodstand forøger trinnets forstærkning. Når man afkobler emittermodstanden i blok 3, bliver forstærkningen så stor, at radioen får meget let ved at gå i sving. Prøv at kurere det ved de metoder, der er omtalt tidligere. Samtidig kan signalerne fra en kraftig sender blive så store, at forstærkeren overstyres. Drej ferritstaven, så indgangssignalet bliver mindre.

Husk, at fjerne langbølgestationer og mellembølgestationer modtages bedre om aftenen/natten end om dagen.

Endelig kan man eksperimentere med tilslutning af en trådantenne. Prøv eventuelt følgende muligheder som udgangspunkt for eksperimenter:



Hvis det ikke er muligt at få radioen stabil med emitterafkoblingen i blok 3, kan man forsøge at få flere stationer hjem alene ved at tilføje en ydre antenne.

Det, denne opgave (incl. elevtekst) indtil nu er gået ud på, er at fremskaffe et større signal, for derved at kunne modtage fjernere og svagere stationer.

Man kan imidlertid udvide - eller evt. ændre - opgaven til at dreje sig om modtagelse af andre frekvensområder end LB, hvor den lave ende af MB-båndet (der indeholder flere - især tyske - "musikstationer") er en god mulighed.

Der bliver her tale om eksperimenter med antallet af vindinger på spolen, og med ændring af afstemningskapacitansen (ved tilføjelse af "faste" serie- eller parallelkondensatorer), hvortil de "faglige bemærkninger" i RM 1 kan være nyttige.

Forstærkningen i blok 2 og 3 falder ved højere frekvenser, og man skal ikke forvente at kunne komme meget højere i frekvens end MB-båndet.

Iøvrigt er det netop eksperimenter af denne karakter, eleverne kommer ud for, hvis man lader dem arbejde med "musikradioen" i RM 12A.

RM 8A

VI MODTAGER FLERE STATIONER

Find en kraftig station på radioen.

Prøv at aflodde 100 nF kondensatoren i blok 2.

Hvad sker der?

Lod den på igen.

Denne kondensator kaldes en afkoblingskondensator, - den afkobler 1 k Ω -modstanden.

Hvad vil du regne med, der sker, hvis du også afkobler emittermodstanden på 1 k Ω i blok 3?

Prøv!

Hvor mange af disse stationer kan din radio modtage?

Donebach (Vesttyskland)	151 kHz
Allouis (Frankrig)	164 kHz
Moskva	173 kHz
Oranienburg (Østtyskland)	185 kHz
Motala (Sverige)	191 kHz
Drotwich (England)	200 kHz
Oslo	218 kHz
Warszawa	227 kHz
Luxemburg (samme frekvens som Leningrad)	236 kHz
Kalundborg	245 kHz
Burg (Radio Moskva fra Østtyskland)	263 kHz

RM 9A

VI MALER SENDERENS FREKVENNS

(Elevblade side L 113-114)

Det kan undertiden på grund af sproget være vanskeligt at afgøre hvilken station, man modtager. Man kan da måle frekvensen af bærebølgen, og sammenligne med tabellen side L 109, eller med en mere udførlig frekvenstabel. (F.eks. udsender ugebladet "Se og hør" en sådan tabel i forbindelse med radio- og TV programmerne).

Måling af senderens frekvens kan foretages på flere måder:

1. Man kan finde den samme station på en modtager, der er forsynet med en kalibreret stationskala.

Hvis en sådan modtager er til rådighed, kan man iøvrigt altid bestemme den frekvens, elevradioen er indstillet til - selv om der ingen station er - nemlig ved at lade den gå i sving, og så modtage svingningerne på den kalibrerede modtager.

2. Frekvensen kan måles på oscilloskopet, og
3. Frekvensen kan måles på en frekvenstæller.

Punkt 1. er problemfri - og forekommer iøvrigt ret uinteressant for den, der "vil selv". Samtidig er kalibreringsnøjagtigheden for en almindelig radio sædvanligvis ret ringe.

Punkt 2. er en direkte og enkel metode til frekvensmåling, bortset fra følgende: Hvis man har et billigt elevoscilloskop (f.eks. Impo's generatorskop), kan man risikere en kalibreringsfejl på op til 50% i X-afbøjningen, hvilket gør forsøg på en ordentlig måling meningsløs. Yderligere har eleverne i almindelighed meget svært ved at opfatte sammenhængen og omregningen mellem aflæst tid og frekvens.

Vi har derfor valgt at gøre mest ud af punkt 3.

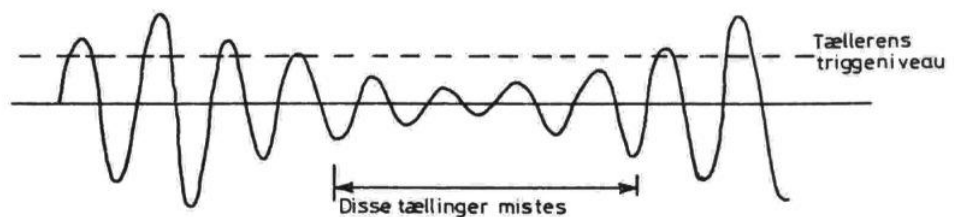
De tekniske problemer er ret store, hvis målingerne skal være helt perfekte. Den kompromisløsning, vi har valgt, er ikke perfekt, men den er enkel, og den har den fordel, at den fejl, den kan give anledning til, kan få eleven til at fatte lidt mere af, hvad amplitudemodulation er.

Det er denne løsning - med anvendelse af køkkenbordstøtteren - der beskrives i elevbladene og i det følgende.

Problemet ved at anvende en frekvenstæller her er, at tælleren skal bruge så store signaler - dvs. systemet skal have så stor forstærkning, at risikoen for selvsving bliver meget stor. Hvis man forbinder udgangen af blok 3 med det nye forstærkertrin via et par meter (skærmet) ledning, dvs. fjerner det nye forstærkertrin tilstrækkeligt langt fra svingningskredsen, kan det lade sig gøre. Signalerne til tælleren skal nu være kraftigt overstyrede svingninger, der går mellem nul og +5 V. (NB: Hvis man foretrækker at køre det nye forstærkertrin på 9 V, kan det uden videre gøres. De 5 V er kun valgt, fordi man så kan tage driftspændingen fra strømkilden til den hjemmelavede tæller).

Hvis eleverne vil tælle over 10 s, skal der bruges 7 tællermoduler (+ start-stop-gate) med 7490-kredsen, og med 7493 skal der bruges 22 bits, dvs. 6 moduler. Indsætter man et timingmodul med $t = 1$ s, kræves 6 moduler med 7490, og tæller man i kun 0.01, er 4 moduler nok.

Under kraftig modulation vil tælleren registrere færre end det korrekte antal impulser (som fra Kalundborg er 245.000 pr. sekund). Årsagen hertil er, at når der moduleres næsten 100%, er bærebølgen så lille, at selv ikke det nye forstærkertrin kan forstærke den op til en størrelse, der passer tælleren:



Den nøjagtige måling af frekvensen får man derfor i modulationspauser eller ved at foretage målingen, når der tales sagte eller spilles med sordin!

Samtidig er det klart, at hvis man tæller over 10 s, er chancen for, at der pludselig kommer et slag på stortrommen, større end hvis man lader timing-modulet klare målingen på 0.01 s.

Tælleren kan altså i værste fald "miste" nogle tællinger, men prøver man kun at måle, mens radioen ikke siger ret meget, og yderligere foretager målingen flere gange, får man gode resultater.

Til sidst skal vi gøre opmærksom på, at man under diskussionen af senderfrekvensen og dens eventuelle markering på en stationskala, kan komme ind på skopets indflydelse på svingningskredsens resonansfrekvens:

Abring skopet over FET-forstærkerens indgang, og find en kraftig station.

Flyt derefter skopet til FET-forstærkerens udgang uden at røre ved drejekondensatoren.

Nu er signalet næsten væk, fordi vi jo har fjernet skopets kapacitans (30-50 pF) fra svingningskredsen, dvs. bragt kredsen ud af resonans.

Ved at lodde en kondensator på 30-50 pF over indgangen (dvs. parallelt med drejekondensatoren), kommer signalet frem igen, hvilket vi også kunne opnå ved at skyde 30-50 pF mere ind i kredsen ved hjælp af drejekondensatoren.

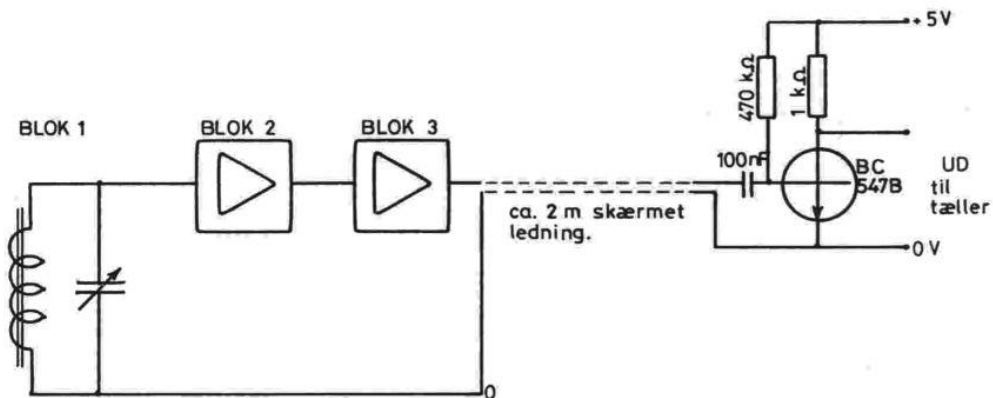
RM 9A

VI MÅLER SENDERENS FREKVENNS

Find en kraftig station på radioen, og mål bølgebølgens frekvens på oscilloskopet:

Stationens navn:	
Stationens frekvens:	kHz

Frekvensen kan måles mere nøjagtigt på en frekvenstæller. Prøv at gøre følgende:



Det nye forstærkertrin skal bruges for at gøre signalerne så store, at de passer til tælleren.

For at forhindre radioen i at gå i selvsving, skal det nye forstærkertrin fjernes nogle meter fra blok 1, 2 og 3.

Hvad er stationens frekvens, målt på frekvenstælleren?

Stationens frekvens er:	kHz
-------------------------	-----

Prøv at måle frekvensen af andre stationer.

Prøv at lave en stationsskala, både med stationens navn, og med dens frekvens.

På nogle radioer står der både stationens navn, dens frekvens og dens bølgelængde.

Her er sammenhængen mellem frekvens og bølgelængde:

Frekvens i kHz	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1MHz	1100	1200
Bølgelængde i meter	3000	1500	1000	750	600	500	429	375	333	300	273	250

Matematisk kan vi skrive sammenhængen:

$$\text{Frekvens målt i Hz} \cdot \text{Bølgelængde målt i meter} = 3 \cdot 10^8$$

Hvor stor er Kalundborgsenderens bølgelængde?

Bølgelængden =	meter
----------------	-------

RM 10A

VI UNDERSØGER FORSTÆRKERNE

(Elevblade side L 116)

Denne opgave er tænkt som inspiration for nysgerrige og interesserede elever.

Eleverne bringes til at reflektere over hvorfor vi egentlig har bygget radioen som vi har, og gennem de første ledende spørgsmål sættes en eksperimentel virksomhed i gang, der går på: "Kunne man ikke også gøre sådan ..."?

Vi kan give svar på de konkret stillede spørgsmål, men ikke på de - forhåbentlig - mange andre, som eleverne selv stiller. Vi opfordrer læreren til at være så åben som muligt, og forsøge - sammen med eleverne - at skabe et "undersøgende", kreativt miljø, hvor man i fællesskab forsøger at finde ud af tingene.

Prøver man at sætte svingningskredsen direkte på blok 3, ser man, at den belastes alt for hårdt. Signalerne kan ikke blive nær så store, og stationen "fylder" mere på drejekondensatoren (kredsens Q er blevet stærkt nedsat).

I kraft af sin meget større indgangsimpedans belaster FET-forstærkeren ikke svingningskredsen nær så meget, og stationen er langt "skarpere".

Derimod passer FET-forstærkerens udgangsimpedans godt til forforstærkerens indgangsimpedans.

Hvorfor skal signalerne overhovedet forstærkes? Se bemærkningerne til RM 4 side L 103.

Modstanden på $1\text{ k}\Omega$ udgør sammen med $100\text{ }\mu\text{F}$ kondensatoren et RC-lavpasfilter, der skal forhindre, at signaler forplanter sig fra senere trin i radioen tilbage til indgangen. Dette er et af midlerne mod ustabilitet.

Undertiden vil radioen spille lige godt om filteret er med eller ej, men vi har for en sikkerheds skyld valgt at sætte det ind fra starten, - det er en billig ekstrasingring.

RM 10A

VI UNDERSØGER FORSTÆRKERNE

Hvorfor skal 1. forstærkertrin være der? Det forstærker jo ikke signalet ret meget. Kunne man ikke udelade det, og slutte svingningskredsen til indgangen på det andet forstærkertrin?

Hvorfor skal signalet overhovedet forstærkes? Kunne man ikke slutte svingningskredsen direkte til detektoren?

Hvorfor er der anbragt en modstand på $1\text{ k}\Omega$ i + ledningen mellem de to forstærkertrin, og hvorfor sidder der en kondensator på $100\ \mu\text{F}$ fra plus til nul.

Lav nogle eksperimenter, der kan give dig svar på disse spørgsmål (og på andre spørgsmål, som du måske selv kommer i tanke om).

Fortæl, hvad du gør, og hvad du finder ud af:

RM 11A

VI UNDERSØGER DETEKTOREN

(Elevblade side L 118-120)

Der er kun få bemærkninger til denne opgave:

Udover at studere én af blokkene i radioen nærmere, ønsker vi her at lade eleverne erfare funktionen af komponenten "en diode". Vi har nemlig her en af de få situationer, hvor diodens funktion er særdeles tydelig, og hvor det derfor er velmotiveret at behandle den som komponent.

Iøvrigt gælder de samme bemærkninger som i indledningen til lærerblad til RM 10A.

Kondensatoren på 10 nF i detektorens udgang skal være netop så stor (have så stor kapacitans), at den virker som kortslutning for den højfrekvente bærebølge, og samtidig skal den være så tilpas lille, at den ikke kortslutter lavfrekvenssignalet, der jo gerne skulle videre til udgangsforstærkeren.

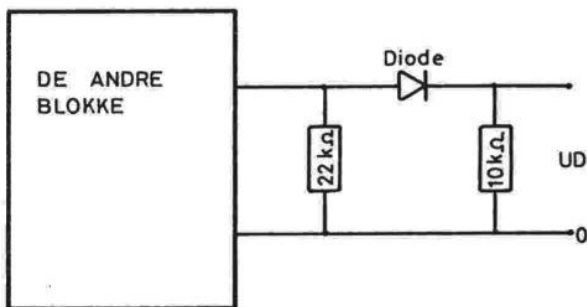
Jo større kapacitans denne kondensator får, jo mere af LF-signalet forsvinder gennem den - og de højeste frekvenser forsvinder først, dvs. tonen bliver mørkere.

Eleven får her mulighed for yderligere at supplere sin viden om kondensatoren med endnu en erfaring, og iagttagelserne kan sættes i direkte relation til de resultater, eleven eventuelt har opnået i opgave SF 8D.

RM 11A

VI UNDERSØGER DETEKTOREN

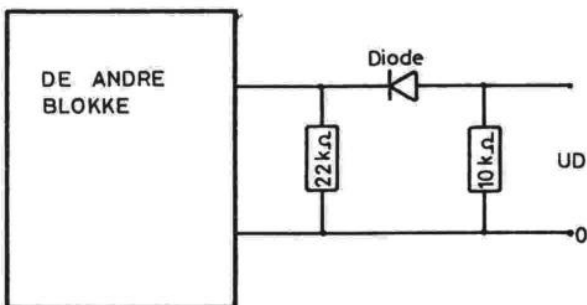
Du skal nu fjerne udgangsforstærkeren, og aflodde 10 nF kondensatoren fra detektoren. Anbring igen 10 k Ω modstanden over udgangen sådan:



Tegn signalet her.

Find en kraftig station, og tegn en skitse af hvordan signalet ser ud på detektorens udgang på et oscilloskop.

Vend dioden om, så den kommer til at sidde sådan:



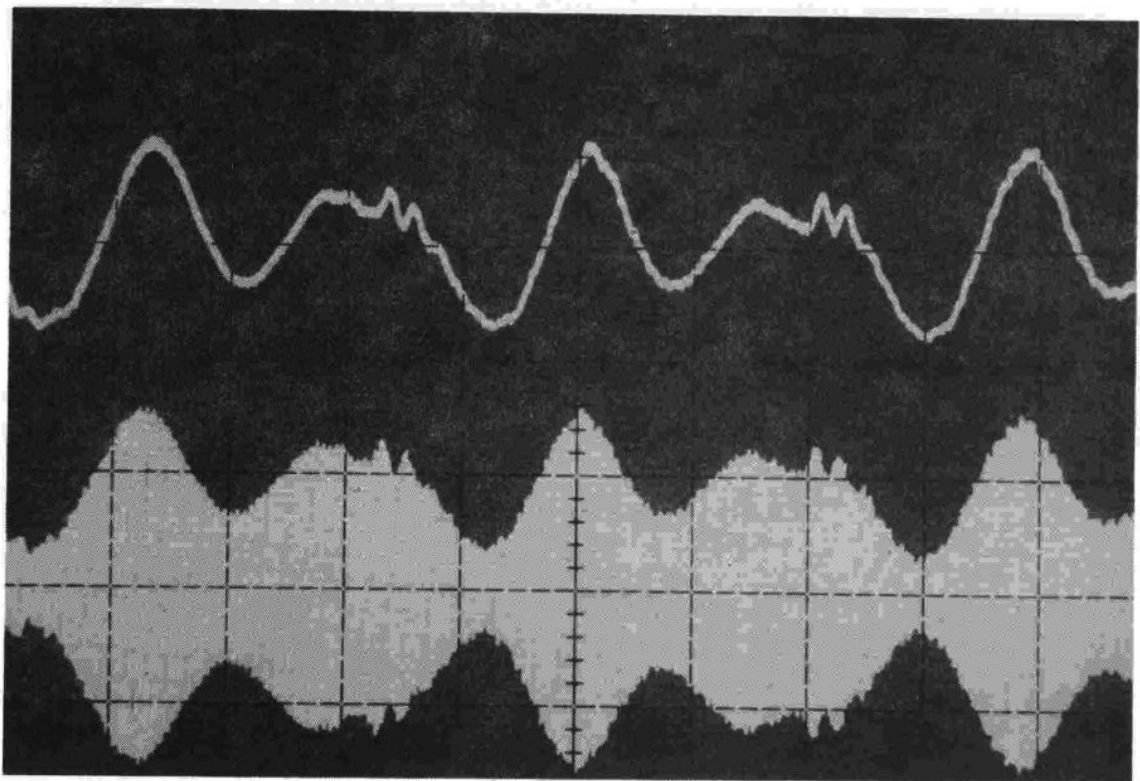
Tegn signalet her.

Tegn en skitse af, hvordan signalet på udgangen nu ser ud.

Spiller det nogen rolle for den lyd, der til sidst kommer ud af højttaleren, om dioden vender den ene eller den anden vej?

Prøv:

Figuren er et fotografi fra et 2-stråle oscilloskop, der viser signalet på 1. forstærkertrins udgang (nederst), samtidig med signalet på detektorens udgang. Da billedet blev taget, lod vi strålen løbe med en fart af 1 millisekund pr. cm hen over skærmen. De enkelte svingninger i bærebølgen ligger derfor så tæt, at de ikke kan skelnes fra hinanden.



Derimod kan man tydeligt se, hvordan meddelelsen (talen) fra senderen er lagt ind som ændringer i bærebølgens højde - eller *amplitude*.

Når man ændrer bærebølgen i takt med en meddelelse, kalder man det at *modulere*. Her er der altså tale om *amplitudemodulation* - forkortet AM.

Detektorens funktion i radioen er at skille meddelelsen ud fra bærebølgen, eller i fagsproget: at *demodulere* signalet.

Det første skridt hertil er at fjerne den ene halvdel af signalet. Det var dét, du så dioden gøre.

Den anden halvdel af signalet - den, der kommer frem til detektorens udgang - indeholder imidlertid stadigvæk noget af bærebølgen. Dette bør også fjernes, for at vi kan få et godt signal ud af højttaleren.

Hvilken komponent i detektoren sørger for, at resten af bærebølgen bliver fjernet?

Vi har foreslået, at der skulle anbringes 10 nF over detektorens udgang. Find en kraftig station at lytte til, og prøv så, i stedet for de 10 nF, at indsætte andre kapacitanser.

Fortæl, hvilken virkning det har:

RM 12A

VI BYGGER EN MUSIKRADIO PÅ PRINT

(Elevblade side L 124-126)

Den radio, eleverne indtil nu har eksperimenteret med, er ret yde-
dygtig, men er stort set kun velegnet som "eksperimentalradio".
Den er vanskelig at få stabil på et print, der indeholder alle
blokkene, hvilket vel nok er en betingelse, hvis det skal være en
"brugsradio".

Vi giver derfor forslag til en lidt mere raffineret modtager -
kaldet "Radio 2" - , der er rimeligt enkel og stabil, og hvor føl-
somheden er sat kraftigt op ved indførelsen af en tilbagekobling.

Det skal tilføjes, at vi ikke kan anbefale en "rigtig" superhetero-
dynmodtager som undervisningsobjekt. Teknikken i denne modtagerty-
pe er så kompliceret, at det reflektive element i undervisningen
formentlig vil forsvinde helt til fordel for ren teknik.

"Radio 2" kan naturligvis også bygges - som en slags byggesæt -
af eleverne uden, at de forstår noget af den. Vi opfordrer imidler-
tid til, at man, i så vid udstrækning som det er muligt, drøfter
den overordnede struktur og signalgang med eleverne. De fleste
vil fra det foregående have et grundlag for at mene noget fornuf-
tigt om, hvordan den virker.

Udgangen på "Radio 2" passer til indgangen på UF 1, hvis indgangs-
potentiometer bliver modtagerens styrkekontrol.

I det følgende omtaler vi nogle af detaljerne i opbygning og be-
tjening af "Radio 2":

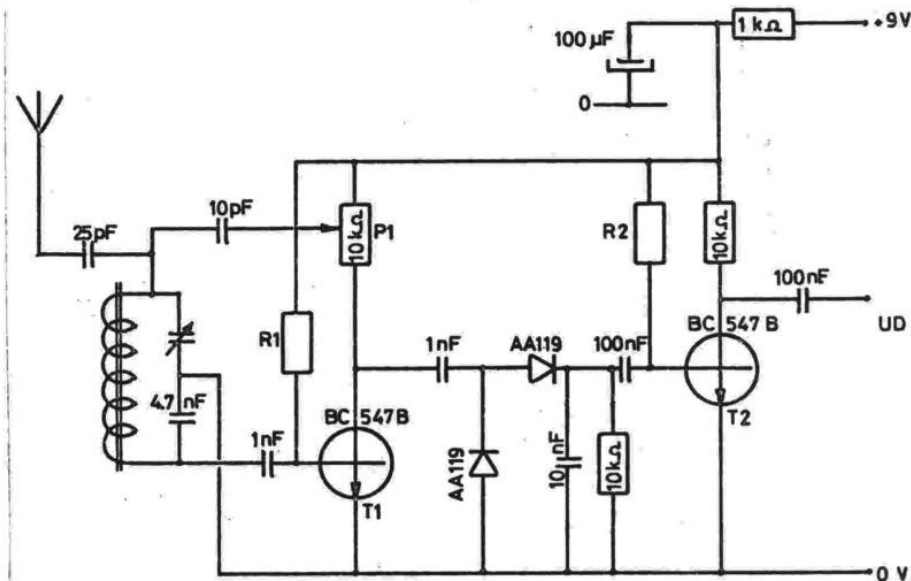
Arbejds punktet skal indstilles på begge transistorer ved, at man
tilpasser R1 og R2, indtil kollektorspændingen på begge er ca.
4 volt.

Start med at lodde $R1 = R2 = 4.7 \text{ M}\Omega$ -modstande fast på printets
bagside uden at klippe tilledningerne af. Tilslut driftspændingen
(9 V), og mål kollektorspændingen. Hvis den er for lille, skal re-
sistansen være større - og omvendt.

Denne procedure er nødvendiggjort af spredningen i transistorernes
forstærkningstal og af, at vi har villet "spare", og derfor ikke
har anvendt stabiliserede transistortrin (som f.eks. forforstær-
keren i kapitel 3), der kræver flere komponenter.

Detektoren er her forsynet med to dioder for at gøre den lidt mere effektiv.

Vi kunne have anvendt nøjagtigt den samme detektor i LB-radioen, men valgte kun at bruge én diode dér, dels for at gøre funktionen lettere gennemskuelig, og dels for at spare en diode.



Tilbagekoblingen er den væsentligste forskel mellem "Radio 2" og LB-radioen:

Svingningskredsen har fået en ekstra - fast - kondensator i serie med den variable, og fællespunktet er lagt på nul.

Herved opnår vi, at de signaler, der tages ud på 10 kΩ-potentiometeret i T1's kollektor, fasedrejes 180° før de kommer tilbage til T1's basis. Når potentiometerarmen drejes ned mod kollektoren, sendes et større signal tilbage til indgangen - og til sidst går trinet i sving. Størst følsomhed opnås, når trinet lige netop ikke svinger, og det indstilles altså med tilbagekoblingspotentiometeret P1.

Hvis trinet svinger, høres det som et kraftigt "fløjt", når man passerer en station med drejekondensatoren.

Når man skal indstille på en station, foregår det på denne måde:

Drejekondensator og tilbagekobling skal betjenes samtidig, og man drejer lidt frem og tilbage på dem begge to, indtil man hører et eller andet.

Så prøver man at "finindstille" på drejekondensatoren, og følger efter med tilbagekoblingen.

Hvis man ikke kan få noget hyleri frem, skal tilbagekoblingen "trækkes mere til", og når stationen begynder at "komme frem", slækker man på tilbagekoblingen.

Denne proces skal foretages med nogen følelse, men er let at lære, når man har prøvet nogle gange.

Vi har anbragt drejekondensator, tilbagekobling og ferritstav på printet i de markerede huller, der passer til:

Drejekondensator: HEGO, 500 pF, hvis loddeflige passer lige ud for hullerne i printet. Forbind dem med monteringsstråd, der kan fjernes igen, hvis man senere vil prøve at sætte faste kondensatorer i serie med den variable.

Potentiometer: 16 mm med printben der bukkes og derefter passer op i hullerne i loddeøerne.

Naturligvis kan enhver anden type drejekondensator (500 pF) og potentiometer (10 k Ω) bruges. Med mindre de har samme mål som de anførte, må de blot anbringes udenfor printet.

Ferritstaven er 10 cm af den samme type som anvendes i LB-radioen. Man knækker (på kontrolleret måde) en ferritstav, ved at save en ridse hele vejen rundt med en nedstryger, og derefter brække staven over en bordkant. Staven (med spole) holdes fast på printet med 10 mm plastickabelbøjler og 3 MG maskinskruer.

Vi foreslår, at man starter med 25-40 vindinger på spolen. (Find selv det vindingstal, der passer til den kraftigste, lokale P3 MB-station). Spolen skal - som tidligere - vikles på et papirrør, der kan forskydes på ferritstaven. Hvis eleven er utilfreds med de stationer, der kan modtages, må han eksperimentere med vindingstallet, ligesom han har mulighed for at justere båndbredden ved at anbringe faste kondensatorer i parallel (eller i serie) med drejekondensatoren.

Endelig med hensyn til trådanterne og jord:

Med nogle meter ledning som udvendig antenne, kan denne modtager om aftenen hente de fleste af Europas større MB-stationer hjem.

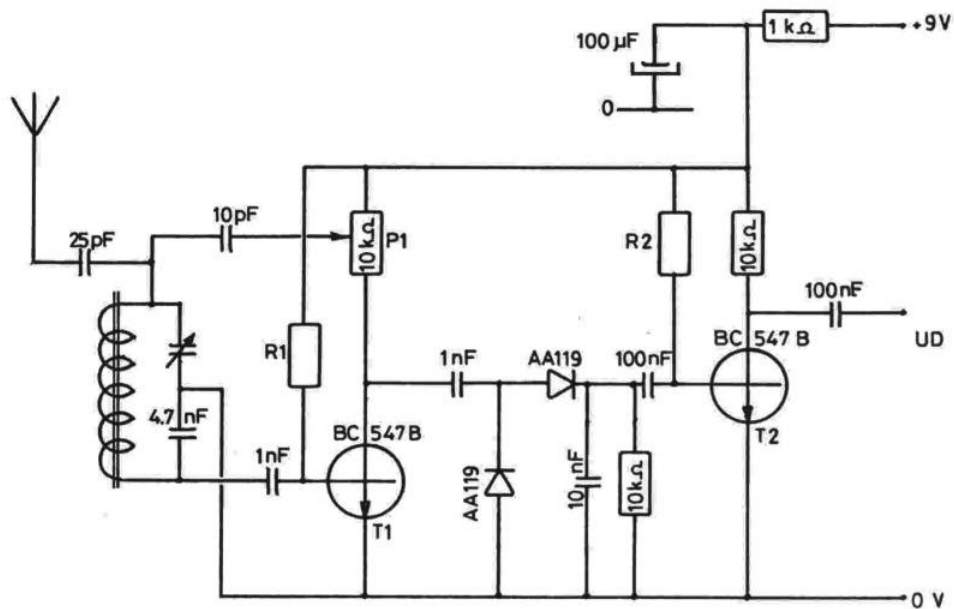
Bemærk: Jo længere antennetråd jo bedre!

Undertiden er der behov for en jordforbindelse - men hvornår det er tilfældet, er lidt ude af kontrol. Prøv f.eks. over til en radiator, og se, hvad der sker.

RM 12A

VI BYGGER EN MUSIKRADIO PÅ PRINT

Diagrammet af den radio, du nu skal bygge, ser sådan ud:



På næste side er der en tegning af et print, der passer til den.

Du skal bruge disse komponenter:

1 stk. 1 kΩ	1 stk. 10 pF
2 stk. 10 kΩ	1 stk. 25 pF
1 stk. 10 kΩ potentiometer	2 stk. 1 nF
R1 } se næste side	1 stk. 4.7 nF
R2 }	1 stk. 10 nF
2 stk. BC 547B	2 stk. 100 nF
2 stk. AA 119	1 stk. 100 μF
1 stk. ferritstav 10 cm	1 stk. drejekondensator 500 pF
Tråd til spolen	2 stk. drejeknap
2 stk. bøjler til ferritstaven	5 printspyd

Skriv her, hvad du finder frem til:

R1 =	M Ω . Kollektorspænding på T1 =	volt
R2 =	M Ω . Kollektorspænding på T2 =	volt

Nu skulle radioen være i orden.

Tilslut en forstærker, så du kan høre lyden i en højttaler.

Prøv så at dreje frem og tilbage på drejekondensatoren og potentiometeret på én gang, indtil du hører noget.

Prøv at sætte en tråd-antenne på:

Lod en isoleret ledning på 3-4 m fast på antenneindgangen på printet.

Tal med din lærer om eventuelt at sætte en rigtig lang antenne på (20-50 m ledning ud af vinduet over til et træ eller lignende).

Du kan også prøve, om det virker godt med en jordledning:

Forbind "jord" på printet med en radiator eller en vandhane.

Om aftenen - når det er mørkt - er der meget mere "liv i æteren". Det er derfor en god idé at låne radioen med hjem og prøvekøre den en aften.

NOGET OM EN LANGBØLGESENDER

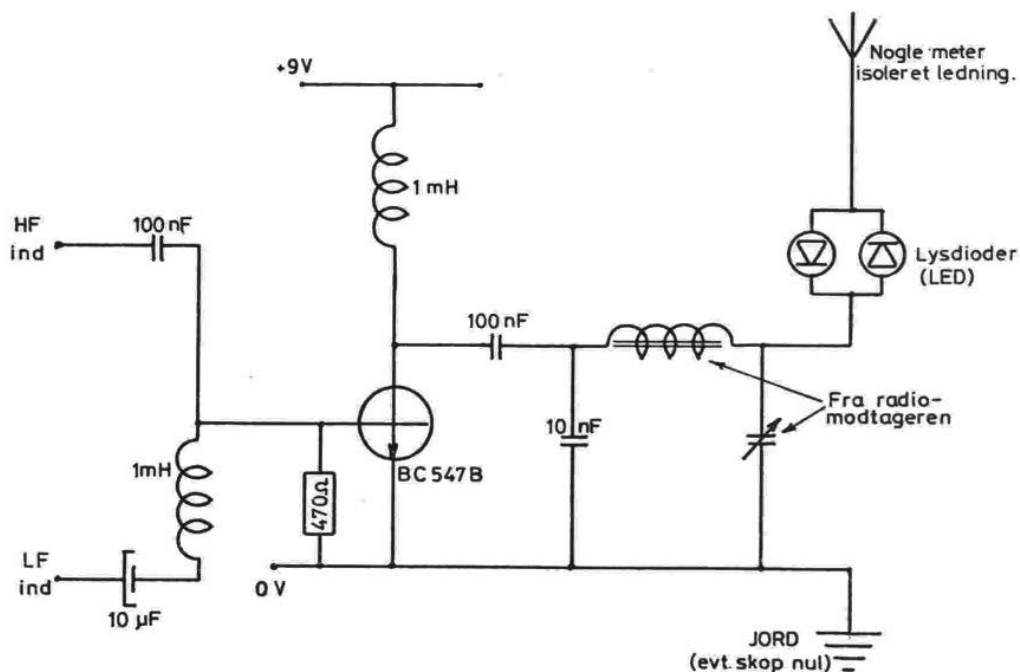
Det er tilladt at eksperimentere med senderen i undervisningsøjemed, men eleverne må ikke anvende den uden for skolen.

Vi har derfor valgt blot at give en kort beskrivelse af teknikken her i lærerteksten, og så lade læreren selv bestemme den pædagogiske opbygning, hvis han da overhovedet vil lade emnet indgå i undervisningen.

Læreren er på lovlig grund i henhold til Ministeriet for offentlige arbejders bekendtgørelse nr. 44 af 1. februar 1971: "Bekendtgørelse om støjspænding og udstråling fra højfrekvensanlæg", der i kapitel 6 §16 giver bl.a. skoler tilladelse til at anvende ikke-godkendte anlæg, forudsat, at man ikke forstyrrer andre derved.

Senderens indretning og sendereffekten er sådan, at risikoen for forstyrrelser er helt minimal.

Diagrammet af senderen ser sådan ud:



Spolen i pi-leddet ved antenneudgangen, er den samme som bruges i langbølgesenderen (dvs. på ferritstav). Det samme gælder drejekondensatoren.

De øvrige spoler (der blot skal være omkring 1-5 mH), kan være færdigkøbte HF-drosler, eller de kan vikles på en spoleform (kammerform), f.eks. Radio Parts nr. 590003, hvor alle 7 kamre vikles fulde med 0.3 mm laktråd. Induktansen bliver da ca. 2.5 mH uden - og ca. 6 mH med jernkerne.

Start af senderen:

1. Tilslut 9 V gennem et mA-meter. Der må ikke løbe nogen målelig strøm.
2. Anbring et skop over udgangen på følgende måde:
Opstillingens nul forbindes til nul på skopet.
Fra skopets signalindgang føres en ledning til antennen, og klipses uden på dennes isolation med et krokodillenæb.
3. Slut en sinusgenerator til HF-indgangen, og indstil frekvensen på omkring 250 kHz.
Skru op for amplituden.
Når indgangssignalet kommer op i nærheden af $1.5 V_{SS}$, stiger driftstrømmen. Skru op til omkring 25-40 mA.
Nu skal der være sinussvingninger at se på skopet (men måske meget små).
NB: Generatoren fra TA 4 har for høj udgangsimpedans til direkte at kunne fungere som styreoscillator her.
4. Justér frekvensen (på generatoren eller på drejekondensatoren) til resonans.
Når resonans indtræder, vil begge lysdioder lyse, og amplituden på skopet skal vokse til 15-30 volt_{SS}.
Når systemet er i resonans, justeres amplituden på sinusgeneratoren til den sinus, man ser på skopet, er pæneste mulig.
5. Nu skal senderen kunne "høres" i en LB-radiomodtager på den måde, at den "blokerer" frekvensen for andre stationer.
6. Modulation:
Tilslut en anden sinusgenerator mellem LF-ind og nul, og indstil den på 1 kHz.

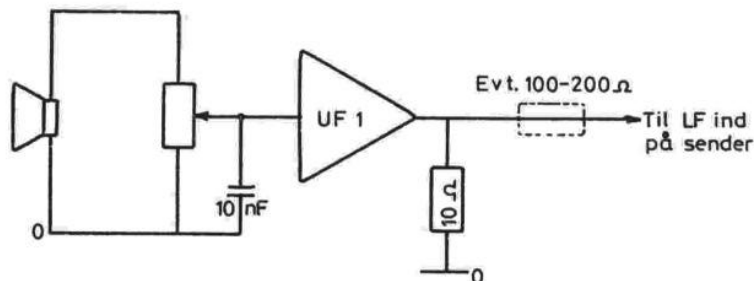
Skru op for amplituden, og justér indtil der på skopet kan ses en korrekt amplitudemoduleret svingning.

Det er set, at modulationen bliver lidt "pænere", hvis man forstemmer kredsen lidt: Drej kondensatoren en smule mod mindre kapacitans, og se på skopet, hvordan det går.

Nu skal 1 kHz-tonen kunne høres i radiomodtageren.

Til dette eksperiment er sinusgeneratoren fra TA 4 udmærket.

Herefter kan man prøve at modulere med tale:



Den "punkterede" modstand kan undertiden afhjælpe en form for ustabilitet, der - ligeledes undertiden - kan opstå. Prøv! Vær opmærksom på, at HF-amplituden ikke må være for stor, når der moduleres, idet der så kan ske klipning i modulationsspidserne - men dette ses let på skopet.

Hvis der yderligere tilsluttes en forforstærker (mellem mikrofon og UF 1), kan der moduleres dybere, og hvis lyden i modtageren forekommer for mørk, kan man eksperimentere med RC-filtre på sædvanlig måde.

Sætter man driftspændingen op til f.eks. 24 V, bliver HF-strømmen i antennen så stor, at en 6 V/50 mA pære kan lyse svagt, når den indsættes i stedet for LED'erne. Driftstrømmen vokser her til omkring 70 mA. Hvis BC 547B overbelastes så meget, at den brænder af, kan man erstatte den med f.eks. BC 140.

Til slut skal vi nævne, at hvis man blot vil demonstrere AM, kan generatoren i TA 4 let klare det (se side T 16).