

# PUNKTVIDEN 1 – 20

RADIOTEKNIK  
OZ3MM

## INDEX

PUNKTVIDEN 1	Ledningsevne m.m. – måleenheder
PUNKTVIDEN 2	Elektricitetskilder
PUNKTVIDEN 3	Elektromagnetiske felter
PUNKTVIDEN 4	Sinusformede strømme og spændinger
PUNKTVIDEN 5	Ikke-sinusformede signaler
PUNKTVIDEN 6	Modulerede signaler
PUNKTVIDEN 7	Effekt og energi
PUNKTVIDEN 8	Modstand
PUNKTVIDEN 9	Kondensatorer og deres kapacitet
PUNKTVIDEN 9B	En kondensators anvendelse til udglatning
PUNKTVIDEN 10	Spoler og deres selvinduktion
PUNKTVIDEN 11	Halvledere 1 – dioder
PUNKTVIDEN 12	Sammenkobling af modstande, kondensatorer og spoler
PUNKTVIDEN 13	Bipolære transistorer og J-FET transistorer
PUNKTVIDEN 13B	Transistorkoblinger – effektforstærkning
PUNKTVIDEN 14	Filtre
PUNKTVIDEN 15	Antenner og udbredelsesforhold
PUNKTVIDEN 16	Oscillatorer
PUNKTVIDEN 17	Foranstaltninger mod forstyrrelser

PUNKTVIDEN 18	Måleinstrumenter
PUNKTVIDEN 19	Superheterodynmodtageren
PUNKTVIDEN 20	Sendere (blandingsprincippet og multiplikatorprincippet)

Bemærkninger til materialet:

Stoffet er struktureret tematisk, så det nogenlunde følger IT- og Telestyrelsens pensumoversigt af 1.2.2004.

Det er udarbejdet i forbindelse med et undervisningsforløb, der sigtede imod elevernes erhvervelse af B-licens, men dog således, at det inddragne stof i omfang og dybde skulle gøre springet til A-licens meget kort.

Stoffet er ordnet, så et punktvidensæt, der fylder fra 1 til 4 A4-sider, kan anvendes som punktmanuskript for underviseren – det har i al fald jeg selv gjort. Men det har været min klare hensigt, at disponeringen og den sproglige formulering skulle gøre det nemt for eleverne efterfølgende at arbejde med temaet derhjemme. Størst indlæringseffekt vil opnås, hvis eleven gennemlæser/lærer temaet hurtigt efter undervisningen og dernæst ca. en uge senere.

I undervisningen er naturligvis indgået øvelser og beregninger med enkle tal. Disse er ikke medtaget i punktvidenarkene. Dem trækker underviseren ud af ærmet!  
Kursusforløbet afsluttes med intensiv opgaveløsning af afholdte prøver – helst samtlige sæt og den sidste uge før prøven ét sæt dagligt som e-mail. Den kvikke og/eller flittige elev skulle nok kunne nå målet ved selvstudium. Men det kræver selvdisciplin og udholdenhed.

Enhver er velkommen til at benytte materialet. Men skal der laves om på noget – og det skal der såmænd nok – så skal jeg nok selv gøre det. Jeg er lydhør for forslag! Altså: Brug gerne materialet, men kun til dig selv.

Venlig hilsen  
OZ3MM, Børge Holdt Madsen



**LEDNINGSEVNE m.m. – MÅLEENHEDER**

Måleenheder:

Strømstyrken I måles i ampère (A)

Elladningen Q måles i coulomb ©

Spændingen E måles i volt (V)

Modstanden R måles i ohm

Effekten P måles i watt (W)

El-energien W måles i watt-timer/sekunder (Wh) eller joule (J)

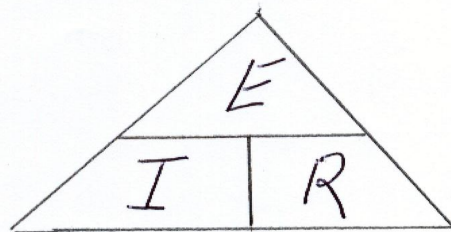
EMK (elektromotorisk kraft) er den spænding, vi kan måle over fx et batteri, når voltmetret ikke belaster batteriet, dvs. når voltmeterkredsløbet har en i teorien uendelig stor modstand.

1. **STRØM** i faste stoffer er bevægelse af ”frie” elektroner (negative) hen imod den af to poler, der er positiv. Faktuelt løber strømmen altså fra minus til plus, men efter international vedtagelse regnes strømmen altså at løbe fra plus til minus.
2. **MODSTAND**. Hvis der er forskel i spændingerne mellem to punkter i et stof, så vil der løbe en strøm af elektroner. Elektronerne løber dog ikke lige let i alle stoffer. Modstanden mod elektronstrømmen deler stofferne i
  - Ledere**, fx metaller, som har en lille modstand.
  - Isolatorer**, fx plast, keramik og luft, som har stor modstand.
  - Halvledere**, fx silicium og germanium, som ved iblanding af fx aluminium får spændende modstandsmæssige egenskaber, som udnyttes i dioder, transistorer osv.
3. **SPECIFIK MODSTAND** er et begreb, der bruges, når man skelner stoffers elektriske ledeevne fra hinanden.  
Definition: Specifik modstand er den ohmske modstand målt ved 20 gr.C i en tråd af stoffet, der er 1m lang, og som har et tværnsnitsareal på 1mm<sup>2</sup>. Fx har kobber (Cu) en specifik modstand på 0,016. En tråds modstand udregnes efter flg. formel:  

$$R = R_s \times \text{længde i m} \times \text{tværnsnitsareal i mm}^2 \text{ ved } 20 \text{ grader.}$$

$$R = R_s \times 1 \times \text{mm}^2 \text{ ved } 20 \text{ gr.}$$
4. **OHMS LOV** – Strømstyrken I i et kredsløb afhænger af to ting, nemlig modstanden R i kredsløbet og størrelsen af den EMK, der lægger spændingen E over kredsløbet. Sammenhængen mellem E, I og R er udtrykt i Ohms Lov:  

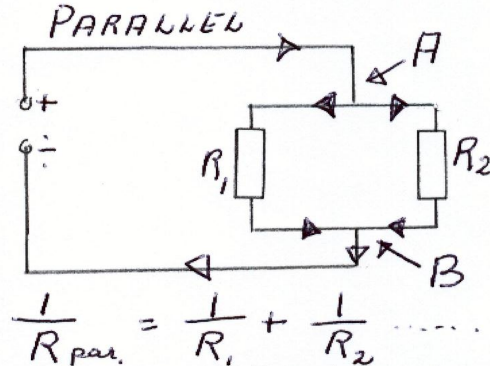
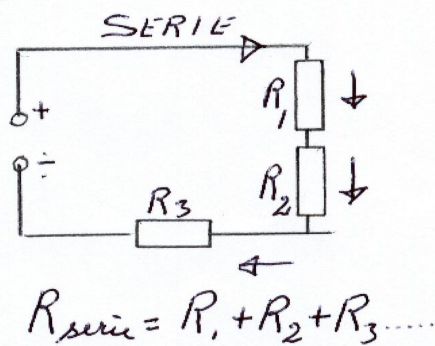
$$E = I \times R,$$
 hvor du altså bare skal kende de 2 for at udregne den 3.





## 5. SERIE- OG PARALLELKOBLEDE MODSTANDE

Modstande kombineres på mange måder, men grundkoblingerne er serie- og parallelforbindelser.



NB.: Hvis 2 parallelforbundne modstande er lige store, så bliver den resulterende modstand halv så stor (prøv selv med fx 2 modstande på 4 ohm).

## 6. KIRCHHOFFS LOVE

6A. Strømstyrkerne i de to parallelle grene er omvendt proportional med modstanden. Altså: Hvis en modstand er 4 gange så stor som en anden, så er strømmen 4 gange så lille.

Den strøm i mA, der løber ind i grenene fra pkt. A, er lig den strøm, der forlader grenene i pkt. B. (Kirchhoffs 1. lov – strømloven).

6B. Strømstyrken i de 3 modstande i serieforbindelsen er den samme, men der er et spændingsfald over hver af modstandene, der er proportional med modstandsværdierne. Dvs. stor modstand giver stort spændingsfald over modstanden, og lille modstand giver lille spændingsfald.

Summen af de 3 spændingsfald bliver 0 (= minus på batteriet) set i forhold til +spændingen.

(Kirchhoffs 2. lov – spændingsloven).

## 7. ENERGIOMSÆTNING I MODSTANDE

Når der løber en strøm igennem en modstand, så omsættes en del af el-energien til varmeenergi (termisk energi). Jo højere spænding og jo større strømstyrke og jo længere tid, desto mere varme. Dette er, hvad du betaler for, og hvad din elmåler derfor måler.

Energien måles i watttimer/sekunder (Wh) eller i Joule (J).

$$W = E \times I \times T$$

EFFEKT er et udtryk for energien pr. sekund.

$$P = E \times I$$



### ELEKTRICITETSKILDER OG DERES EGENSKABER

Spændingskilder, elektromotorisk kraft (EMK),  
indre modstand  $R_i$  og klemspænding.  
Serie- og parallelforbindelse af spændingskilder.

1. EMK er forkortelse af ElektroMotorisk Kraft.  
EMK er et udtryk for den kraft, hvormed 2 punkter med forskellig ladning tiltrækker hinanden.  
EMK måles i volt og kan defineres som den spænding, der kan måles med et voltmeter, der har så stor en modstand, at det ikke belaster (trækker strøm fra) spændingskilden.



#### 2. EL-ENERGIKILDER

- 2.1. Til stationær drift af en transceiver mv. benyttes sædvanligvis lysnettet som el-energikilde. EMK (spændingen) er på 230V. Denne vekselspænding nedtransformeres, ensrettes og filtreres til sædvanligvis ca. 12 V DC i en strømforsyning.  
El-generator og solceller er også muligheder.

2.2 Til drift af bærbar station med lav eller lavere effekt benytter man normalt batterier. Det kan være tørbatterier af alkaline-typen, der har en spænding på 1.5 V pr. celle.

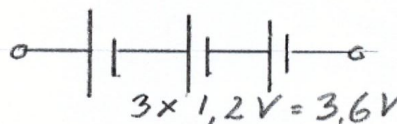
2.3 Men genopladelige batterier er af økonomiske grunde at foretrække. Nikkel Cadmium (NiCd) og NikkelMetalHybrid (NiMH) er almindelige. De har begge en spænding på 1,2V pr. celle. En celles kapacitet er påtrykt: 2Ah betyder, at der kan trækkes 2A i 1 time eller 1A i 2 timer osv.  
Genoplades med 10% af kapaciteten i 1,3 gange afladetiden.

Til det store forbrug anvendes normalt blyakkumulatorer (typisk autobatterier). Et sådant batteri har et EMK (klemspænding) på 2V/celle. Det skal holdes opladet kontinuerligt.

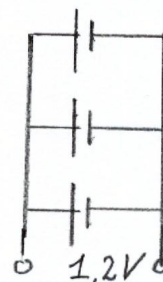
#### 3. SERIE- OG PARALLELFORBINDELSE AF SPÆNDINGSKILDER

Battericeller forbindes i serie, hvis man ønsker større spænding:

3 x 1,2V i serie giver 3,6V klemspænding  
6 x 2V i serie giver 12V klemspænding

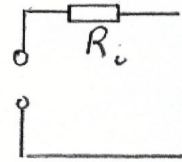


Jo større cellernes "plader" er rent fysisk, desto større kapacitet får et batteri. Ved at parallelforbinde cellerne opnår man derfor at kunne trække større strømstyrke.



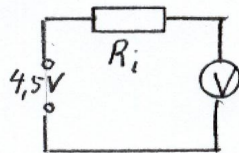
#### 4. INDRE MODSTAND

En spændingskilde vil altid have en indre modstand ( $R_i$ ). Du kan inde i dit hoved tænke dig den som en modstandsfri spændingskilde i serie med en modstand  $R_i$ .



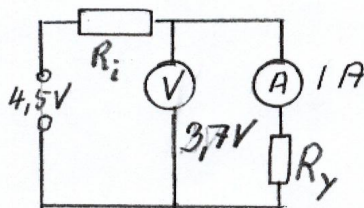
Når en spændingskilde belastes, dvs. afgiver strøm, så ændrer klemspændingen sig – helst meget lidt!!! Hvordan hænger det nu sammen?

##### BATTERI A



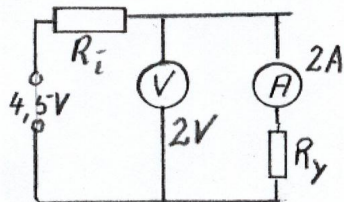
1. Voltmeteret har en meget stor modstand. Derfor løber der en meget lille strøm gennem  $R_i$ .
2. Derfor forbliver klemspændingen på 4,5V

##### BATTERI B



1. I dette kredsløb belastes batteriet med  $R_y$ , hvorigennem der løber en strøm på 1A. Voltmeteret måler nu 3,7V over  $R_y$ .
  2. Spændingsfaldet over  $R_i$ :  $4,5 - 3,7V = 0,8V$
  3.  $R_i = 0,8 / 1 = 0,8 \text{ ohm}$  (Ohms lov)
- Da  $R_i$  er så lille, falder klemspændingen kun med 0,8V.

##### BATTERI C



1. I dette kredsløb viser voltmeteret 2V over  $R_y$  og et ampèremeter 2A gennem  $R_y$ .
  2. Spændingsfaldet over  $R_i = 4,5 - 2V = 2,5V$
  3.  $R_i = 2,5 / 2 = 1,25 \text{ ohm}$  (Ohms lov)
- Da  $R_i$  er stor, falder klemspændingen med hele 2,5V.

**KONKLUSION:** Når belastningsstrømmen stiger (fx ved skift fra modtagning til sending), så falder klemspændingen på grund af strømforsynings indre modstand  $R_i$ . Håndholdte transceivers batterispænding og dermed output kan derfor falde drastisk. De såkaldte "belt-packs" er gode til at holde spændingen stabil, fordi cellerne i disse er ret store og  $R_i$  derfor tilsvarende mindre.

**HUSK:** En spændingsstabil strømforsyning er af afgørende betydning for driften af en transceiver. Når der er 12V klemspænding ved modtagning, så skal der helst også være 12V, når du sender.



## ELEKTROMAGNETISKE FELTER

Radiobølger som elektromagnetiske bølger

Udbredeshastigheden og dennes relation til frekvens (f) og bølgelængde (lambda)

Polarisation

### 1. FELTER

- a. Elektriske svingninger ud ad en antenne danner et elektrisk felt omkring antennen.
- b. Det elektriske felt danner et magnetisk felt, der atter danner et elektrisk felt, der atter danner osv.
- c. Det elektriske felt og det magnetiske felt står vinkelret på hinanden (90 grader).  
**De udgør tilsammen et elektromagnetisk felt, som forplanter sig ud i rummet.**

### 2. RADIOBØLGERNES UDBREDELSESHASTIGHED

Det elektromagnetiske felt udbredes i det lufttomme rum med en hastighed af 300 000 km i sekundet (i atmosfæren lidt mindre).

### 3. FORHOLDET MELLEM HASTIGHED c, FREKVENSEN f OG BØLGELÆNGDEN lambda

Radiobølgernes hastighed i sekunder er lig med produktet af bølgelængden (lambda) i meter og frekvensen (f) i herz eller sagt i en formel:

$$C = \text{lambda} \times f$$

Med et resultat i MHz fås ligningen

$$\text{Lambda i meter } m = 300 / f \text{ MHz}$$

Altså: Dividér 300 med frekvensen i MHz, så får du bølgelængden i meter.

Eller: Dividér 300 med bølgelængden i meter, så får du frekvensen i MHz.

### 4. POLARISATION

Den elektromagnetiske radiobølge består som nævnt ovenfor af en elektrisk komponent og en magnetisk komponent. De to komponenter står vinkelret på hinanden (90 grader).

Radiobølgerne er polariseret ligesom den elektriske komponent.

## SINUSFORMEDE STRØMME OG SPÆNDINGER

### SINUSFORMEDE SIGNALER

Den grafiske fremstilling som funktion af tiden

Amplitude ( $E_{max}$ ), øjebliksværdi ( $E_t$ ), effektiv værdi ( $E_{eff}$ ) og middelværdi ( $E_{mean}$ )

Periode og periodetal

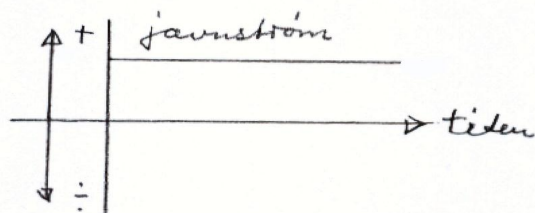
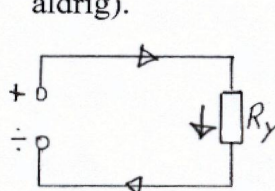
Frekvens

Enheden hertz (Hz)

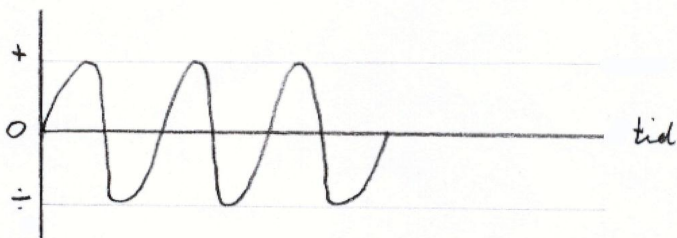
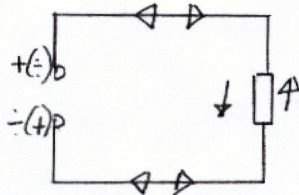
Faseforskel

### 1. SINUSFORMEDE SPÆNDINGER OG STRØMME

- a. Jævnstrøm er benævnelsen på en strøm, hvor elektronerne hele tiden løber i samme retning gennem et kredsløb (DC = direct current).  
Dette skyldes, at spændingskilden hele tiden har samme polaritet (+ og – skifter aldrig).



- b. Vekselstrøm er benævnelsen på en strøm, hvor elektronerne periodevis skifter retning gennem kredsløbet (AC = alternating current).  
Dette skyldes, at spændingskilden periodevis skifter polaritet (+ og – skifter periodevis).

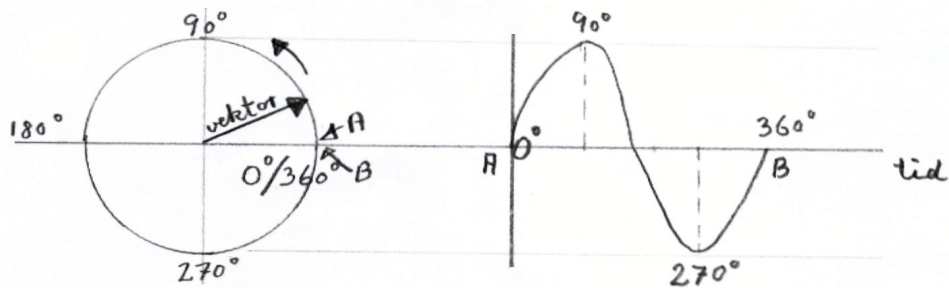


### 2. SINUSKURVENS DANNELSE

Forestil dig vinklen  $v$ 's venstre ben bevæge sig i pilens retning fra  $0^\circ$  tilbage til sit udgangspunkt –  $360^\circ$ .

Sinuskurven til højre for cirklen følger vinkelbenet *gradtal*, hvorved der tegnes en strømperiode (= svingning) med 0 strøm ved  $0^\circ$  og  $360^\circ$  og maks.strøm (amplitude) ved  $90^\circ$  og  $270^\circ$ . **En sinusformet vekselstrøm opdeles altså i grader fra  $0^\circ$  til  $360^\circ$ .**





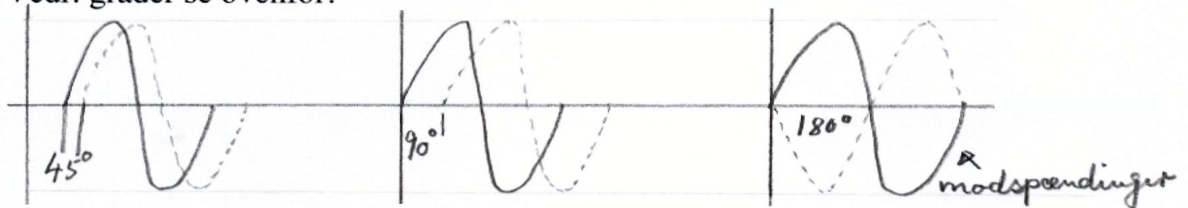
- Den viste kurve udgør en periode (= svingning)
- Tiden fra A til B er periodetiden
- Antallet af perioder (= svingninger) pr. sekund kaldes frekvensen
- Frekvensen måles i hertz (Hz, kHz, MHz og GHz)

Ex: Lysnettets generatorer genererer 50 perioder pr. sekund. Frekvensen er altså 50 Hz og 1 periode varer 1/50 sekund.

### 3. FASEFORSKEL

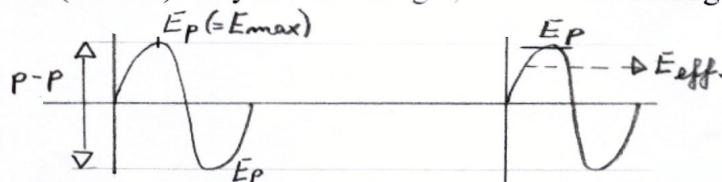
Når en vekselstrøm passerer komponenter og trin kommer den ud på den anden side med en forsinkelse. Når man så sammenligner de to vekselstrømme på et oscilloskop, ser det ud, som om de er startet på forskellige tidspunkter. Forskellen i tid måles dog ikke i fx millisekunder, men i grader. Vi kalder det faseforskellen.

Vedr. grader se ovenfor!



### 4. EN SINUSSPÆNDINGS (SINUSSTRØMS) VÆRDIER

- Effektivværdien ( $E_{eff}/I_{eff}$ ) er den værdi af en vekselstrøm, der afsætter samme effekt i varme, som samme værdi af en jævnstrøm gør.
- Maksimalværdien ( $E_{max}$ ) er spidsværdien (peak) af vekselstrømmen (kaldes sædvanligvis for amplituden).
- Øjebliksværdien ( $E_t$ ) er værdien på et givet tidspunkt.
- Middelværdien ( $E_{mean}$ ) benyttes ikke meget, men fx ved analogmeterkredsløb.



#### LIGNINGER FOR SAMMENHÆNG MELLEML VÆRDIERNE

$$I_{eff}(E_{eff}) = 0,707 \times I_{max}(E_{max})$$

$$I_{max}(E_{max}) = 1,41 \times I_{eff}(E_{max})$$

$$I_{mean}(E_{mean}) = 0,6366 \times I_{max}(E_{max})$$

BEREGN  $E_{max}$ , for lysnettets EMK (230 V)

IKKE - SINUSFORMEDE SIGNALER

Lavfrekvenssignaler

Firkantsignaler

Den grafiske fremstilling som funktion af tiden

Jævnspændingskomponenter, grundfrekvens og harmoniske heraf

### 1. LAVFREKVENSSIGNALER

a. Det vigtige taleområde udgøres af frekvenser fra 300 Hz til 3000 Hz.

b. Det lavfrekvente frekvensspektrum opdeles således:

VLF (very low frequencies)      10 Hz til 30 kHz

LF (low frequencies)              30 kHz til 300 kHz

#### TALEOMRÅDETS

LAVFREKVENTE BØLGEFORMER er næsten altid IKKE- sinusformede.

a. Tale er et sammensurium af lavfrekvente svingninger med forskellige amplituder og forskellige frekvenser.

Fx taler kvinder og børn på højere frekvenser (en oktav) end mænd. Også styrken varierer hele tiden. Der er forskel på lydhøjden i en stillekupé og i en børnehave, ikke? Så talefrekvensspektret kan fx se sådan ud:



TALE  
(300 Hz - 3 kHz)

b. FIRKANTSIGNALER bruges i digital elektronik, fordi stigningstiden er så kort, at der enten er 0 strøm eller også er der maks. strøm. Sådan ser en firkantbølge ud:



### 2. EN GRAFISK AFBILDNING (GRAF) er en god hjælp til at få et overblik over 2

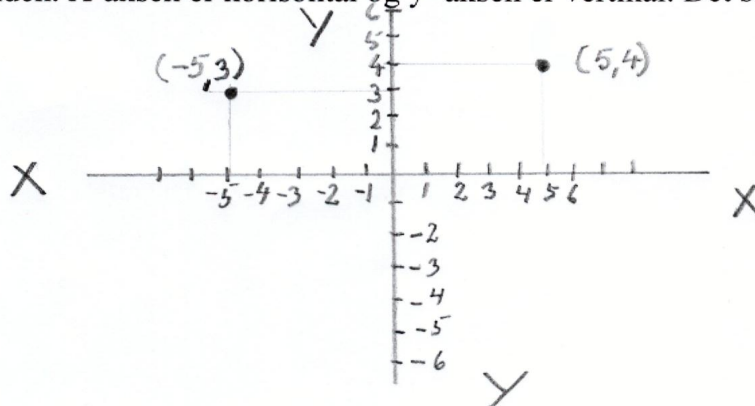
sæt tal, der hænger sammen. Fx tal for

a. en strøm og tilsvarende spænding eller

b. 2 spændinger og ikke mindst

c. 2 sæt, at hvilke det ene sæt er tiden.

En graf tegnes ind i et koordinatsystem. Det består af 2 akser, der står vinkelret på hinanden. X-aksen er horisontal og y-aksen er vertikal. Det ser sådan ud:





Ethvert punkt inde i koordinatsystemet kan bestemmes ved x-værdien – komma – y-værdien, fx 5,4 (se ovenfor).

**ØVELSE:**

a. Indsæt nu følgende tal for spænding og strøm i koordinatsystemet:

2 V – 1,0 A

3 V – 1,5 A

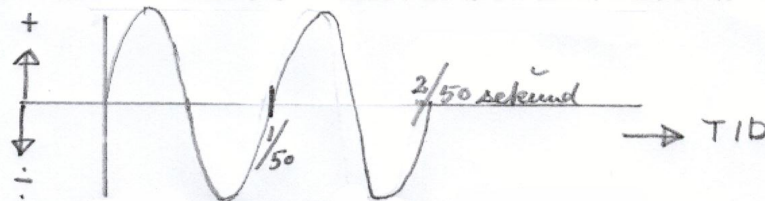
4 V – 2,0 A

5 V – 2,5 A

b. Forbind punkterne til en kurve, og du har lavet en **GRAFISK FREMSTILLING**.

c. Prøv nu at sætte et mærke et tilfældigt sted på kurven. Hvad er dette steds koordinater?

**3. VIGTIGT OM TID OG FREKVENNS I VEKSELSTRØMME**



- a. En vekselstrømsgenerator genererer 50 svingninger pr. sekund. Frekvensen er altså 50 Hz.
- b. 1 svingning genereres altså på 1/50 sekund.

**FORMLEN**, der viser sammenhængen mellem TID (t) OG FREKVENNS (f) er

$$f = 1/t \quad \text{eller} \quad t = 1/f$$

ØVELSE: Du vil have et antal firkantsvingninger, der i alt varer 0,001 sekund. Spørgsmål: Hvilken frekvens skal din firkantgenerator så generere? Brug formelen ovenfor ( $f = 1/t$ ).

**4. GRUNDFREKVENNS OG HARMONISKE HERAF**

a. Grundfrekvensen er det signal, som signalkilden (oscillatoren) genererer.

b. Harmoniske signaler er multipla af grundfrekvensen. Fx

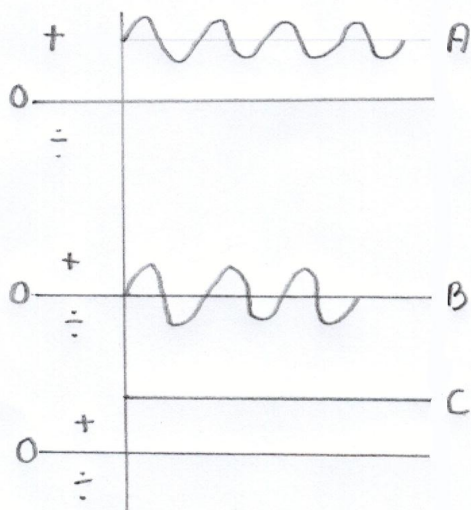
Grundfrekvens 50 Hz

2. harmoniske  $2 \times 50$  100 Hz

3. harmoniske  $3 \times 50$  150 Hz

Spørgsmål: Hvad er 3. harmoniske af 144 MHz?

### PULSERENDE JÆVNSTRØM ER TO TING



A. Den afbildede strøm er en jævnstrøm i den forstand, at strømmen hele tiden løber i samme retning. Men det ses også, at strømmens amplitude varierer, så set på den måde er strømmen en vekselstrøm.

B. På tegning B er vekselstrømskomponenten udskilt.

C. På tegning C er jævnstrømskomponenten udskilt.

Konklusion I: En pulserende jævnstrøm (DC) er en kombineret vekselstrøm-jævnstrømsform.

Konklusion II: Strømmen i A kalder vi en pulserende jævnstrøm (PDC)

Konklusion III: Strømmen i C er en udglattet pulserende jævnstrøm. Den kalder vi bare jævnstrøm (DC)



## PUNKTVIDEN – B-LICENSPRØVEN - 6

(Udleveres efter lektionen til brug ved hjemmeforberedelse) – OZ3MM

### MODULEREDE SIGNALER

Amplitudemodulation (AM)

Fasemodulation (PM), frekvensmodulation (FM) og enkeltsidebåndsmodulation (ESB)

Frekvenssving og modulationsindeks

$$M = f/f_{\text{mod}}$$

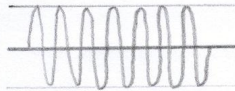
Bærebølge, sidebånd og båndbredde

Signalform

### 1. MODULATION

a. Senderen genererer en højfrekvent bærebølge, men for at kunne udsende kommunikation, så skal bærebølgen påtrykkes det lavfrekvente talesignal.

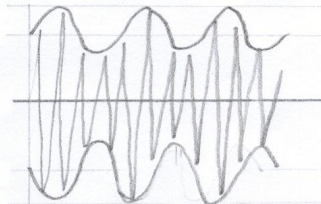
Bærebølgen har konstant amplitude og konstant frekvens.



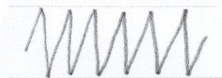
Du kan modulere bærebølgen på 2 måder:

1. ved at variere amplituden i takt med modulationssignalet (talen). Det kaldes amplitudemodulation (AM).
2. ved at variere frekvensen i takt med modulationssignalet (talen). Det kaldes frekvensmodulation (FM).  
(En variant af FM er fasemodulation (PM)).

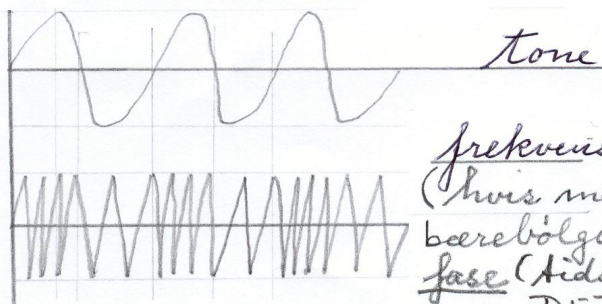
1. Herunder vises en bærebølge, der er amplitudemoduleret med en enkelt tone:



2. Herunder vises en bærebølge, der er frekvensmoduleret med en tone. Bærebølgens frekvens forøges og formindskes i takt med tonefrekvensens amplitude og polaritet:



*unmoduleret bærebølge*



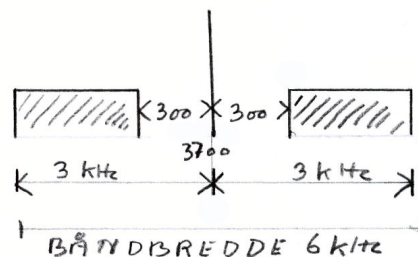
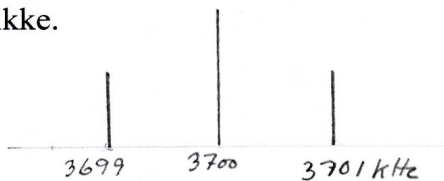
*frekvensmod. bærebølge (FM)  
(hvis man i stedet for at ændre bærebølgens frekvens, ændrer den fase (tidsmæssige position), så får man DET SAMME SPEKTRUM, men kalder det PM (fasemodulation))*

## 2. SIDEBÅND OG BÅNDBREDDE (AM)

1. Ved AM- modulation bevares bærebølgen, med der opstår 2 nye højfrekvente signaler – én på hver side af bærebølgen.

Hvis en bærebølge på fx 3700 kHz moduleres med en tone på 1 kHz, så er den øvre frekvens på 3701 kHz og den nedre frekvens på 3699 kHz. Og de to sidefrekvenser ligger i en afstand fra bærebølgen på 1 kHz.

De to sidefrekvenser indeholder begge tonen 1 kHz, men bærebølgen i midten gør det ikke.



## 3. ENKELTSIDEBÅNDSMODULATION (ESB)

Da de to sidebånd er fuldstændig ens, så er det unødvendigt at sende mere end det ene. Det gør man så!

Bærebølgen har jo ingen signalværdi, så den lader man bare forsvinde i senderens balancerede modulator. Modtageren skal imidlertid bruge bærebølgen. Men så genereres den bare der.

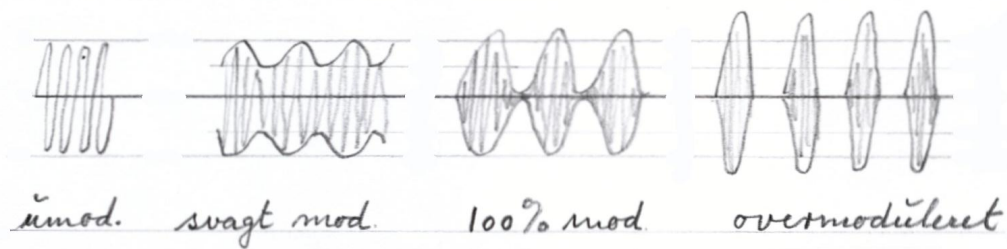
Fra senderen udsendes altså ved ESB ikke bærebølgen og kun det ene sidebånd. Det nedre sidebånd udsendes på 7 MHz-båndet og ned, og det øvre sidebånd benyttes over 7 MHz.

## 4. MODULATIONSGRAD (AM)

Hvis du modulerer for kraftigt (overmodulerer), så forvrænges dit udsendte signal, og du giver anledning til forstyrrelser – så det gør du altså ikke!!

Herunder ser du forskellige modulationsgrader:





Modulationsgraden beregnes efter formlen

$$M = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}$$

M må aldrig komme over 1 – dvs. 100 %

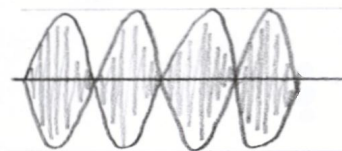
## 5. MODULATIONSKONTROL VED AM

Ved hjælp af en sinusformet tone og et oscilloskop fås et billede, der viser  $E_{\min}$  og  $E_{\max}$ . Du måler på skærmens raster størrelsen af de to spændinger og udregner modulationsgraden efter formlen  $m = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}$  (se punkt 4). HUSK: Højest  $m = 1$  (dvs. 100 %)

## 6. MODULATIONSKONTROL VED ESB

Ved hjælp af en 2-tonegenerator og et oscilloskop fås et billede på skærmen, der ligner det herunder:

Toppene må ikke være flade, for så overmoduleres der.



Krydsene skal være skarpe, ellers er der dårlig undertrykkelse af bærebølgen og det uønskede sidebånd.

## 7. FREKVENSSVING (FM)

Ved FM bringer talefrekvensen bærebølgen til at svinge til begge sider. Det kaldes frekvenssvinget ( $\Delta F$ ).

Frekvenssvinget skal tillige med talefrekvensen holdes nede.

De to ting skal holdes nede for at begrænse båndbredden – dvs. undgå, at du fylder for meget på båndet.

Frekvenssving ( $\Delta F$ ) og talefrekvens ( $f_{\text{mod}}$ ) indgår i udtrykket MODULATIONINDEX (M) således:

$$M = \Delta F / f_{\text{mod}} \text{ (gælder både FM og PM)}$$

## 8. MODULATIONSKONTROL VED FM

Hvis der moduleres for kraftigt, så bliver frekvenssvinget  $\Delta F$  over de tilladte 5 kHz (ved 2 m). Så optræder der forvrængning.

Frekvenssvinget kan fx findes, ved at man modulerer senderen med en tone på 1 kHz og derefter lytter til stødtonen (beat'en) på en selektiv modtager. LF-tonens styrke forøges så, indtil stødtonen forsvinder. Det sker for  $m = 2,4$ . Derefter beregner du frekvenssvinget:

$$\text{Frekvenssving } \Delta F = 2,4 \times f_{\text{mod}}$$

, som altså ved 2 meter ikke må være mere end 5 kHz.

En FM-senders båndbredde (altså hvor meget den fylder på båndet) beregnes efter formlen herunder:

$$f_{\text{båndbr.}} = 2(\Delta F + 2 f_{\text{mod.max}})$$

### ØVELSE:

Beregn en FM-senders båndbredde, når  $F = 5$  kHz og højeste modulationsfrekvens er 3 kHz.

### KORT OM FM CONTRA PM

Man kan ikke ændre et signals frekvens, uden at signalets fase samtidig ændres – og omvendt! Derfor ligner FM og PM hinanden. Man kan få FM ved at fasemodulere.

### OG OM FORSKELLEN:

FM: Frekvenssvinget er proportionalt med mod's amplitude (styrke)

PM: - - - - - og frekvens.

MEN BEGGE DELE ER FM!



## PUNKTVIDEN – B-LICENSPRØVEN - 7

(Udleveres efter lektionen til brug ved hjemmeforberedelse) – OZ3MM

### EFFEKT OG ENERGI

Sinusformede signalers effekt:

$$P = i^2 \times R$$

$$P = e^2 / R$$

$$e = E_{\text{eff}}$$

$$i = I_{\text{eff}}$$

Effektforhold i forbindelse med dB- værdier:

Indgangs/udgangs-effektforhold i dB for seriekoblede forstærkere eller dæmpningsled.

Tilpasning (maks. effektoverførsel).

Forholdet mellem input- og outputeffekt samt virkningsgrad:

$$n = P_{\text{ud}} / P_{\text{ind}} \times 100 \%$$

Spidsværdi (Peak-Envelope-Power – pep)

### 1. EFFEKT

(Vedrørende sinusformede signalers effekt læs også punktviden 1.7)

**$P = E \times I$  (effektloven)**

$E = I \times R$  (Ohms lov)

Indsæt  $I \times R$  i stedet for  $E$  i effektloven:

$$P = I \times R \times I, \text{ så bliver}$$

**$P = I^2 \times R$ , som også er effektloven.**

$P = E \times I$  (effektloven)

$I = E / R$  (Ohms lov)

Indsæt  $E / R$  i stedet for  $I$  i effektloven, så fås:

**$P = E / R \times E = E^2 / R$ , som også er effektloven.**

Om effektivværdier ( $E_{\text{eff}}$  og  $I_{\text{eff}}$ ) læs punktviden 4.4

### 2. FORSTÆRKNING OG DÆMPNING

eller

**DECIBEL (dB), og hvad dB bruges til.**

Definition på bel (decibel):

En bel er logaritmen (log) til et effektforhold, fx  $P1 / P2$ , hvor

$P2$  er den effekt, som vi sammenligner med (referenceeffekt), og

$P1$  er den effekt, vi ender med efter en forstærker eller evt. et dæmpningsled.

Altså: bel = log  $P1 / P2$  eller

**dB = 10 log  $P1 / P2$** , fordi der går 10 decibel på en bel.

Tag nu din lommeregner og tryk: 10 – log – 50, så får du knap 17 dB

Forstærkeren har en forstærkning på 17 dB

## ET EKSEMPEL

Hvor mange dB forøges effekten i en forstærker med, når inputeffekten ( $P_2$ ) er 1 W, og udgangseffekten ( $P_1$ ) er 50 W???

$$\text{dB} = 10 \log 50/1 = 10 \log 50$$

Tag nu din lommeregner og tryk: 10 – log – 50, så får du knap 17dB.

Forstærkeren har en forstærkning på 17dB.

## 2B. dB, NÅR VI KUN KENDER SPÆNDINGER (E) OG STRØMME (I) – HVAD SÅ?

INTET PROBLEM!! dB-ligningen gælder stadigvæk, når vi bare lige husker varianterne af effektloven som i pkt.1. Nemlig:  $P = E^2 / R$  og  $P = I^2 \times R$ .

Under den bestemte forudsætning, at R (impedansen) er den samme igennem forstærkertrinnene, så bliver

dB- formelen:

$$\text{dB} = 20 \log E_1 / E_2 \quad \text{og} \quad \text{dB} = 20 \log I_1 / I_2$$

(Det er 20, fordi eksponenten 2 skal multipliceres med 10 før logaritmen tages).

## 2C. NYTTIG VIDEN OM dB- TAL VED EFFEKTFORDOBLING OG EFFEKTHALVERING

$P_2$	$P_1$	$P_1/P_2$	
1 W	2 W:	2	Forstærkning er $10 \log 2 = 3 \text{ dB}$
50 W	100 W	2	- = <b>3 dB</b>
500 W	1000 W	2	- = <b>3 dB</b>

Altså:

En fordobling af effekten bliver altid 3 dB.

Hver gang, du fordobler forstærkningen, adderer du bare med 3 dB.

Altså:

En halvering af effekten bliver altid – (minus) 3 dB.

Hver gang du halverer forstærkningen (= fordobler dæmpningen), så trækker du 3 dB fra.

## 2D. Herunder er der nogle nyttige effektforhold ( $P_1 / P_2$ ):

0 dB:	$P_1 / P_2 = 1$	dvs. 0 forstærkning
(-) 3 dB	- = 2	dvs. halvering / fordobling
(-) 6 dB	- = 4	svarer til en S-grad
(-) 10 dB	- = 10	
(-) 20 dB	- = $10^2 = 100$	

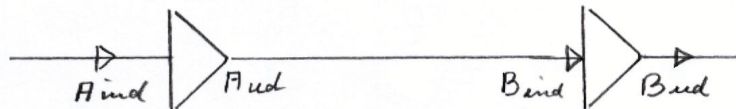
## LIDT UDVIDET VIDEN:

Forstærkning og dæmpning gennem en modtager plejer at referere til et input på 1mW ( $P_2$ ) og måles i mWm.



En antennes "effektforstærkning" (gain) refereres til ( sammenlignes med) en dipol – dBd eller til en isotropisk stråler højt oppe i den blå luft – dBi.  
Ellers benyttes almindeligvis 1 W som reference.

### 3. EFFEKTOVERFØRSEL VED TILPASNING = MAKSIMAL OVERFØRSEL AF EFFEKT)



Forstærkertrin B aftager maksimal effekt fra forstærker A, når trinnets indgangsmodstand (impedans) er lig med A's udgangsmodstand (impedans).

### 4. VIRKNINGSGRAD (= NYTTEVIRKNING)

Forholdet mellem et trins inputeffekt ( $P_2$ ) og udgangseffekt ( $P_1$ ) er et udtryk for virkningsgrad eller nytteværdi –  $P_2 / P_1$

Udtrykt i procent er **virkningsgraden  $n = P_{ind} / P_{ud} \times 100 \%$**

Eksempel:

Hvis der genereres 50 W el-effekt, og der udstråles 25 W, så er virkningsgraden:

$$25 / 50 \times 100 \% = 50 \%$$

(De andre 50 % bliver til varme, dvs. effekttab.

### 5. SPIDSVÆRDI AF EFFEKT (Peak – Envelope – Power, pep)

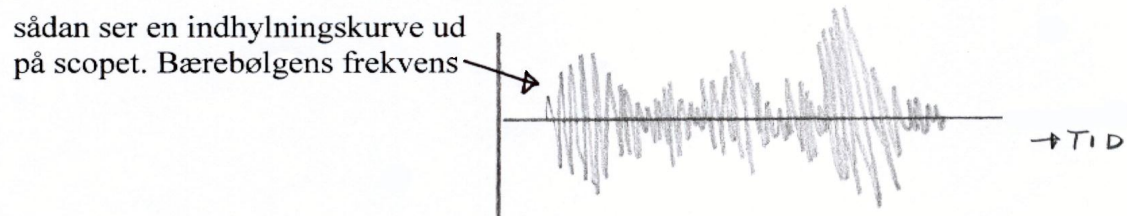
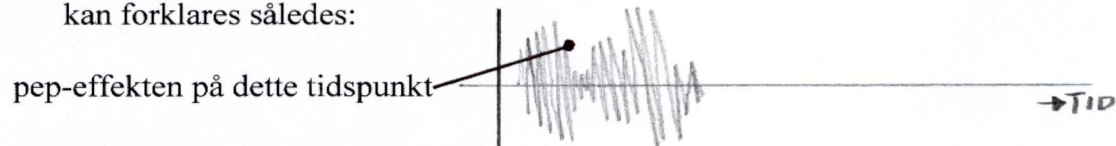
Peak betyder spids, dvs. højeste værdi.

Envelope betyder indhylning (modulationen indhyller bærebølgen).

Power betyder effekt.

(Vedrørende spidsværdier ( $E_p$  og  $I_p$ ) se Punktviden 4.4).

- a. pep-effekt er den gennemsnitlige spidseffekt af en udsendt, moduleret bærebølge og kan forklares således:



er så høj, at svingningerne kun viser sig som en tåge på skærmen. Variationen af ”tågen” skabes af talen (modulationen). I teorien er pep et gennemsnit af alle de spids-effekter, der kan blive.

- b. Det er umuligt at beregne en gennemsnitlig spidseffekt af det virvar, der er i modulationsspidsene (talen). Men lad os så sige, at vi gør det med bare en enkelt tone ( i praksis gør vi det med to toner).

Vi siger, at antennen belaster det modulerede signal med 50 ohm. Antennens spidsspænding  $E_p$  lader vi være 50 V og beregner nu den afsatte, gennemsnitlige effekt  $P$ :

$$P = E^2 / R \text{ (se pkt. 1)}$$

$$P = 50^2 / 50 = 50 \text{ W}$$

- c. Men når der er rigtig mange modulationsspændinger, så falder amplituderne sommetider sammen og giver højere spændinger. På andre tidspunkter udligner de hinanden til 0 V.

Konklusion: pep (peak-envelope-power) er altså ikke bærebølgens effekt. Heller ikke en gennemsnitlig middeffekt, men derimod en gennemsnitlig til antennen afgivet effekt ved indhylningskurvens modulationstoppe.



## PUNKTVIDEN – B-LICENSPRØVEN – 8 – OZ3MM

(Udleveres efter lektionen til brug ved hjemmeforberedelse) – OZ3MM

### 1. MODSTAND

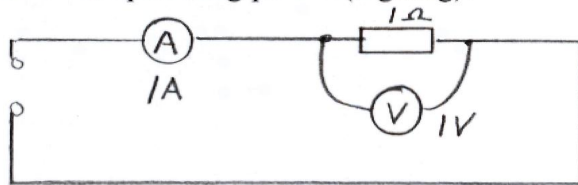
(Vedrørende LEDNINGSEVNE SKAL punktviden B 1 punkt 1 til punkt 5 læses først). JEG SKREV FØRST!!!!

### 2. MODSTANDSMÅLING (som vi plejer at gøre det)

Benyt et multimeter (= universalinstrument), som også indeholder et ohmmeter: Et batteri sender en passende strøm gennem den ukendte modstand. Universalmetrets instrument er kalibreret i flere ohmmråder.

### 3. ENHEDEN OHM:

**1 ohm** er den modstand, der tillader en strøm på 1A at løbe gennem en modstand, hvorover der er en spænding på 1V (tegning).



### 4. FARVEKODE (fra venstre)

De to første farvebånd er talværdier; den 3. farve ganger vi med (x10, x100 osv.) Den 4. farve er tolerancefarve.

sort = 0

brun = 1 (som 3. farve x10)

rød = 2 (som 3. farve x100) osv. nedefter

orange = 3

gul = 4

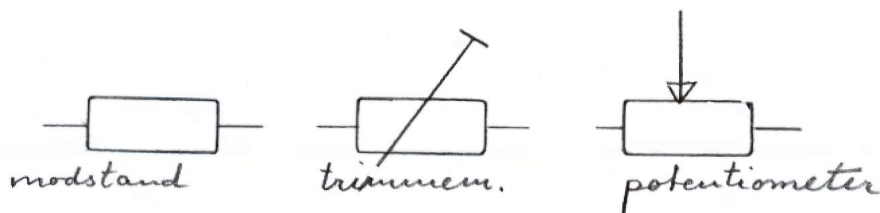
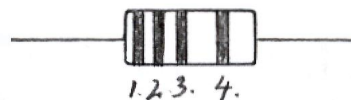
grøn = 5

blå = 6

violet = 7

grå = 8

hvid = 9



## PUNKTVIDEN – B-LICENSPRØVEN – 9

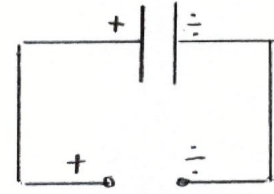
(Udleveres efter lektionen til brug ved hjemmeforberedelse) – OZ3MM

### 1. KONDENSATORER OG DERES KAPACITET ©

En kondensator er i princippet to plader med et isolationsmateriale (dielektrikon) imellem (fx luft, keramik, polystyren, tantal).

Hvis pladerne tilsluttes et batteri, så fastholdes en elektrisk ladning (Q) mellem pladerne.

Hvor stor eller hvor lille denne ladning kan være, afhænger af kondensatorens kapacitet, som igen afhænger af pladernes areal, afstanden imellem dem og af dielektrikonet.



### 2. MÅLEENHED FOR KONDENSATORERS KAPACITET ©

Kapacitet måles i farad, som dog er al for stor en enhed til vort brug (man vejer jo heller ikke kaffe af i tons, vel)? Altså ( skråstregen betyder som sædvanlig en brøkstreg):

1  $\mu$ F (mikrofarad) = 10 i minus 6. = en milliontedel af en farad = 1/ 1000 000 farad

1 nF (nanofarad) = 10 i minus 9. = 1/ 1000 000 000 farad

1 pF (picofarad) = 10 i minus 12. = 1/ 1000 000 000 000 farad

(Der går altså 1000 pF til 1 nF)

### 3. KONDENSATORER SPÆRRER FOR JÆVNSTRØM

En ekstra gang: En kondensator spærrer simpelthen for jævnstrøm.

### 4. KONDENSATORER LEDER VEKSELSTRØM

1. Ved en bestemt frekvens er spænding og strøm ligefrem proportionale, akkurat som var det en modstand. Altså, hvis spændingen over kondensatoren fordobles, så fordobles også strømstyrken.
2. En kondensators vekselstrømsmodstand kaldes kapacitiv reaktans ( $X_c$ ). Den måles i ohm.
3. Reaktansen ( $X_c$ ) bliver mindre, når frekvensen stiger – og (omvendt) bliver større, når frekvensen falder.
4. Beregning af reaktansen ( $X_c$ ) sker efter formlen

**$X_c = 1 / 2 \times 3,14 \times f \times C$  ohm (skråstreg betyder brøkstreg)**

3,14 er pi (22/7)

f = frekvensen i Hz

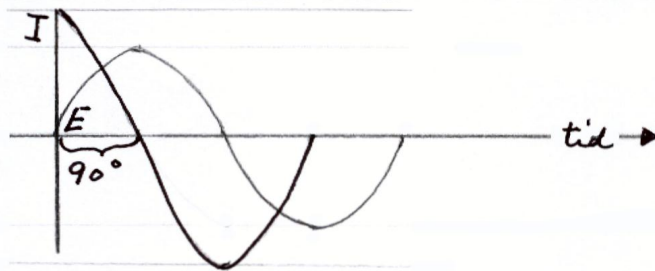
C = kapaciteten i farad

NB.: Hvis du i formlen indsætter kapaciteten C i  $\mu$ F og frekvensen i MHz, så får du reaktansen i ohm – så det gør du herefter!!!

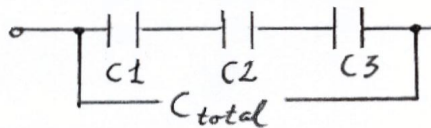
### 5. FØRST STRØMMEN – SÅ SPÆNDINGEN eller sagt på en anden måde:



**DER ER FASEFORSKEL PÅ 90° MELLEM STRØM OG SPÆNDING I EN KONDENSATOR**

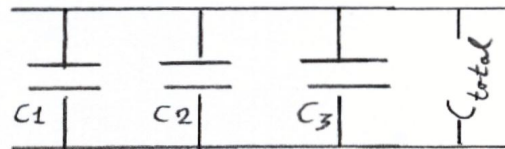


**6. KONDENSATORER I SERIE**



$C_{total} = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3 \dots\dots$  (altså som modstande i parallel)

**7. KONDENSATORER I PARALLEL**



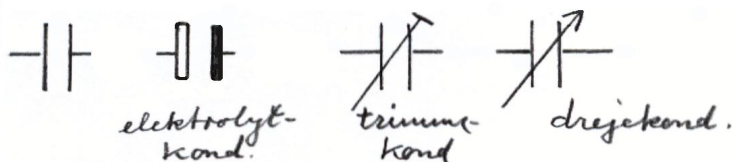
$C_{total} = C1 + C2 + C3 \dots\dots\dots$ (altså som modstande i serie)

**8. KONDENSATORTYPER**

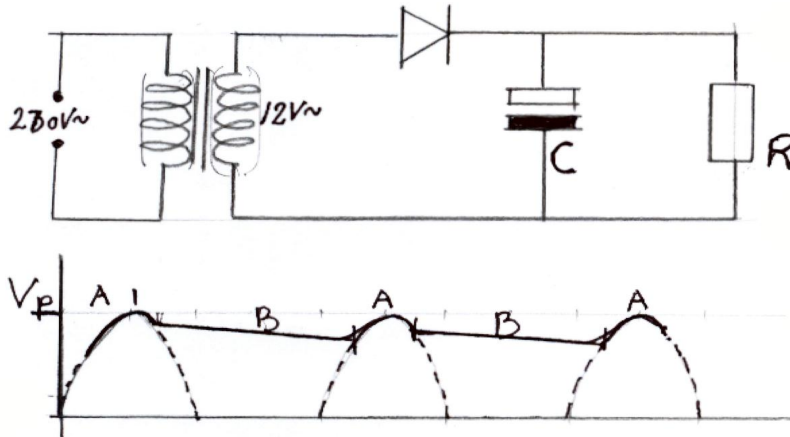
1. Faste kondensatorer: "Pladerne" udgøres af metalfolie med dielektrikum imellem.
2. Elektrolytkondensatorer (stor kapacitet) har "plader" af alufolie med et meget tyndt kemisk pastalag imellem.  
**NB.: Pas på! For store spændinger kan nedbryde dielektrikummet. Elektrolytter har påtrykt maks. spænding.**
3. Variable kondensatorer: Aluplader med - normalt - luft imellem. Det ene pladesæt er bevægeligt.
4. Trimmekondensatorer. Variable, men med små variationer af kapacitet.

**9. FARVEKODER**

Som ved modstande. 4. farve er arbejdsspænding (fx 250V = rød).  
 Vedr. ny måde at betegne størrelsen se Vejen til S. s. 129).



**9. EN KONDENSATORS ANVENDELSE TIL UDGLATNING AF PULSERENDE JÆVNSTRØM (LADEKONDENSATOR)**



1. I tidsrummet A stiger pulsspændingen til sin spidsspænding  $V_p$  og elektrolytkondensatoren C oplades til  $V_p$ .
2. I tiden B falder pulsspændingen, og C begynder at aflades gennem modstanden R.
3. Efter kort tid – afhængig af C's kapacitet og R's modstand – indtræder atter A, og elektrolytten oplades igen. Derved udglattes pulseringen noget.
4. Ved dobbeltensretning udglattes den pulserende jævnstrøm bedre.
5. Da spændingen ikke er helt glat, så vil der være brum på 50 Hz ved enkeltensretning og 100 Hz ved dobbeltensretning.



## PUNKTVIDEN – B-LICENSPRØVEN – 10

(Udleveres efter lektionen til brug ved hjemmeforberedelse) – OZ3MM

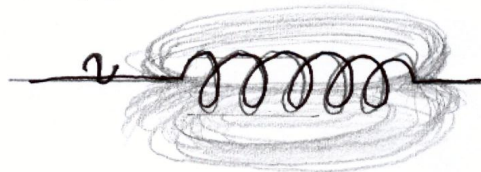
### 1. SPOLER OG SPOLERS SELVINDUKTION (L)

En spole er en oprullet ledning.

En strøm gennem en spole fremkalder et magnetfelt omkring og igennem den.

Magnetfeltet har strømmens styrke og retning. Hvis strømmen er en vekselstrøm, så varierer magnetfeltet altså.

Samtidig inducerer magnetfeltet en strøm i spolen, der til enhver tid modvirker vekselstrømmen. Denne virkning kaldes selvinduktion.



### 2. MÅLEENHED FOR SPOLERS SELVINDUKTION

Selvinduktion (L) måles i henry, som normalt er for stor en enhed. Derfor:

1mH (millihenry) = 10 i minus 3. (= en tusindedel af en henry)

1  $\mu$ H (mikrohenry) = 10 i minus 6. (= en mio.del af en henry)

### 3. SPOLERS SELVINDUKTION VED JÆVNSTRØM

HA-HA!! Der er slet ingen selvinduktion, for magnetfeltet omkring spolen ændrer sig som bekendt ikke ved jævnstrøm.

**4. SPOLERS SELVINDUKTION VED VEKSELSTRØM**, dvs. ved frekvenser af enhver størrelse (nettet, LF, HF, VHF, UHF).

1. En spoles vekselstrømsmodstand kaldes induktiv reaktans (XL). Den måles i ohm.
2. Reaktansen (XL) bliver større, når frekvensen stiger – og (omvendt) bliver mindre, når frekvensen falder. (Altså modsat kondensatoren).
3. Beregning af reaktansen (XL) sker efter formlen

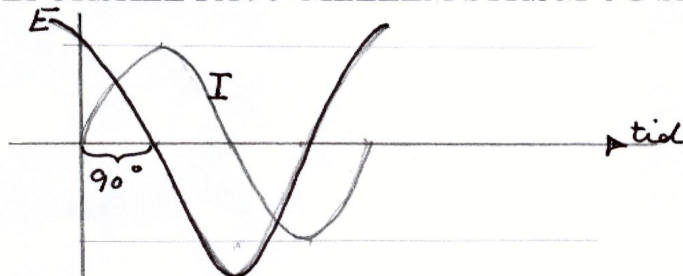
$$X_L = 2 \times 3,14 \times f \times L \text{ ohm}$$

3,14 er pi (22/7)

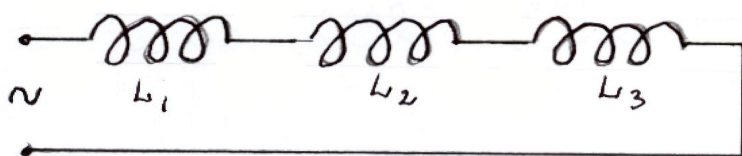
f = frekvensen i Hz

L = selvinduktionen i henry

**5. FØRST SPÆNDINGEN – SÅ STRØMMEN** eller sagt på en anden måde:  
**DER ER EN FASEFORSKEL PÅ 90° MELLEM STRØM OG SPÆNDING I EN SPOLE**

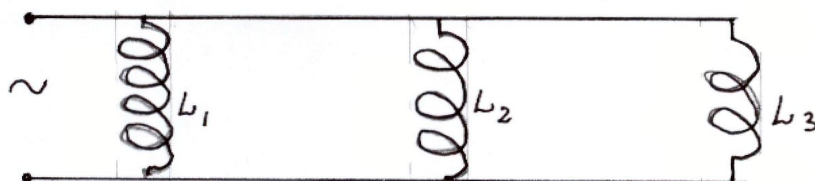


## 6. SPOLER I SERIE



$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 \dots\dots$  (altså som modstande i serie)

## 7. SPOLER I PARALLEL (tegning)



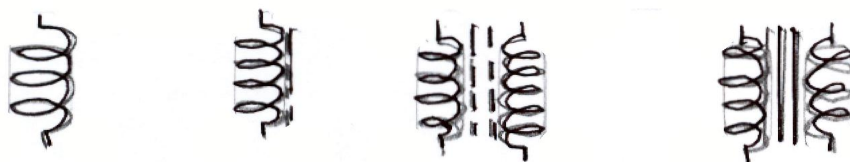
$C_{total} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \dots\dots\dots$  (altså som modstande i parallel)

## 8. SPOLETYPER

Der findes meget store spoler, der er viklet omkring fx en keramisk spoleform, eller som er selvbærende.

Mindre og små spoler til HF-formål kan være uden jernkerner eller med jernkerne af pulverpresset jern eller ferrit. Disse kan evt. skrues ud og ind i spolen for at forøge eller formindske selvinduktionen.

Transformere findes med spoler og kerner af materialer og udformet efter deres formål.

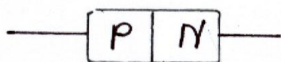




OZ3MM

**HALVLEDERE 1 - DIODER**

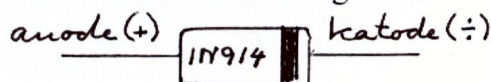
1. **DIODEN** har to poler (di betyder 2)
2. **DIODEN** er lavet af halvledermateriale (silicium eller germanium)
3. **DIODEN** er konstrueret sådan:



N er Negativ-type siliciummateriale (mange fri elektroner)

P er Positiv-type siliciummateriale (mange "huller", hvor der ellers kunne være elektroner)

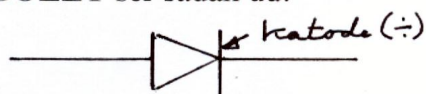
4. **DIODEN** ser sådan ud i virkeligheden:



Det sorte bånd betyder minus (katode)

Den anden ende af dioden er plus (anode)

5. **DIODESYMBOLET** ser sådan ud:



Den lodrette streg til højre er minus (katoden)

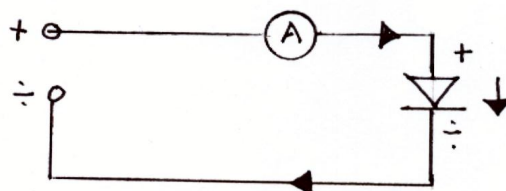
Symbolet forestiller en pil med retning i strømmens retning (lederretningen)

HELE HEMMELIGHEDEN LIGGER I DEN SUPERTYNDE OVERGANG MELLEM N-LAG OG P-LAG (det ser du i det følgende)

6. **SÅDAN VIRKER DIODEN:**

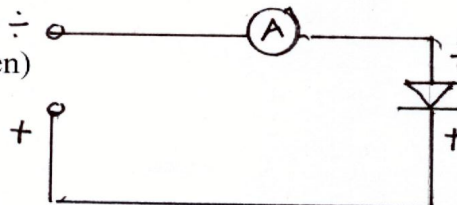
Altså: Når anoden får plusspænding, så leder dioden strøm (forspændt i lederretningen).

(Modstanden er kun et par ohm)



SÅ VENDER VI BATTERIET:

- og så går der ingen strøm (spærreretningen)
- (Meget, meget stor modstand)



7. **Spændingen** over en germaniumdiode er 0,2 volt (så ved du det).

8. **Spændingen** over en siliciumdiode er 0,7 volt (så ved du også det).

Og så er det selvfølgelig enormt forskelligt, hvad forskellige dioder kan klare af strøm i **lederretningen**. Ved for stor strøm afsættes der for stor effekt i form af varme, og dioden ødelægges.

Der er også grænser for, hvor stor en spænding dioden kan tåle i **spærreretningen**, før den (altså spændingen) slår igennem det supertynde N/P- lag og begynder at lede strøm i spærreretningen. Herved ødelægges dioden.

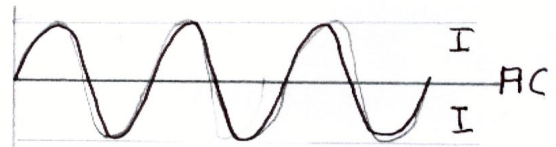
### OG HVAD BRUGES DIODER SÅ TIL???

A. Dioder leder altså strømmen, når spændingen på anoden er positiv, og katoden er negativ, men leder IKKE strømmen, når det omvendte er tilfældet.

B. Derfor kan dioder bruges til at ensrette vekselstrømme af alle frekvenser, for vekselstrøm skifter jo polaritet hele tiden.

C. Sådan ser det ud på et oscilloskop, når man benytter kun én diode (enkeltensretning):

Her er vekselstrømmen



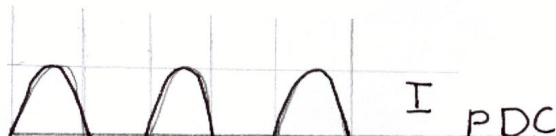
Her er så den ensrettede strøm

– jævnstrømmen.

Den er ikke særlig jævn,

men strømmen går i

al fald hele tiden i samme retning.



**En sådan strøm kaldes en pulserende jævnstrøm (PDC)**

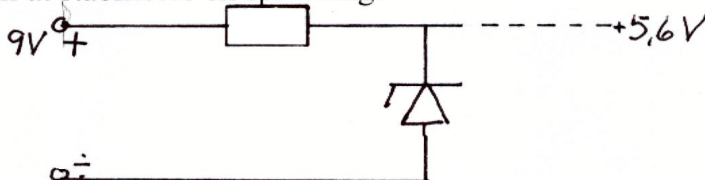
**ENSRETNING VED HJÆLP AF DIODER SKER I EN STRØMFORSYNING OG I EN MODTAGER, DER MODTAGER AM (AMPLITUDEMODULATION)**



## 10 SÆRLIGE DIODETYPER

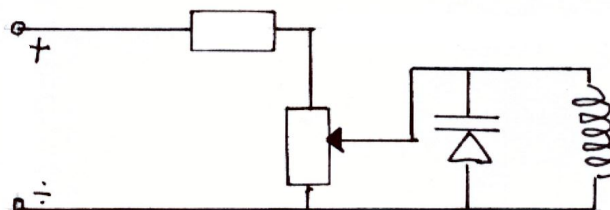
### 10A. ZENERDIODEN

1. Zenerdioden forspændes i spærreretningen, dvs. plusspænding til katoden.
2. Zenerdioden er en diodetype, hvor spærrelaget først gennembrydes ved en bestemt spænding, fx 5,6V. Når de 5,6V nås, så begynder der at løbe strøm gennem spærrelaget, og de 5,6V forbliver på 5,6V
3. Bruges i strømforsyninger til at stabilisere en spænding.



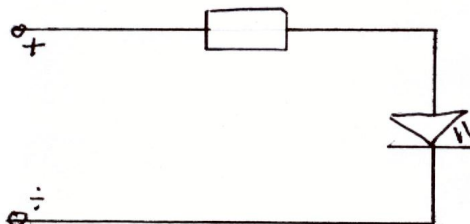
### 10B KAPACITETSDIODEN (= VARICAP'EN)

1. Forpændes i spærreretningen, dvs. plus til katoden.
2. Spærrelaget har en kapacitet som en kondensator. Denne kapacitet kan varieres med en spænding. Spændingen varieres med et potentiometer (variabel modstand).
3. Bruges i svingningskredse i stedet for en kondensator, der er meget dyrere.



### 10C LED – LYSDIODEN

1. Lysdioder forspændes i lederretningen, dvs. plus til anoden.
2. Når de frie elektroner smutter ned i "huller", så afgives der i en almindelig diode varme. Men ikke i en lysdiode. Her afgives der i stedet lys – koldt lys.



## PUNKTVIDEN – B-LICENSPRØVEN – 12

## OZ3MM

SAMMENKOBLING TIL KREDSE AF  
MODSTANDE – KONDENSATORER - SPOLER

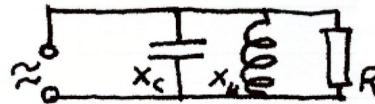
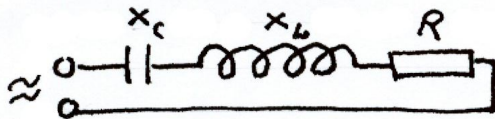
Det forudsættes, at følgende gennemgåede stof er genlæst og lært, ellers er der ingen mening i at læse videre. Altså først:

Punktviden 1 om modstand

Punktviden 9 om kondensatorer

Punktviden 10 om spoler

## 1. HVAD ER IMPEDANS?

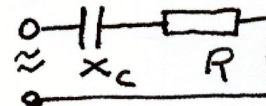


De 3 komponenter i serie- og parallelkredsløbene ovenfor har alle en vekselstrømsmodstand, der måles i ohm.

Den samlede modstandsvirkning, når de sammensættes, kaldes IMPEDANSEN (Z) og måles i ohm.

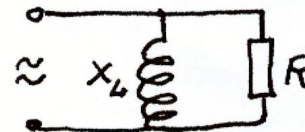
## 2. IMPEDANSEN Z VED SERIEFORBINDELSE AF KONDENSATOR OG MODSTAND

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} \text{ (ohm)}$$



## 3. IMPEDANSEN Z VED SERIEFORBINDELSE AF SPOLE OG MODSTAND.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \text{ (ohm)}$$



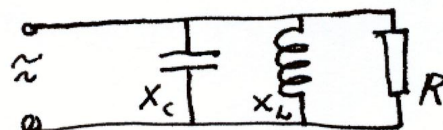
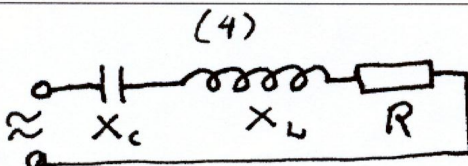
## 4. RESONANSFREKVENNS FOR KREDSE

Resonansfrekvensen  $f_{res}$  (onans) af en svingningskreds er den frekvens, ved hvilken  $X_c$  og  $X_L$  er lige store.

Modstanden R kan være en komponent, og den kan være tabsmodstand i spole og kondensator.

SERIEKREDS VED RESONANS: Impedansen er lav. Altså stor strøm (kortslutningsstrøm) og lav spænding.

PARALLELKREDS VED RESONANS: Impedansen er høj. Altså lille strøm og stor spænding.



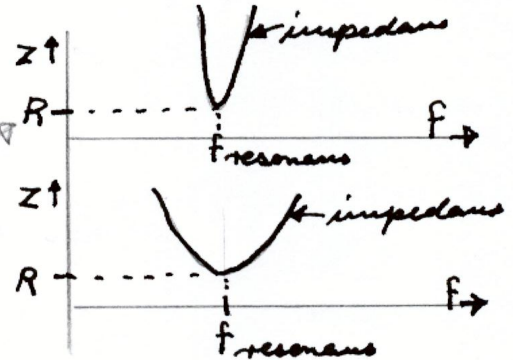


5. RESONANSFREKVENSEN  $f_{res}$  FINDES VED FORMLEN:

$$f_{res} = \frac{1}{2 \times 3,14 \sqrt{L \times C}} \quad (3,14 = \frac{22}{7})$$

6. KREDSGODHED Q  
(Impedansgrafer er for en seriekreds)

Hvis R er lille, så ser impedanskurven sådan ud:



Hvis R er stor, så ser impedanskurven sådan ud:

7. SÅDAN BEREGNES EN KREDS' GODHED Q:

SERIE

$$Q = \frac{X_C}{R} = \frac{X_L}{R}$$

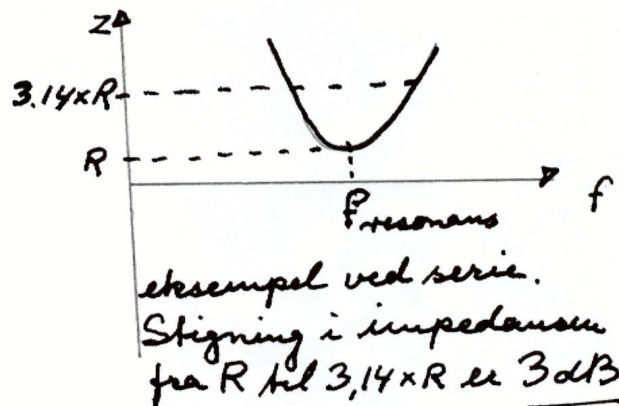
PARALLEL

$$Q = \frac{R}{X_C} = \frac{R}{X_L}$$

8. BÅNDBREDDEN  $\Delta f$  (delta f)

er det frekvensbånd (frekvensafstand), hvor impedansen Z er vokset (ved serie) eller faldet (ved parallel) med 3dB.

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



NB.: Der er regneeksempler i Vejlin til S. s. 31, 32, hvis du har lyst til at bruge lommeregneren.

- HUSK:
- f = frekvensen i Hz
  - C = farad
  - L = Henry
  - ellers ohm

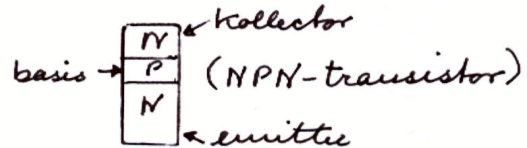
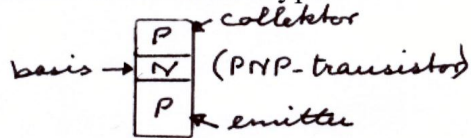
OZ3MM

**BIPOLÆRE TRANSISTORER (NPN og PNP)  
OG J-FETTRANSISTORER**

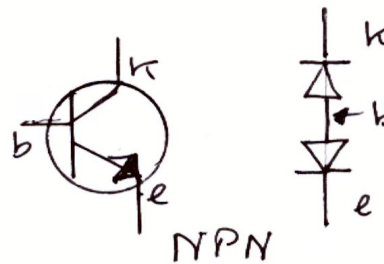
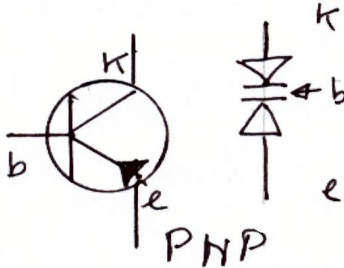
BEMÆRK: Gennemgangen omfatter stoffet til såvel A som B licens.

**1. KONSTRUKTION:**

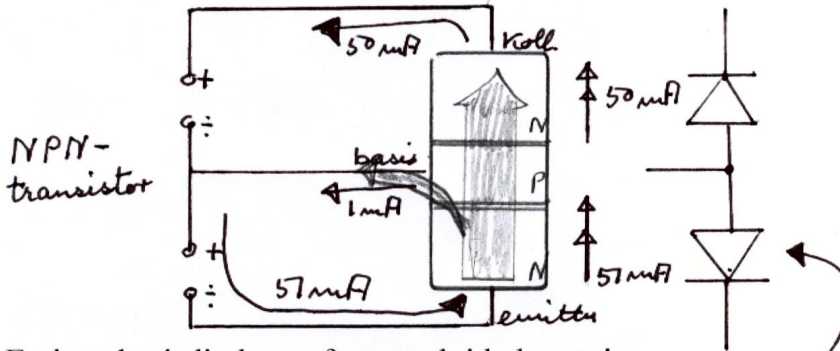
Du kan betragte en transistor som en beef-burger: De to yderste, ens lag er brødet, og bøffen er den anden type.



**2. SYMBOLERNE**



**3. STRØMMEN I EN TRANSISTOR, OG HVORDAN DEN KONTROLLERES**



- Emitter-basisdioden er forspændt i lederretning. Det er derfor, at pilen vender sådan i en NPN-transistor.
- Basis-collektordioden får spænding i spærretretning (+ til collector og min. til basis)
- Den store emitterstrøm på 51 mA drøner lige igennem trukket af den høje collectorplusspænding- også igennem basis-collector diodens spærrelag, der er supertyndt.
- Og dog- og dog!! En enkelt lille mA smutter over på basis, så det er altså kun de 50mA, der når collector.
- RETURSTRØMMEN FOR DET ER JO ET KREDSLØB:



De 50mA løber fra collector gennem batteriet. 1mA basisstrøm slutter sig til, og så er de 51mA, der løber igennem det andet batteri til emitter. SÅ ER DE 51mA hjemme igen.

### 3. KONKLUSIONEN ER, AT DEN LILLE BASISSTRØM (IB) STYRER DEN STORE COLLEKTORSTRØM (IC)

Eksempel fra Vejen til S.:

Der er en basisstrøm på  $5\mu\text{A}$  og en collectorstrøm på  $1000\mu\text{A}$  (=1mA).

Når vi fordobler basisstrømmen  $I_B$  til  $10\mu\text{A}$ , så fordobles også collectorstrømmen  $I_C$  til  $2000\mu\text{A}$  (=2mA).

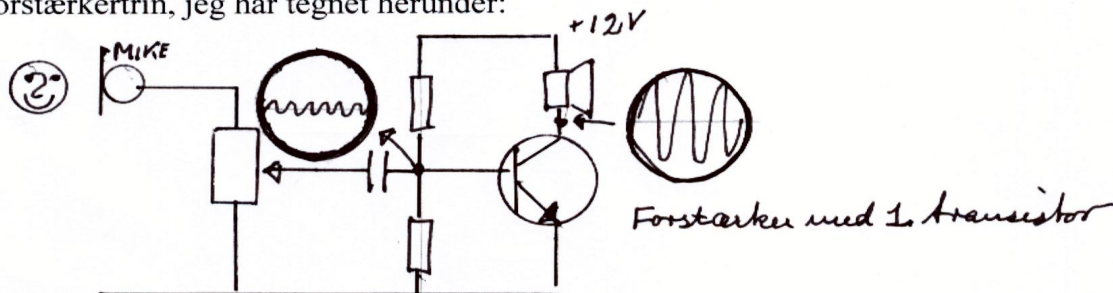
DET ER EN FORSTÆRKNING PÅ 200 GANGE.

4. FORSTÆRKNINGSFAKTOREN benævnes  $h_{FE}$  (jævnstrøm) og  $h_{fe}$  (vekselstrøm/signalstrøm). Altså:

$h_{FE}$  (eller  $h_{fe}$ ) =  $I_C / I_B$



Hvis du vil vide, hvordan det ser ud på en oscilloskopskærm, så se på det lille forstærkertrin, jeg har tegnet herunder:



### 5 FET'en – FIELDEFFEKTTRANSISTOREN I KORTFORM (KUN B-LICENSSTOF ER MEDTAGET)

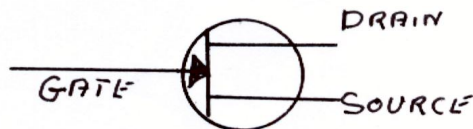
En FET transistor er opbygget anderledes end den bipolære ovenfor. J-FET transistoren har ligesom den almindelige transistor 3 "elektroder", nemlig

Drain (D), som kan sammenlignes med collectoren

Source (S), som kan sammenlignes med emitteren

Gate (G), som kan sammenlignes med basis

J-FET SYMBOL:



**FAKTS:**

I den almindelige, bipolære transistor giver en lille ændring i **basisstrømmen**  $I_B$  en stor forstærkning af collektorstrømmen.

I en FET transistor giver en lille ændring af **gatespændingen**  $I_G$  en stor forstærkning af drainstrømmen. En FET virker faktisk ligesom et radorør.

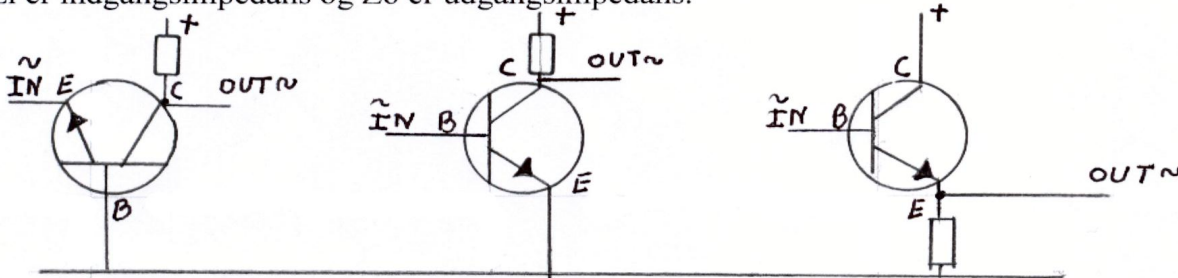
N og P type materiale kan byttes om ligesom ved den alm. transistor. Den ene hedder N-kanal FET, og den anden hedder P-kanal FET.



TRANSISTORER – EFFEKTFORSTÆRKNING

6. TRANSISTORKOBLINGER (A-LICENSSTOF)

I en forstærkerkæde ( dvs. det ene transistorforstærkertrin efter det anden) kan man undertiden være interesseret i forskellige impedanser (vekselstrømsmodstand) i ind- og udgang af et trin. Derfor bruges de 3 konfigurationer herunder. De kaldes fælles eller jordet basis, fælles eller jordet emitter og endelig fælles eller jordet kollektor. Fælles (jordet) betyder, at den ene "elektrode" er fælles i indgang og udgang – se de 3 principkoblinger herunder).  $Z_i$  er indgangsimpedans og  $Z_o$  er udgangsimpedans.



FÆLLES BASIS  
 $Z_i$  lav  
 $Z_o$  høj  
 Strømforst. ingen

FÆLLES EMITTER  
 $Z_i$  middel  
 $Z_o$  høj  
 Strømforst. høj  
 Almindeligst benyttet

FÆLLES KOLLEKTOR  
 $Z_i$  høj  
 $Z_o$  lav  
 Strømforst. stor  
 Kaldet emitterfølger

7. MEGET KORT OM TRANSISTORERS EFFEKTFORSTÆRKNING (det er nu i virkeligheden en masse parallelforbundne transistorer, der er integreret i en IC).

Det signal, der udgør transistorens input på – oftest – basis, udtages med effektforstærkning på kollektoren/emitteren.

Denne effektforstærkning inddeles i klasser efter forstærkning, virkningsgrad og forvrængning (linearitet):

KLASSE A:

Har stor forstærkning, ringe virkningsgrad (højest 50%) og lav forvrængning (= høj linearitet). Er anvendelig til AM- sendere, altså også SSB-sendere.

KLASSE B:

Har mindre effektforstærkning end klasse A- forstærkere, men bedre virkningsgrad (< 65%) og med rimelig lav forvrængning.

KLASSE A-B:

Når DC-strømmen gennem transistoren og styringseffekten på basis er indstillet på en mellemting mellem A og B, så kan man med to transistorer koblet i push-pull opnå større virkningsgrad end A (<60%). Og – hvilket er vigtigt – lineariteten er så fin, at koblingen er egnet til AM og dermed SSB.

KLASSE C:

Effektforstærkningen er ikke noget at prale af – typisk 10-13 dB – men virkningsgraden er meget høj (< 80%). Træerne vokser imidlertid ikke ind i himlen, for forvrængningen er ekstremt stor (lineariteten dårlig). Derfor går klasse C ikke til AM og dermed ikke til SSB, men nok til CW og FM/PM.

## FILTRE I OVERSIGTSFORM

### 1.B-licens-pensum om filtre er herunder repeteret i kortform

Tænk på filtre som anvendelse af de kredse, du har lært om i Punktviden 12, dvs. om sammenkobling af modstande, kondensatorer og spoler. Herfra husker vi bl.a.:

1A. IMPEDANS ER VEKSELSTRØMSMODSTANDEN i serie- og parallelkredse. Impedansen er især interessant ved kredsens resonansfrekvens. Fx er en halvbølgeantenne også en svingningskreds med en kapacitet og en selvinduktion. Om den ved du, at den ved sin resonansfrekvens har en impedans på 73 ohm. En kvartbølgeantenne har ved sin resonansfrekvens en impedans på 38 ohm.

1B. RESONANSFREKVENSEN AF EN SVINGNINGSKREDS HERUNDER ET FILTER findes ved formlen:

$$f_{\text{resonans}} = \frac{1}{2 \times 3,14 \sqrt{L \times C}}$$

Husk: Hvis L er i  $\mu\text{H}$ , så skal tallet ganges med 1 / 10 i 6. (en million)

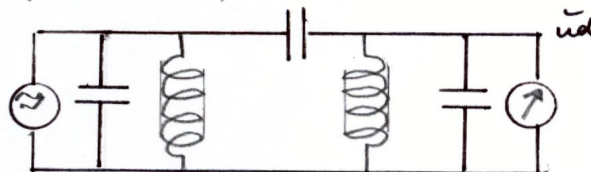
Hvis C er i pF, så skal tallet ganges med 1 / 10 i 12. (1000 millioner)

1C. KREDSGODHED (Q- faktor): Se punktviden 12 side 2 og pensumformlerne.

1D. BÅNDBREDDE ( $\Delta f$  (delta f)) Se punktviden 12 s.2., hvor der står, at båndbredden er det frekvensbånd (= den frekvensafstand), hvor impedansen Z er vokset (ved serie) eller faldet (ved parallel) med 3 dB.

$$\Delta f = \frac{f_{\text{resonans}}}{Q}$$

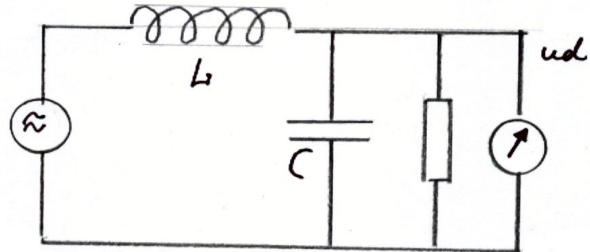
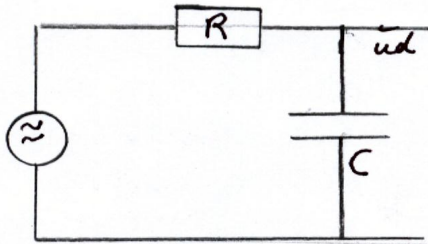
### 2. BÅNDPASFILTER (EKSEMPEL)



Filtret tillader et frekvensbånd at slippe igennem, men dæmper frekvenser over og under.

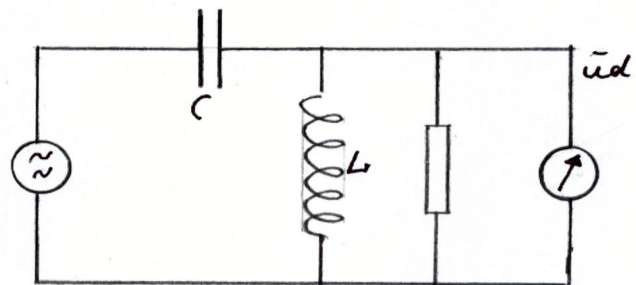
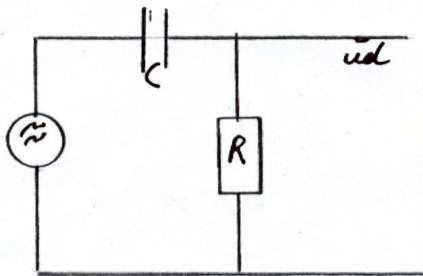


### 3. LAVPASFILTER



Lavpasfiltret tillader frekvenser under en vis afskæringsfrekvens at slippe igennem, men dæmper frekvenser over.

### 4. HØJPASFILTER (L og C er byttet om i forhold til lavpasfiltret).



Højpasfiltret tillader frekvenser over en vis afskæringsfrekvens at slippe igennem, men dæmper frekvenser under.

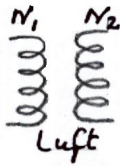
### 5. BÅNDSTOPFILTRE

Ved en kombination af lavpasfilter og højpasfilter kan opnås, at der markeres et stop i begge ender af et båndområde. (Cut-off frekvens).

### 6. KRYSTALFILTER

kan bruges enkeltvis eller flere sammen til en effektiv afskæring af uønskede frekvenser. Man siger, at et x-talfilter er meget stejlt. Det skyldes, at det har en superhøj Q (godhed).

## 7.TRANSFORMERE



er 2 uafstemte spoler, der ved kobling med hinanden overfører (inducerer) energi fra den ene (primæren) til den anden (sekundæren).  
Koblingen kan forøges ved at bruge jernkærne.

Formlerne er:  $\frac{V_{\text{ud}}}{V_{\text{ind}}} = \frac{N_2}{N_1}$  og  $\frac{I_{\text{ud}}}{I_{\text{ind}}} = \frac{N_1}{N_2}$

$N_1$  = vindingstal primær

$N_2$  = vindingstal sekundær

, formlerne siger, at spændingen stiger eller falder proportionalt med vindingstallet, mens strømstyrken er omvendt proportional med vindingstallet. Altså dobbelt så mange vindinger på primærviklingen, så fås dobbelt så høj spænding, men samtidig kun halvt så stor en strøm.

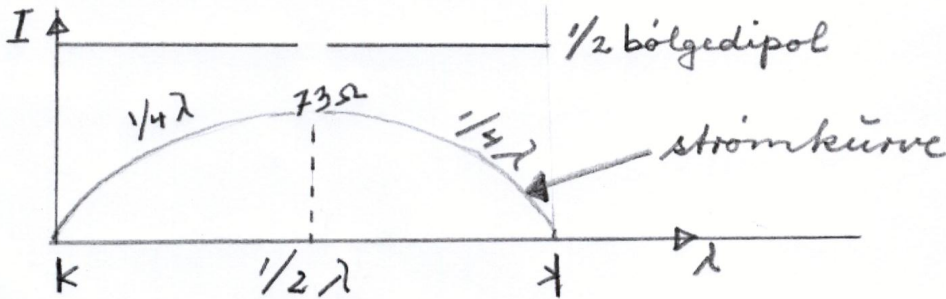
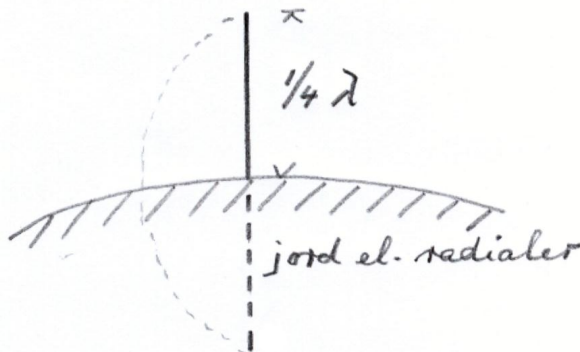


PUNKTVIDEN – B-LICENSPRØVEN – 15
----------------------------------

OZ3MM

**ANTENNER OG UDBREDELSESFORHOLD****KORTE FAKTA OM ANTENNER**

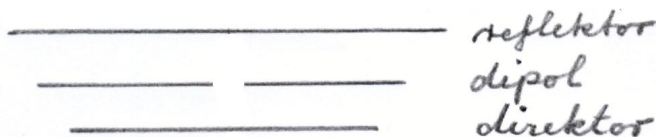
1. EN ANTENNELÆNGDE er bedst, når den er  $\frac{1}{2}$ , 1,  $1 \frac{1}{2}$  osv. bølgelængde ( $\lambda$ ).
2. POLARISATION: En vandret antenne har en vandret polarisation og en lodret antenne har lodret polarisation (svarende til det elektromagnetiske felts elektriske del).
3. FORKORTNINGSFAKTOR: Den fysiske længde af en antenne er lidt mindre end den teoretiske længde (forkortningsfaktoren er 0,95).

 $\frac{1}{2}$  BØLGEDIPOL: $\frac{1}{4}$  - BØLGEDIPOLEN (GROUND PLANE)

NB.: En lodret antenne kan udmærket være en  $\frac{1}{2}$  bølgantenne (men da ikke ground plane).

**YAGI-ANTENNEN - RETNINGSANTENNE****KORTE FAKTA OM YAGIANTENNEN:**

1. Har "forstærkning" (gain) i forhold til en dipol. "Forstærkningen" måles i dB i forhold til enten en isotropisk (højt, højt) dipol- dBi eller en dipol- dBd.



2. REFLEKTOREN er ca. 5% længere en dipolen.
3. DIREKTOREN er ca. 3% kortere end dipolen.
4. VED FLERE DIREKTORER bliver antennens båndbredde smallere, men "forstærkningen" større (bedre Front to Back- forhold). Signaler fra siden dæmpes.

#### MELLEM SENDER OG ANTENNE

##### - KORTE FAKTS

- skal der være et fødekabel (feeder). Det kan fx være en twin-lead med parallelle ledere, men er af flere grunde oftest et

##### 1. KOAXIALKABEL, der er praktisk og velegnet til de allerfleste frekvenser.

Koaxkablet har en central inderleder af kobber og en koncentrisk yderleder, der som regel er udformet som et vævet skærmet af aluminium eller kobber (gode ledere). Isolationen mellem lederne er af forskellige dielektrika.

##### 2. HASTIGHEDSFAKTOR

Radiobølger bevæger sig lidt langsommere i kabler, end lyset gør i rummet, så den elektriske bølgelængde bliver lidt kortere, nemlig 65-97%. Det skal man tage hensyn til, hvis man vil udmåle  $\frac{1}{4}$  bølge- eller  $\frac{1}{2}$  bølgelængde af coaxkabel.

##### 3. TAB I KOAXKABEL

er hovedsageligt ohmske. Stiger med SWR (se nedenfor), med lav frekvens og med kabellængde. Der er altså ikke meget tab ved lav frekvens, lavt SWR og kort kabellængde.

##### 4. KARAKTERISTISK IMPEDANS

Et kables karakteristiske impedans  $Z_0$  er den ohmske modstand, som kablet KAN afsluttes med, UDEN at der sker en refleksion af radiobølgen tilbage mod senderen. (Læses igen – langsomt)!!

$Z_0$  er afhængig af kablets fysiske dimensioner og dielektrikummet. Almindelige  $Z_0$ 'er er 50 og 75 ohm (koaxkabel) og 300 og 450 ohm (paralleltrådkabler).

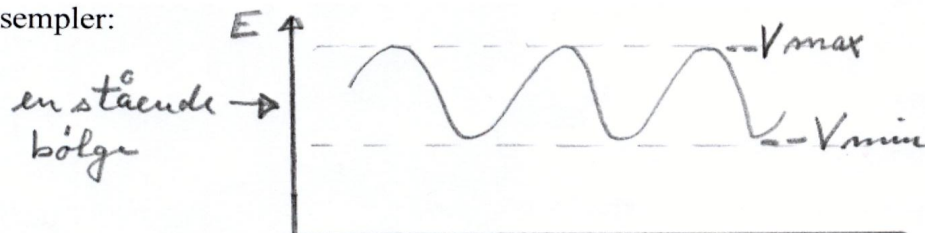
##### 5. STÅENDE BØLGER (STANDING WAVES)

Hvis fx et 50 ohms koaxfødekabel møder sin egen impedans (altså 50 ohm ohmsk) i antennens fødepunkt, så udstråles hele den tilførte effekt – der er impedanstilpasning og SWR (standbølgeforholdet er 1:1). Dette gælder kun ved antennens resonansfrekvens, og den benytter vi som bekendt sjældent. Ved andre frekvenser er impedansen over eller under fx 50 ohm og i hvert fald ikke rent ohmsk. Hvad sker der så? Ja, så reflekteres noget af radiobølgen. Hvis den er under 50 ohm, så er den reflekterede bølges spænding oven i købet samtidig med (i fase med) "fremadbølgens" spænding.

##### 6. STANDBØLGEFORHØLDET (SWR)

Resultatet bliver STÅENDE BØLGER på fødekablet med heraf følgende højere eller lavere impedans ved senderen. Forholdet mellem den stående bølges maks. spænding og min. spænding kaldes standbølgeforholdet (VSWR eller bare SWR). Det svarer til forholdet mellem  $Z_0$  og  $R_b$  – altså forholdet mellem fødekablets karakteristiske impedans og antennens strålingsimpedans.

Eksempler:





Hvis der i antennens fødepunkt kun er en ohmsk modstand (ved resonansfrekvensen) på 73 ohm, og fødekablet er et coaxkabel på 50 ohm, så er

$SWR = Z_o / R_b$  eller

$SWR = R_b / Z_o = 73 / 50 = 1,5$ , hvilket betyder, at energien overføres flot til antennen.

$R_b$  er antennens strålingsimpedans.

$Z_o$  er coaxens karakteristiske impedans.

Et andet eksempel:

Ved en antenneimpedans på 10 ohm og et 50 ohms koaxkabel er SWR:

$SWR = 50 / 10 = 5$ , hvilket ikke er så flot. Så må vi til at se på antennelængden eller benytte en antennetuner.

NB: Et højt SWR giver ikke større udstråling fra feederen og følgelig ikke forstyrrelser. Men senderens PA-trin bryder sig ikke om et højt SWR!!

#### 7. ANTENNETUNER (ELLER ANTENNETILPASNINGSLÆD)

er et mellemlid mellem sender og fødekabel. Senderens udgangsimpedans er i vore dage 50 ohm. Derfor skal udgangseffektens belastningsimpedans helst også være 50 ohm. Antennetunerens opgave er derfor at transformere det samlede antennesystems impedans, så høj eller lav den måtte være, til 50 ohm. En antennetuner forbedrer aldrig en antenne, men den kan sikre, at PA-trinnet "ser" ind i 50 ohm. Ganske vist "skruer" moderne sendere selv ned for effekten ved stort SWR, men det var jo ikke meningen, vel? Men vi har også et - om end mindre - problem i den anden ende af feederen:

#### 8. BALUN (BALANCERET – UBALANCERET)

Et koaxkabel er fysisk og derfor også elektrisk "skæv" (ubalanceret). En dipol er det modsatte.

En balun er en transformator, der bruges til at overføre effekt fra det ubalancerede kabel til den balancerede antenne. Uden den vil der løbe HF-strøm tilbage til senderen på ydersiden af skærmen, der så agerer som antenne (forstyrrelser!!). I sin simpleste, men effektive form er en balun blot en spole af oprullet kabel. En balun er sjældent særlig nødvendig.

#### RADIOBØLGERS UDBREDELSE

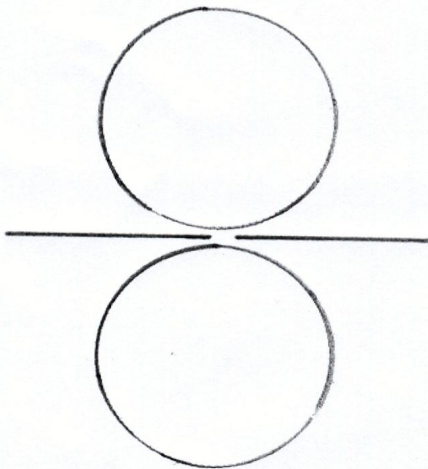
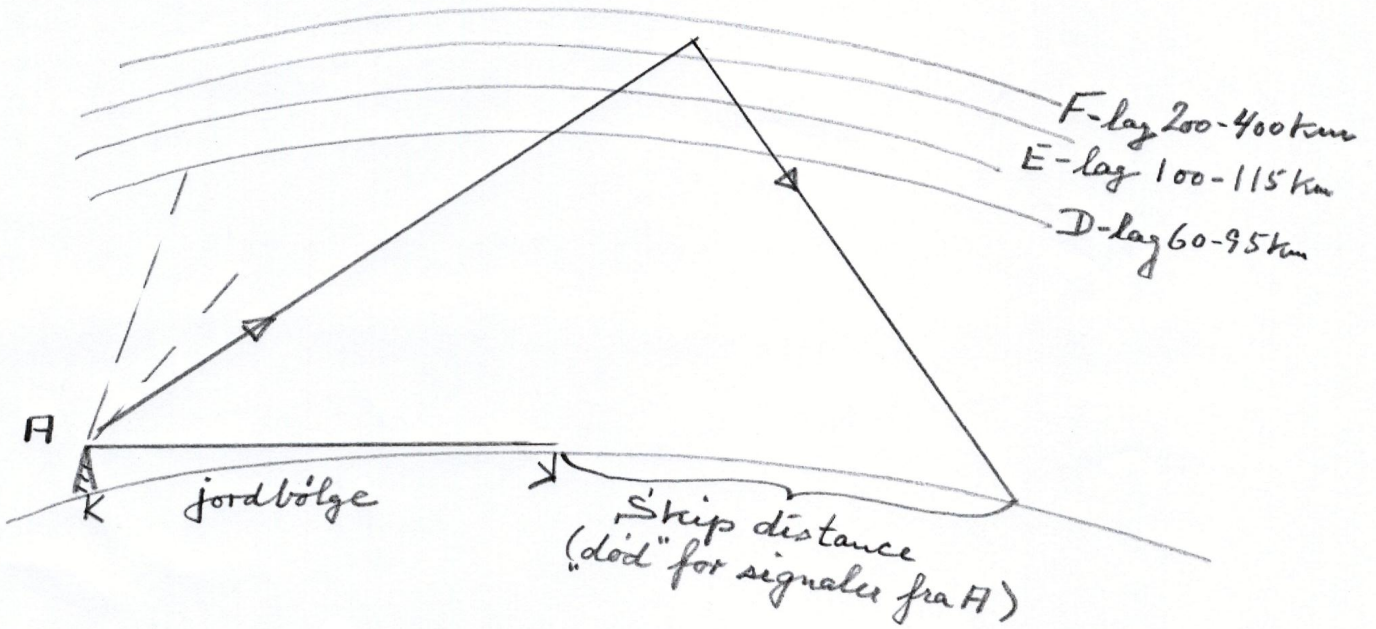
er i rette linjer, men

1. HF- radiobølger udbredes ved længere distancer ved afbøjning og refleksion som vist på tegning.
2. VHF, UHF og SHF udbredes som en lysstråle. Dog er radiohorisonten noget længere end den optiske horisont. Det skyldes, at radiobølgerne på disse frekvenser bøjes noget ned mod jorden.

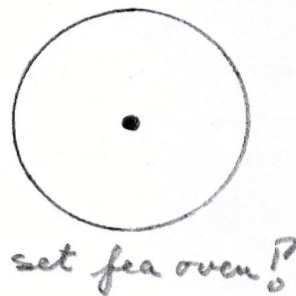
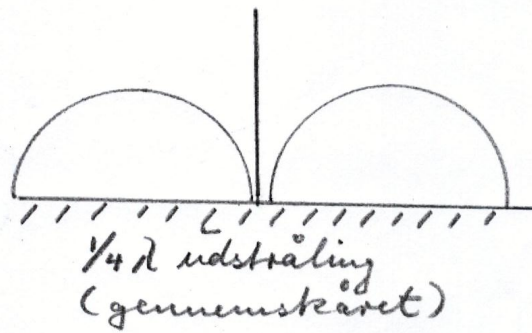
#### KORTE FAKTA

-om fænomener, der muliggør længere kommunikationslængder ved brug af de høje frekvenser:

- a. Temperaturstigninger om sommeren i troposfæren (nederste ca. 10 km af atmosfæren) kan og ofte langvarigt give gode DX-muligheder.
- b. Sporadisk E. Reflektioner i jonosfærens E-lag om sommeren (kortvarig).
- c. Aurora. Reflektioner mod nordlys om vinteren (kortvarig).
- d. Meteorscatter. Reflektioner mod jonerede spor dannet ved stjernesud (kortvarig).



Ideelt udstrålingsdiagram (gennemskåret) for dipol





OZ3MM

## OSCILLATORER – HVAD ER DET FOR NOGET?

- en oscillator er et kredsløb, der genererer en vekselstrøm af en ønsket frekvens eller frekvensområde.



### 1. HVAD BESTÅR EN OSCILLATOR AF?

- af en forstærker med en bipolar transistor eller en FET transistor og
- en L/C svingningskreds til bestemmelse af frekvensen

### 2. HVORDAN VIRKER EN OSCILLATOR?

- den virker, ved at en lille, men dog tilstrækkelig stor del af den forstærkede vekselstrøm bliver tilbagekoblet i rigtig fase til transistorens indgang. Så går oscillatoren i sving og genererer en sinusformet HF- vekselstrøm.

### 3. HVILKE KRAV STILLES TIL EN OSCILLATOR?

- den skal være frekvensstabil. Dvs. at den ikke må drive bort fra den indstillede frekvens.

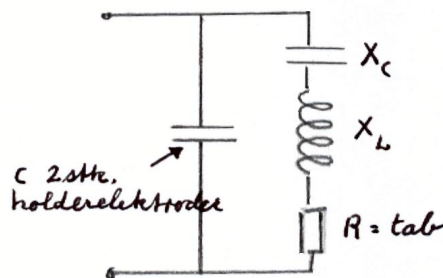
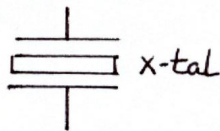
### 4. HVORDAN KAN DET LADE SIG GØRE?

- ved flere ting:
  1. bomstabil spænding til oscillatoren
  2. svingningskredsen skal være koblet så løst som muligt til transistoren
  3. svingningskredsen skal have et højt Q (godhed)
- (Der findes forskellige koblingsmetoder: Hartley, Collpitts, Clapp osv.)

## 5. KRYSTALOSCILLATOR OG OVERTONEOSCILLATORER

En kvartskrystalskive har en såkaldt piezoelektrisk egenskab. Det vil sige, at hvis krystallet påtrykkes en vekselspænding af en bestemt frekvens, så giver den sig til at svinge rent fysisk frem og tilbage med den frekvens. – og omvendt!!! Denne virkning benyttes til at skabe en superstabil oscillator.

1. – et kvartskrystal er en svingningskreds, hvis resonansfrekvens (både en serieresonans- og en parallelresonansfrekvens med lille indbyrdes afstand) kun kan varieres meget lidt. Det var den dårlige nyhed – nu den gode:
2. – krystallets Q (godhed) er meget høj, så en krystalstyret oscillator bliver umådelig frekvensstabil. ( $Q > 25.000$ ).
3. Impedansbilledet gentager sig omkring de ulige harmoniske af grundfrekvensen – altså 3., 5., 7. harmoniske. Derfor kan man have et 9 MHz krystal, og bruge det til at lave en overtoneoscillator til 3. harmoniske dvs. 27 MHz.





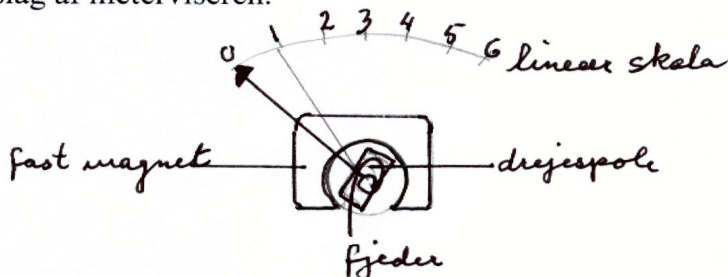


MÅLEINSTRUMENTER

Pensum: Drejespoleinstrumentet, Multimetret, Absorptionsmetret, Dummy Load

**1. DREJESPOLEINSTRUMENTET**

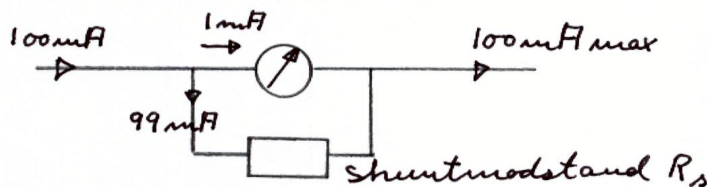
- bruges til kontrol og indstillinger i transceivere og til
  - målinger med måleinstrumenter. Det virker som herunder fra 1 til 5:
1. En spole viklet omkring en aluramme er ophængt i et fast magnetfelt.
  2. Når den JÆVNSTRØM, der skal måles, løber gennem spolen, så bliver spolen til en magnet, der drejes i det faste magnetfelt.
  3. 2 justerbare fjedre holder spolen på skalaens 0-punkt før måling.
  4. Spolens udslag aflæses på en skala, der er lineær.
  5. Drejespoleinstrumentets følsomhed kan blive så god som under  $50\mu\text{A}$  ( $= 0,05\text{mA}$ ) for fuldt udslag af meterviseren.



**2. JÆVNSTRØMSMÅLING (DC)**

EX: Drejesp.instr. 's max. strøm  $I_i$  er 1mA og dens indre modstand  $R_i$  er 100 ohm.  
 Hvis drejespoleinstrumentet skal måle fx 100mA max. udslag, så skal  $100\text{mA} - 1\text{mA} = 99\text{mA}$  ledes uden om instrumentet (shuntet).

BEREGN SHUNTMODSTANDEN EFTER OHMS LOV!

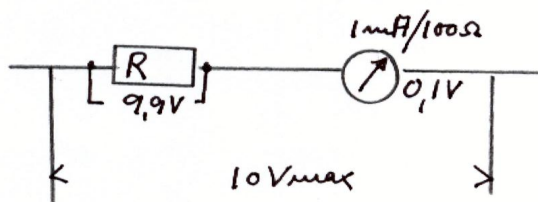


**3. JÆVNSPÆNDINGSMÅLING (AC)**

Samme drejespoleinstrument som ovenfor. Dvs., at spændingen over det er  $0,001 \times 100 = 0,1\text{V}$

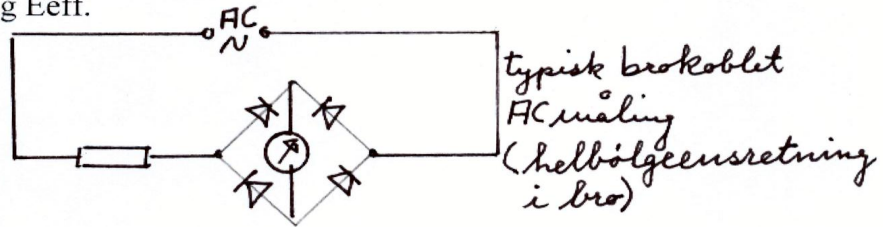
Hvis drejespoleinstrumentet skal måle fx 10V for fuldt udslag, så må vi med en formodstand nedsætte spændingen  $10\text{V} - 0,1\text{V} = 9,9\text{V}$ .

BEREGN FORMODSTANDEN I OHM EFTER OHMS LOV!



#### 4. VEKSELSTRØMS- OG VEKSELSPÆNDINGSMÅLING

Let nok! Vekselstrømmen ensrettes med dioder, før den som jævnstrøm/spænding sendes gennem drejespoleinstrumentet. Instrumentet er kalibreret, så den måler effektivværdier ( $I_{eff}$  og  $E_{eff}$ ).



#### 5. VEKSELSTRØM MED HF-FREKVENS

- Der bruges en såkaldt diodeprobe med høj  $R_i$  foran instrumentet. Dioderne ensretter signalet, før DC-måling (normalt kalibreres i p-p spænding).

#### LILLE OG STOR INDRE MODSTAND ( $R_i$ ) – HVAD ER BEDST?

Voltmeter A

Voltmeter B

$R_i = 200 \text{ kohm}$

$E = 10 \text{ V}$

$= 200 \text{ kohm} / 10 \text{ V} = 20 \text{ kohm pr volt}$  har  $1 \text{ Mohm pr. volt}$

Hvilket voltmeter belaster den målte spænding mest?

Hvilket voltmeters måling er da den mest troværdige?

#### 6. UNIVERSALINSTRUMENTET (= MULTIMETRET)

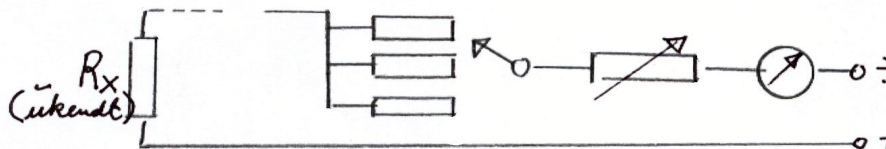
Et universalinstrument har et antal shuntmodstande (til strømmåling) og et antal formodstande (til spændingsmåling) samt en ensretter.

TYPISKE MÅLEOMRÅDER KUNNE VÆRE:

$100 \mu\text{A}$  (=  $0,1 \text{ mA}$ ) til  $10 \text{ A}$  og

$1 \text{ V}$  til  $1000 \text{ V}$

ET UNIVERSALINSTRUMENT HAR ALTID ET OHMMETER INDBYGGET:



ET UNIVERSALINSTRUMENT (= MULTIMETER) FÅS BÅDE ANALOGT OG DIGITALT. HVIS DU KØBER, SÅ HUSK: STOR INDRE MODSTAND –  $R_i$ .

#### 7. DYKMETER (især, hvis du ikke har en frekvenstæller)

- er en oscillator, hvor svingningskredsens spoler (selvinduktion) er udskiftelige. Når spolen bringes nær til en ukendt resonanskreds, så vil dykmeteret "dykke", når de har samme resonansfrekvens. Den ukendte kredses – meget omtrentlige – resonansfrekvens aflæses på dykmeters skala. Det bliver præcisionsmåling, hvis du tuner din modtager på dykmeters frekvens og aflæser digitalt på modtageren.

#### 8. ABSORPTIONSMETER

- får du, når dykmeters spænding afbrydes. Når spolen bringes nær fx en ukendt oscillator kredse, så "suger" eller absorberer dykmeteret energi, når deres



resonansfrekvenser er ens. Dykmetrets meter ”slår op” (peaker), og den ukendte oscillator – meget omtrentlige – frekvens aflæses.  
ET ABSORPTIONSMETER KAN NATURLIGVIS UDFØRES SEPARAT.

### **9. DUMMY LOAD (KUNSTANTENNE)**

BRUG ALDRIG antennen som belastning for senderen, når du udfører forsøg og målinger. Det fortjener dine medamatører evt. også dine naboer ikke!

BRUG ALTID en dummy load (= kunstantenne) – som regel på 50 ohm, som belastning ved forsøg. Den skal være afskærmet for udstråling af HF, og den skal kunne bære den af senderen afsatte effekt – fx100W.

## SUPERHETERODYNMODTAGEREN (SUPERMODTAGEREN)

Pensum: SSB-modtager for undertrykt bærebølge telefoni (J3E).  
 FM-modtager F3E/G3E) (KUN BLOKDIAGRAMMER).  
 Virkemåde og funktion af trinnene fremgår af teksten herunder.

### 1. HOVEDKRAV TIL EN MODTAGER:

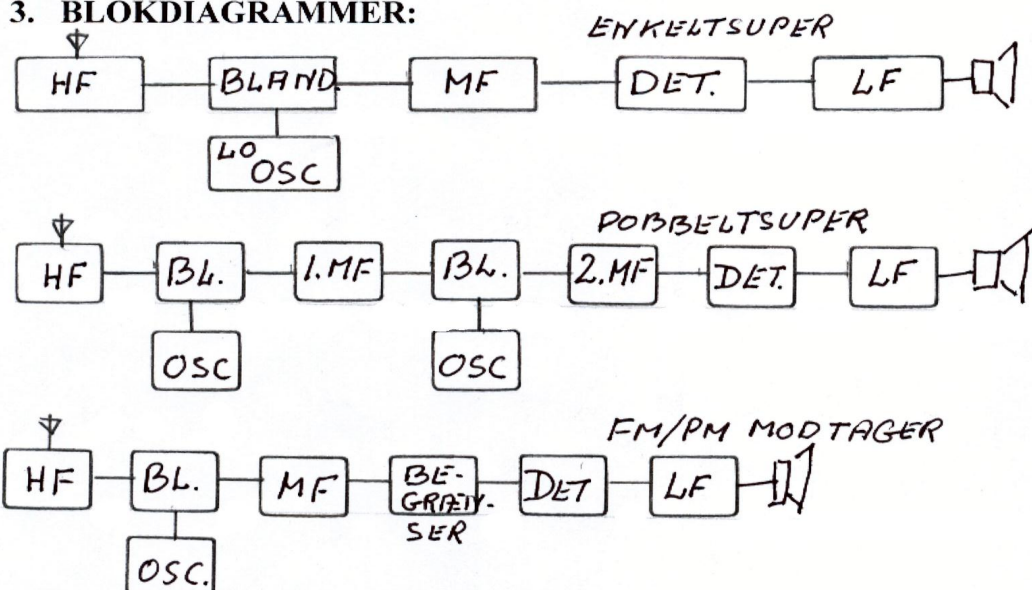
- God selektivitet, dvs. evne til at adskille også tætliggende stationer fra hinanden.
- God følsomhed, dvs. evne til at modtage svage stationer.
- Støjsvag, dvs. evne til at forstærke med stor støjsvagthed gennem forstærkerkæden.
- Frekvensstabilitet.

Disse krav opfyldes bedst i supermodtageren.

### 2. SUPERMODTAGEREN

er karakteriseret ved, at antennesignalet (HF) blandes med et lokaloscillatorsignal (LO) til en fast frekvens. Dette indebærer fordele ved forstærkning og filtrering. Denne faste frekvens kaldes mellemfrekvensen (MF). MF'en indeholder selvfølgelig stadig antennesignalets modulation (talen fra ham du lytter til).

### 3. BLOKDIAGRAMMER:



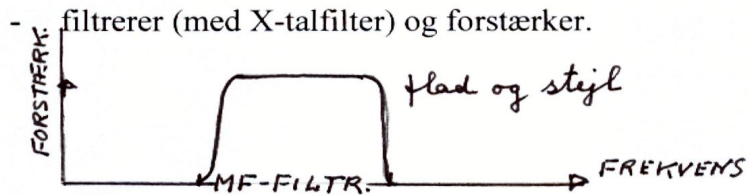
### 4. HVAD SKER DER I – ?

- HF - filtrerer og forstærker antennesignalet.
- OSCILLATOR - genererer en frekvensstabil HF-spænding.
- BLANDER - (MIXER) - blander det forstærkede HF-signal og lokaloscillatorsignalet. Blandingsproduktet er forskellen mellem de to signalers frekvens. Denne faste frekvens



kaldes mellemfrekvensen (MF), og den har antennesignalet modulation (talen fra ham, du har QSO med).

**MF** MELLEMFRE.



**DE** TEKTOR

- detekterer (ensretter) MF-signalet til lavfrekvens (tale). Det sker ved blanding (beat/stød) mellem en lokal bærebølgeoscillator og MF-signalet
- Der er flere forskellige typer af detektorer.

**BFO** BEATOSCILL.

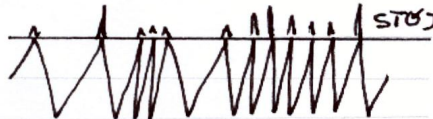
- er den lokaloscillator (beatosc.), som nævnes ovenfor.

**LF** FORSTÆRKER

forstærker LF'en (talen til højttaleren).

**BE** GRÆNSER

- klipper amplitudespidser (støjspidser) i en FM-modtagers MF-trin bort. Altså kun i FM/PM-modtagere.



**STRØM** FORSYNING

- leverer DC-spændingen – normalt 12V – til modtageren. Netspændingen 230V AC nedtransformeres, ensrettes og filtreres til 12V DC.
- Alternativt kan batterier bruges.

## 5. ANDET TILBEHØR I MODTAGERE:

### 1. Automatisk forstærkningskontrol (AGC) – hvordan?

MF-forstærkningen sammenlignes med en referencespænding. Hvis MF-forstærkningen er for stor (kraftig station), så reguleres den ned. Hvis den er for svag (svag station), så reguleres MF-forstærkningen op.

### 2. S-meter (signalstyrkemeter) – hvordan? AGC er jo et udtryk for

antennesignalspændingen, så det er en god idé at føre den til et meter på forpanelet. 1 S-grad er 6 dB, og dem er der som bekendt 9 af.

### 3. Squelch ("støjkvæler") – hvordan? Det er ikke rart at høre støjen, når der intet signal er at lytte til. Men det er der råd for: LF-støjen ensrettes i en diodedetektor. Den spænding bruges til at lukke ned for LF-forstærkeren, men kun indtil der kommer et signal over en indstillet tærskelværdi. Så lukkes der op for LF-forstærkeren, så man kan høre "manden". Bruges i FM/PM-modtagere. (I SSB-modtagere bruges AGC'en til samme funktion).

## **6. HVAD ER DER EGENTLIG MED DET SPEJL? (A-LICENSSTOF)**

Problemet er, at der er to (2) antennesignaler, der med samme indstilling af lokaloscillatoren (LO) producerer mellemfrekvensen (MF). Det uønskede antennesignal (= spejlfrekvensen) skal dæmpes/væk – tak!

Eksempel fra VtS p.61:

$145\text{MHz} + 10,7\text{MHz (MF)} = 155,7\text{MHz}$  (=indstilling af lokaloscillator (LO))

$166,4\text{MHz} - 10,7\text{MHz (MF)} = 155,7\text{MHz}$  (altså samme indstilling af LO)

Af de to lige godt modtagne antennesignaler er 145MHz det ønskede.

Af de to lige godt modtagne antennesignaler er 166,4MHz det uønskede (spejlet).

Afstanden mellem de to (166,4 – 145) ses at være 2 X mellemfrekvensen = 21,4MHz

### **HVAD KAN VI GØRE VED DET SPEJL?**

1. Dæmpe de 166,4MHz (spejlfrekvensen) godt ned i HF-trinnet.
2. Benytte en høj MF (fx 10,7MHz), for så bliver der god frekvensafstand til det ønskede signal. (God spejlselektivitet). Vi kan gøre det rigtig godt ved at benytte 2 mellemfrekvenser – fx 10,7MHz og 455kHz – som vi gør i dobbeltsuperen.



## SENDERE

Pensum: Fremgår af nedenstående gennemgang.

### 1. HOVEDKRAV TIL EN SENDER:

Ud over selvfølgelig krav med hensyn til effekt, frekvenser og mulighed for modulation er der følgende:

- Senderfrekvensen skal være bomstabil.
- Tonen (hvis CW) skal være "ren".
- Uundgåelige harmoniske og "falske" svingninger, som opstår rundt om i trinnene, skal være dæmpet, så de ikke skaber forstyrrelser.

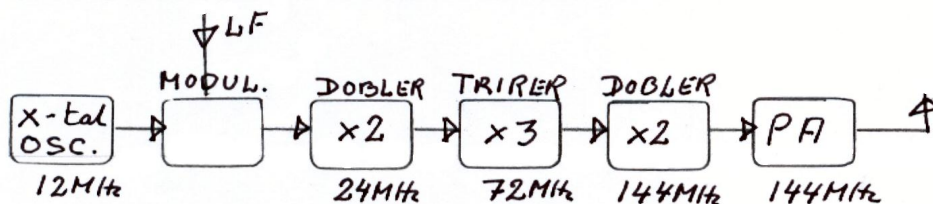
### 2. SENDERSIGNALET S VEJ TIL UDGANGEN – 2 MÅDER

#### A. MULTIPLIKATORMETODEN:

- En lav oscillatorfrekvens ganges op (multipliseres)
  - kun ved FM/PM og CW.

- SUPERHETERODYNMETODEN, dvs. BLANDINGSPRINCIPPET (som supermodtageren, men i omvendt orden) – ved FM/PM, CW, SSB (ESB) og AM.

### 3. BLOKDIAGRAM - MULTIPLIKATORPRINCIPPET



### 4. HVAD SKER DER I - ?

X-tal  
OSC.

X-stallet sikrer en meget stabil oscillatorfrekvens, men begrænsningen ligger i, at man er bundet til de frekvenser, som man har X-taller til.

MODU-  
LATOR

- Her moduleres LF'en på oscillatorens bærefrekvens – bruges kun i FM/PM og CW.

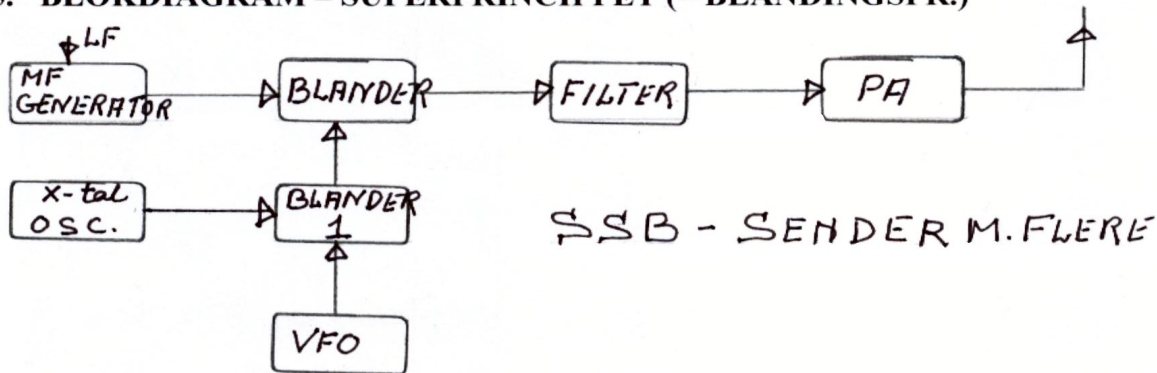
DOBLER

- Ved at forstærke i klasse C forvrænges de ex 12 MHz, så 2. harmoniske kan udtages (24 MHz). Herefter tripling x3, og atter dobling x2. Derefter haves 144 MHz.

PA-TRIN

PA = Power Amplifier (effektforstærker), dvs. det trin, der forstærker og dermed leverer effekten P til antennen. (Kører normalt i klasse A-B eller B, begge push-pull i HF-området og kl. C i VHF/UHF- områderne).

## 5. BLOKDIAGRAM – SUPERPRINCIPPET (= BLANDINGSPR.)



MF  
MODUL.

- Her genereres en SSB- moduleret MF (mellemlfrekvens)-  
ex 9MHz – se nedenfor under SSB-modulator.

VFO

VFO - Variabel Frekvens Oscillator. Osc.'s frekvens varieres  
med en drejekondensator eller en kapacitetsdiode.

x-tal  
OSCILL.

Oscillator. 1- ét – X-tal for hvert bånd.

BL.1

Blander 1 blander VFO-signal og X-taloscill. signal.

BL.2

Blander 2 blander signalerne fra blander 1 og MF-  
generatorens SSB- signal til det ønskede signal.

FILTER

X-talfilter, der renser for alle uønskede frekvenser.

## 6. ANDET "TILBEHØR" M.M.

1. **BUFFER**: - er et transistortrin med lav eller ingen forstærkning, der skydes ind imellem to trin og derved hindrer, at det ene trin påvirker det andet trin. Her således, at VFO'en ikke påvirkes til ustabilitet.

2. **DRIVER**: er et forstærkertrin, der leverer passende styringseffekt til PA-trinnets effektforstærkning.

3. **SSB-MODULATOR**: (Læs Punktviden 6 side 2 pkt.2). En såkaldt **BALANCERET MODULATOR** frembringer et DSB- signal (begge sidebånd, men ingen bærebølge).

Herefter filtreres det uønskede sidebånd væk med X-talfilter. Tilbage er kun det ene sidebånd. **BÅNDBREDDE 3kHz**

4. **FREKVENNS/FASEMODULATOR**: (Læs P. 6 1,2,3 og 5). Der dannes i teorien uendelig mange sidebånd, men de aftager hurtigt i styrke. **BÅNDBREDDE 20kHz**



5. FASEMODULATOR/PM: I en fasemodulator ændrer man IKKE frekvensen i takt med modulationen som i en frekvensmodulator; man ændrer i stedet signalets fase. Men det ved en modtager ikke, for den kan nemlig ikke se forskel på FM og PM. **BÅNDBREDDE 20kHz**

FASEM.

X-TAL

6.X-TALFILTER: Læs Punktviden 14 herom.

AM

7.AM: **BÅNDBREDDE: 6kHz**

CW

8.CW: **BÅNDBREDDE: 250Hz**