

Transistorforsterkere - oppsummering

Spenningsforsterker – klasse A

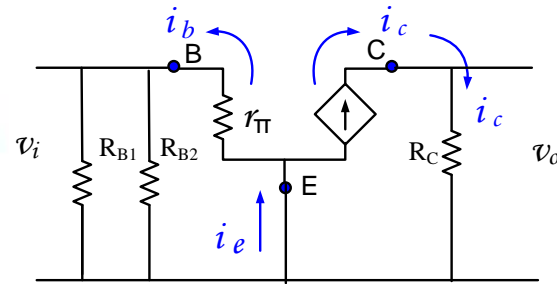
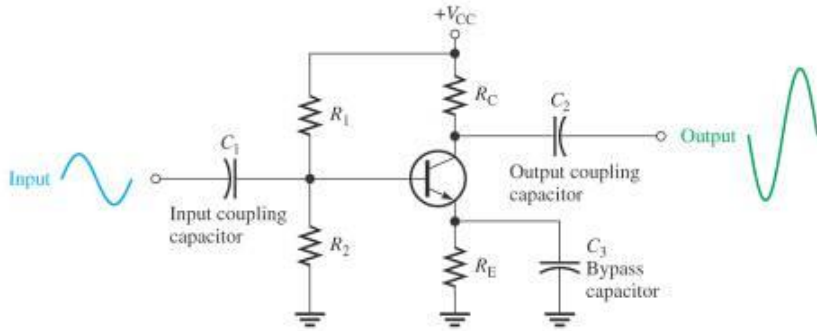
Med avkoplet emitter – og uten

Forsterkeren inverterer signalet – faseskift 180°

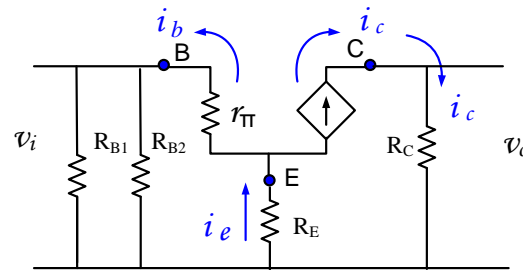
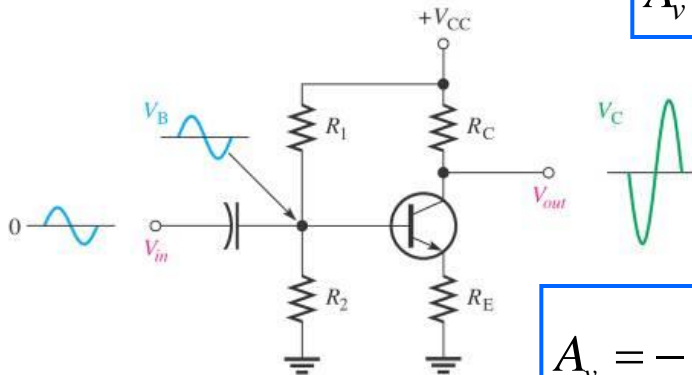
Transistoren er aktiv i hele signalperioden

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m}$$



$$A_v = -g_m \cdot R_C \quad \text{ev.} \quad A_v = -g_m \cdot (R_C \parallel R_L)$$



$$A_v = -\frac{R_C}{R_E}$$

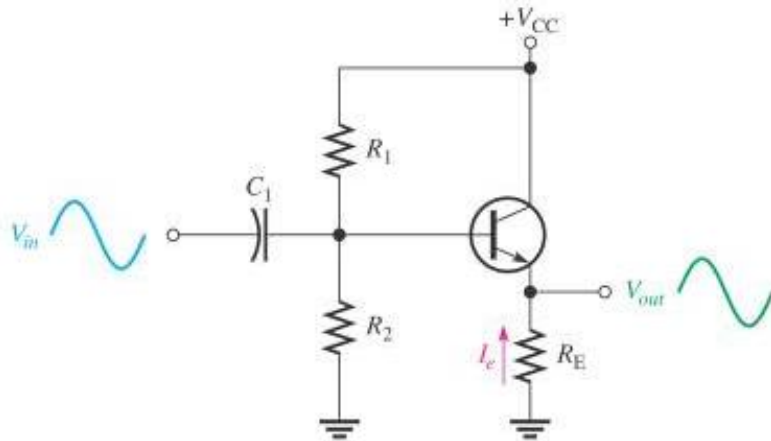
Signalkilden ser inn mot en motstand

$$R = R_{B1} \parallel R_{B2} \parallel r_{inn} \quad \text{hvor}$$

$$r_{inn} = r_{\pi} + (\beta + 1)R_E$$

Transistorforsterkere - oppsummering

Emitterfølger - ingen invertering – ingen spenningsforsterkning
 – men stor effektforsterkning – impedanstransformator (Z_{inn}= høy Z_{ut}= lav)



Strømførsterkning

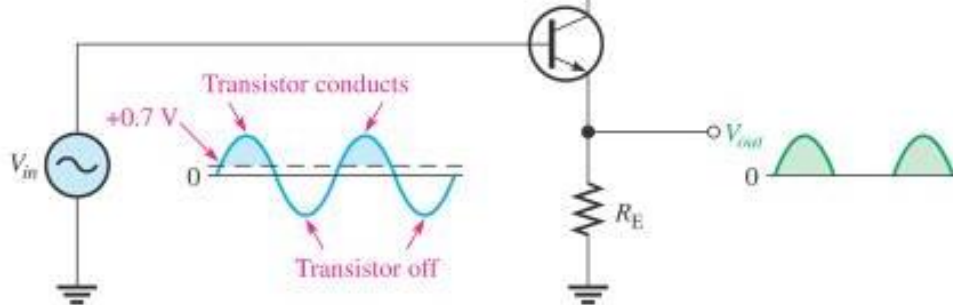
$$A_i = \frac{i_e}{i_b} = \frac{i_b(\beta + 1)}{i_b} = \beta + 1$$

Effektforsterkning

$$A_P = A_V \cdot A_i \cong 0,99 \cdot (\beta + 1)$$

$$A_P \approx \beta$$

Hva er dette ?



Ingen lastmotstand på kollektor

– ”Felles kollektor”

Forsterker som virker på bare en halvperiode

= klasse B forsterker (?)

Transistorforsterkere - Effektforsterkere

$$\text{Virkningsgrad } \eta = \frac{P_L (\text{Avgitt signaleffekt til lasten})}{P_{CC} (\text{tilført effekt fra power})}$$

Klassifisering av forsterkere

- i. Lavfrekvensforsterkere – høyfrekvensforsterkere
- ii. Avstemte forsterkere – uavstemte forsterkere
- iii. Smalbåndforsterkere – bredbåndforsterkere

Småsignalforsterkere - ofte betegnelse på rene spenningsforsterkere

Effektforsterkere - omfatter 4 grupper forsterkere

Effektforsterkere inndeles etter hvordan
transistorens arbeidspunkt er plassert

Klasse A - klasse AB

Klasse B

Klasse C

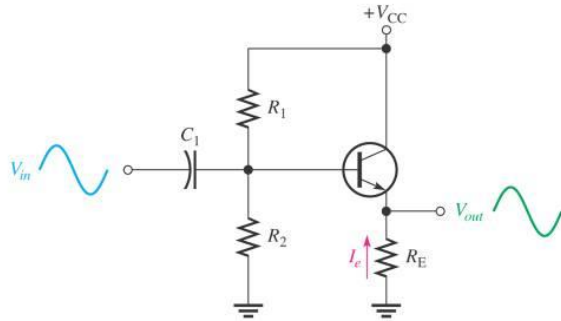
Klasse D

Transistorforsterkere - Effektforsterkere

- A : Arbeidspunktet ligger midt i det aktive området. Kollektorstrømmen følger variasjonene i inngangssignalet gjennom hele perioden.
Lav virkningsgrad
- B : Arbeidspunktet ligger på grensen mellom det aktive området og "cut-off". Signalkomponenten i kollektorstrømmen gjengir bare annenhver halvperiode av inngangssignalet. Høy virkningsgrad
- C : Signalkomponenten i kollektorstrømmen gjengir bare en del av annenhver halvperiode av inngangssignalet. Brukes i avstemte effektforsterkere. Høy virkningsgrad
- D : En «switching amplifier» eller en Pulse With Modulation – (PWM) - forsterker. Transistorene i slutt-trinnet skifter mellom to tilstander – helt av - «cut off» eller helt på - «saturation»
Fordel : Nesten ingen varmeutvikling i slutt-trinnet – høy virkningsgrad

Transistorforsterkere - Effektførsterker

Effektførsterker Klasse A (emitterfølger)

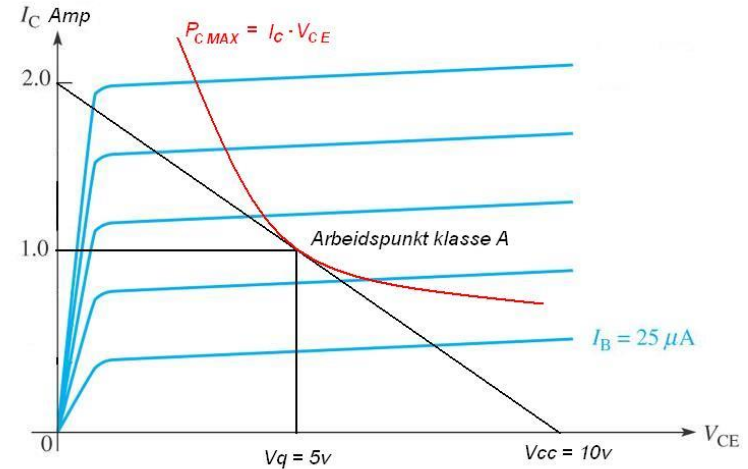


Kretsanalyse

$$R_E = 5\Omega$$

$$V_{CC} = 10\text{ v}$$

$$I_{C\text{ MAX}} = 2\text{ A}$$



Transistoren tåler 5 watt avgitt varme ($P_{C\text{ MAX}} = 5\text{w}$). Kurven for et max. kollektortap på 5w er inntegnet (rødt). Vi legger arbeidspunktet så nær denne kurven som mulig. Dvs. dette punktet gir størst kollektortap – **effekttapet er størst når forsterkeren ikke er tilført signal !**

Uten signal vil total avgitt effekt være $P_T = 10\text{W (DC)}$. Dette fordeler seg med 5w på transistoren og 5w på lastmotstanden R_E .

Vi får maksimal signaleffekt til lasten når utgangen styres mellom "cut off" og metning. Dvs. signalspenning på $10V_{PP}$ over lasten R_E . (Signalspenning $10V_{pp} = 3,5\text{ Vrms}$) $V_{RMS} = \frac{V_P}{\sqrt{2}} = \frac{5}{1,4} = 3,535$

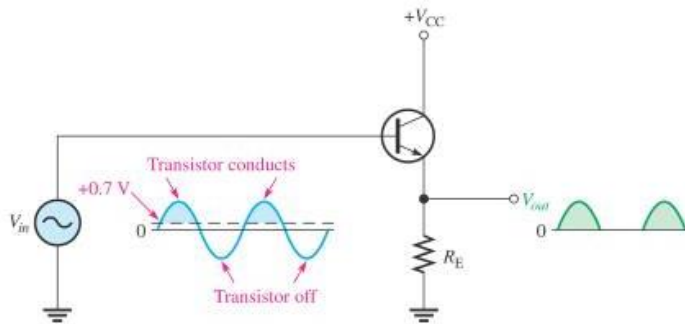
Paradoks – transistoren er kaldest når avlevert signaleffekt til lasten er størst.

$$\text{Effekt til lasten } P_L = \frac{(V_{RE\text{ rms}})^2}{R_E} = \frac{\left(\frac{5}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_E} = 2,5\text{ watt}$$

$$\text{Virkningsgrad } \eta = \frac{P_L}{P_{Total}} = \frac{2,5\text{w}}{10\text{w}} = 0,25$$

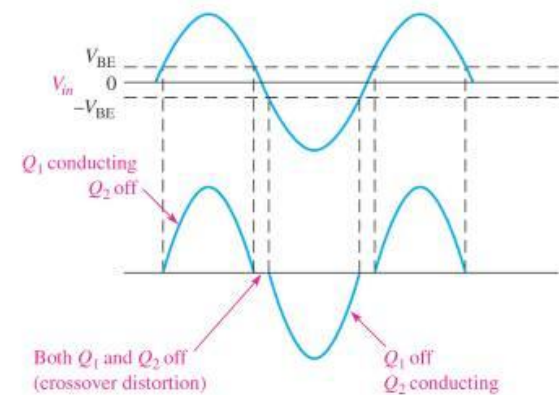
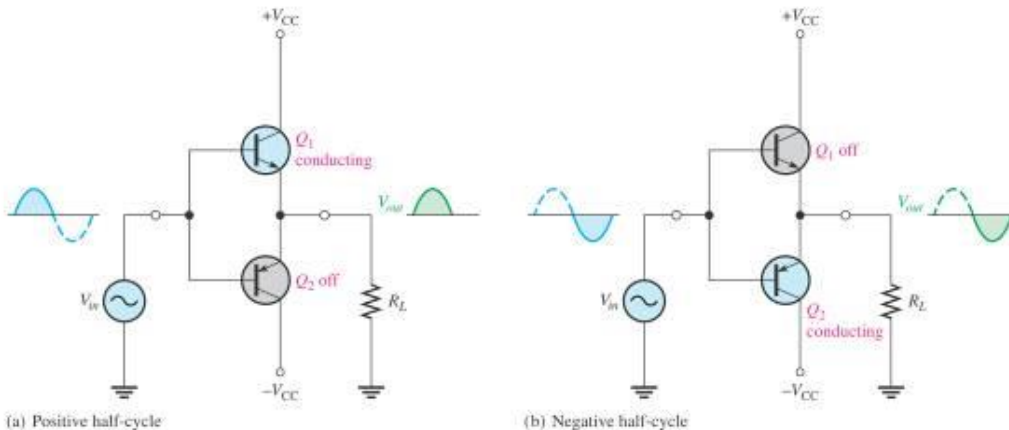
Klasse A forsterker - max virkningsgrad $\eta = 25\%$

Transistorforsterkere – Effektforsterkere klasse B



Emitterfølger gir effektforsterkning
 Forsterker som bare virker på en halvperiode = klasse B forsterker

”Push-Pull” – **Klasse B forsterkere** – bruker både **npn** - og **pnp** – transistorer
 Uten signal er begge transistorene ”cut off”

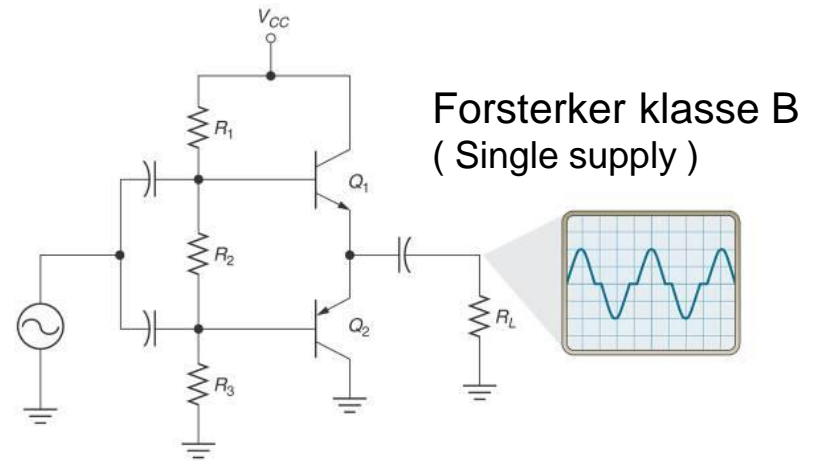
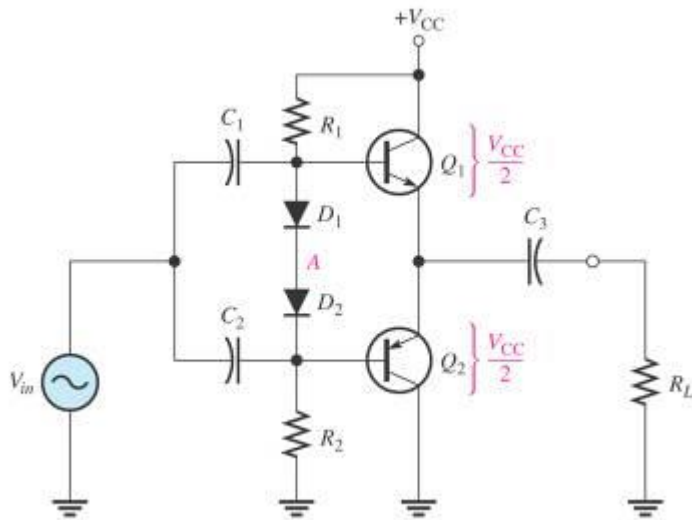


Forsterkeren har ”Cross over distrortion” – transistorene er ”cut off” en kort periode ved hver ”0”- gjennomgang. Base – Emitter-dioden må overstige 0,7 volt før transistoren leder .. Dette forårsaker ”forvrengning” av signalet.

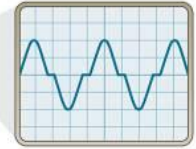
Transistorforsterkere - Effektforsterkere

Effektforsterker klasse AB

– ingen "cross over"- forvrengning



Forsterker klasse B
(Single supply)



Forsterker klasse AB

Vha. 2 dioder "forspennes" de to basene på transistorene Q_1 og Q_2 slik at de leder litt strøm - uten signal inn.

Dvs. hele signalperioden forsterkes – Transistorene er ikke "cut off" når signalet nærmer seg "0".

For $V_{CC}=15$ volt blir maks signalspenning over $R_L= 15V_{pp}$ $V_{rms} = 5,35$ volt

$$Effekten P_{Lmax} = \frac{(V_{RL(RMS)})^2}{R_L} = \frac{(7,5v_p / \sqrt{2})^2}{10} = 2,8watt \quad \underline{\text{For } V_{CC} = 15 \text{ volt } R_L = 10\Omega}$$

Klasse AB forsterker - max virkningsgrad $\eta = 75 - 78 \%$

Transistorforsterkere – Effektforsterkere - Klasse D

“Class D”- forsterkere finnes i flere utgaver– noen har digital inngang andre analog. Figuren viser blokk-skjematisk hvordan et analogt signal “puls-bredde –modulerer” et puls-tog på utgangen. (Pulse With Modulation – (PWM))

Transistorene i slutt-trinnet skifter mellom to tilstander – helt av - «cut off» eller helt på - «saturation»

Fordel : nesten ingen varmeutvikling i slutt-trinnet. Små integrerte forsterkere kan levere stor effekt.

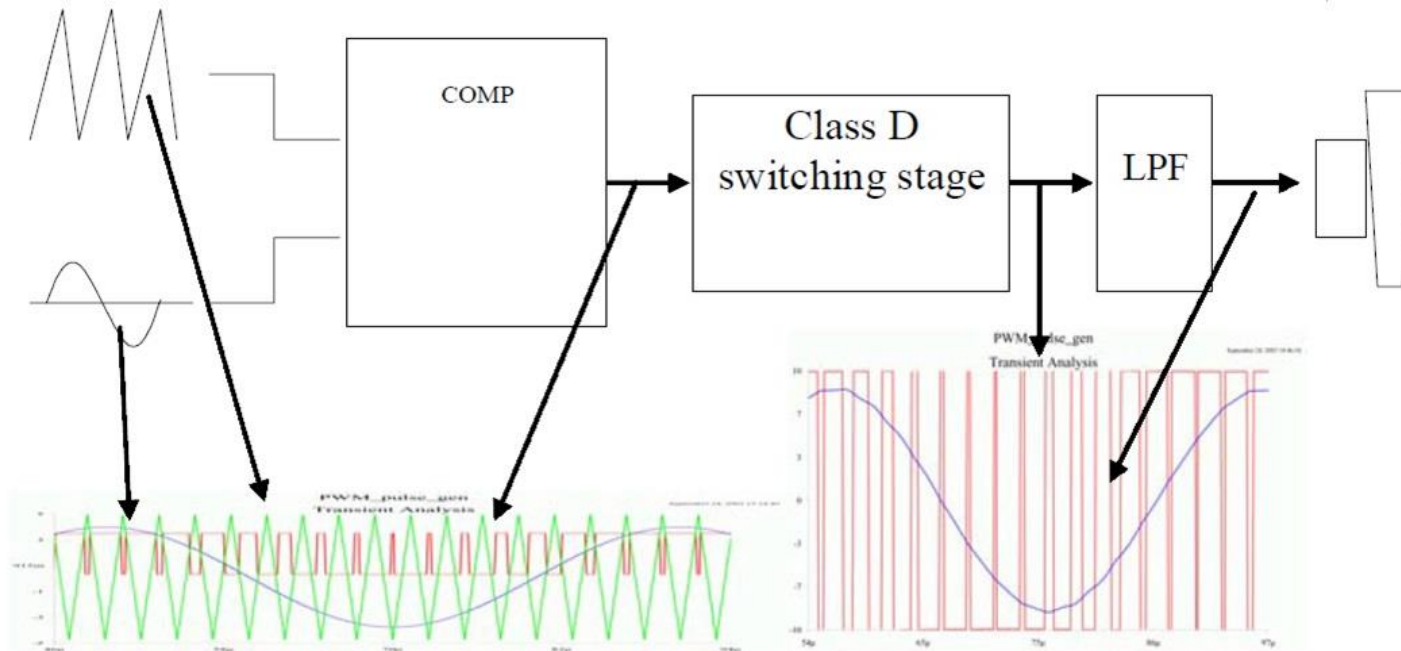


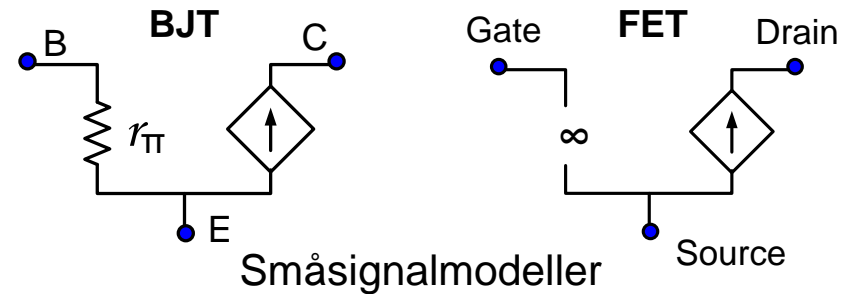
Fig 2a PWM Signal Generation

Fig 2b Output Filtering

Fig 2) Class D Amplifier Waveforms

Felt-Effekt-Transistor FET

Spenningskontrollert strømkilde



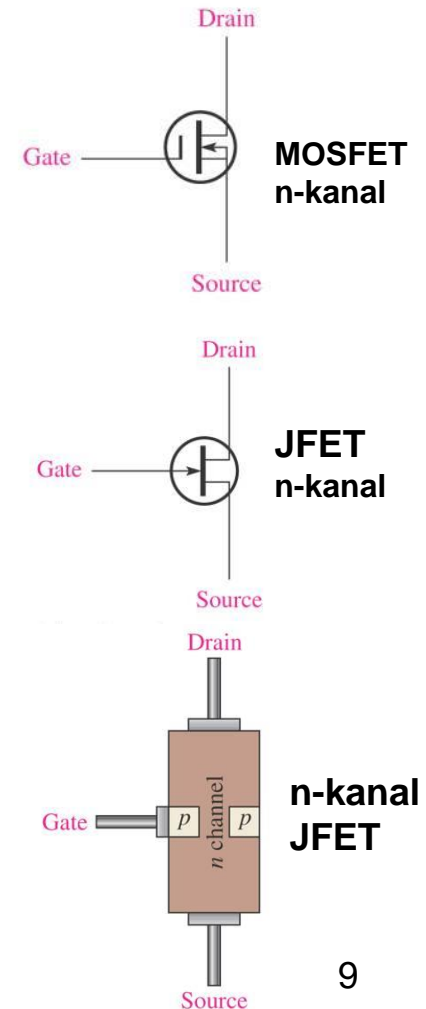
BJT vs FET - FET har en MEGET stor inngangsmotstand i forhold til en BJT

Ladningstransport i en FET skjer ved MAJORITETSBÆRERE. Vi kaller derfor en FET for en UNIPOLAR komponent (device)

To typer FET : **MOSFET** og **JFET**
 MOSFET : **M**etall **O**ksyd **F**elt **E**ffekt **T**ransistor
 JFET : **J**unction **F**elt **E**ffekt **T**ransistor

Fordeler med FET : Meget stor inngangsmotstand.
 Vil ikke belaste signalkilden så mye som en BJT.

Ulemper med FET : For samme arbeidsstrøm ($I_C = I_D$) vil en FET ha mye lavere transkonduktans g_m enn en BJT – Det betyr mindre forsterkning – Typisk FET $g_m = 2 - 10 \text{ mS}$

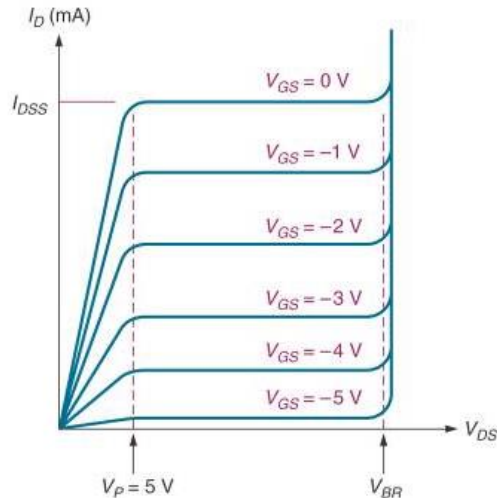
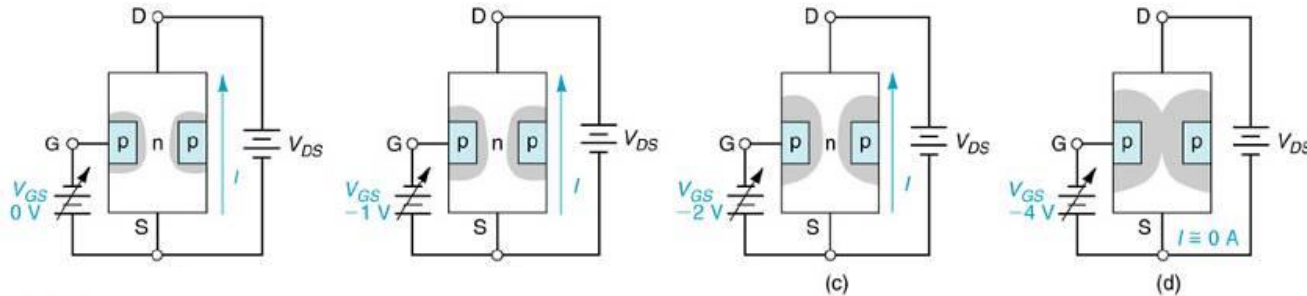
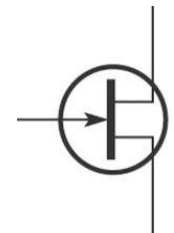
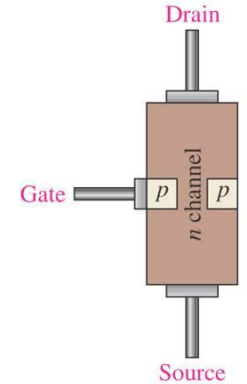


Felteffekt-transistor FET

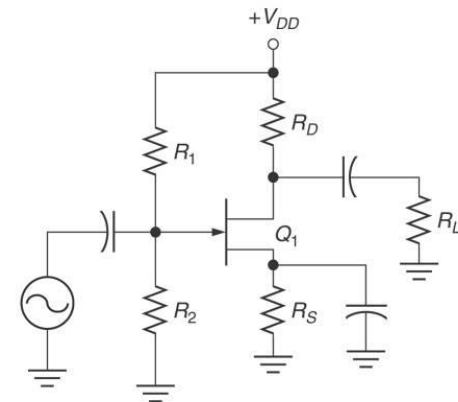
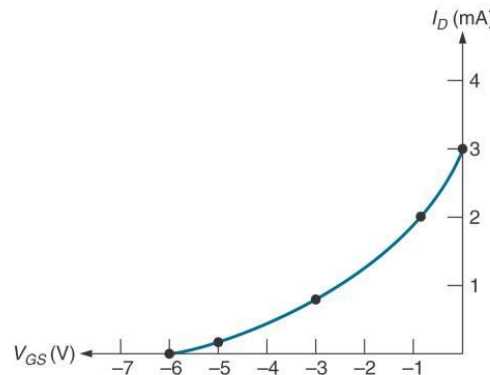
JFET : Junction Felt Effekt Transistor

Mellom p- og n- dannes et sperresjikt (som i en vanlig diode). Når vi øker spenningen i sperreretningen - øker tykkelsen på dette sjiktet. Vi når fort en verdi (Pinch-Off Voltage V_P) hvor det bare blir en meget tynn kanal som kan lede strøm mellom S og D. Økes spenningen – øker lengden av denne tynne kanalen. Vi er inne i det "flate" område på karakteristikken.

n-kanal JFET



breakdown voltage (VBR)

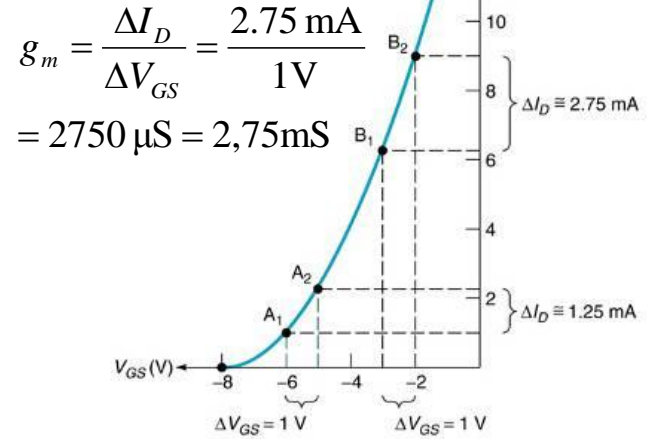


N-kanal JFET som forsterker

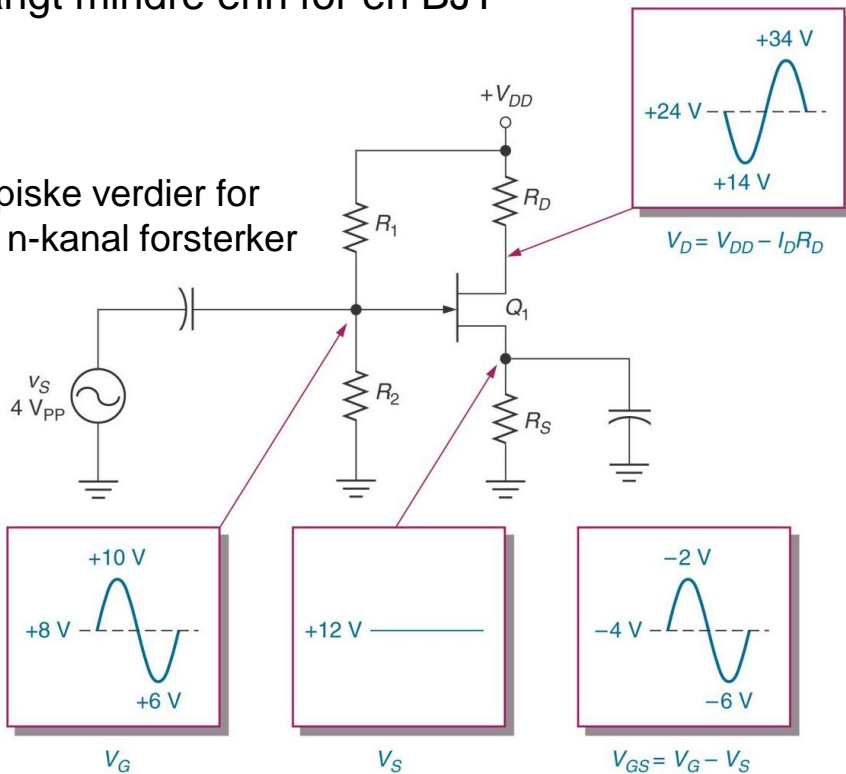
Felteffekt-transistor FET

JFET : Junction Felt Effekt Transistor

På samme måte som med bipolare junction transistorer innføres her **Transconductance** g_m . Men som vi ser av kurven for I_D vs. V_{GS} – dette er ingen eksponentialfunksjon. Det betyr at g_m for en JFET blir langt mindre enn for en BJT



Typiske verdier for en n-kanal forsterker



Typiske verdier for JFET

Spenningsforsterkning

$$A_v = g_m r_D$$

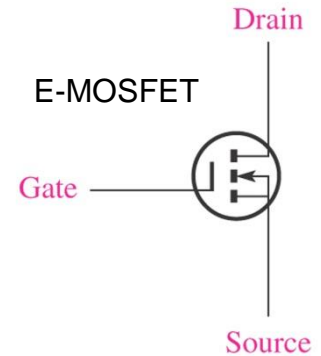
Husk - g_m for en BJT var 40 – 80 mS

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{2mA}{25mV} = 80mS$$

MOSFET : Metall Oksyd Felt Effekt Transistor

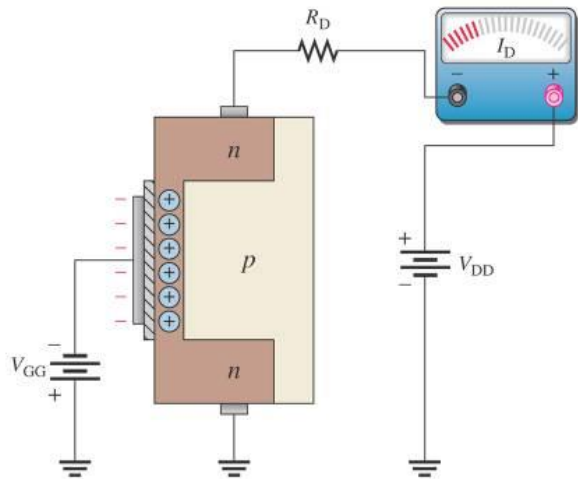
2 typer MOSFET

- Enhancement MOSFET (Normalt av)
- Depletion MOSFET (Normalt på)

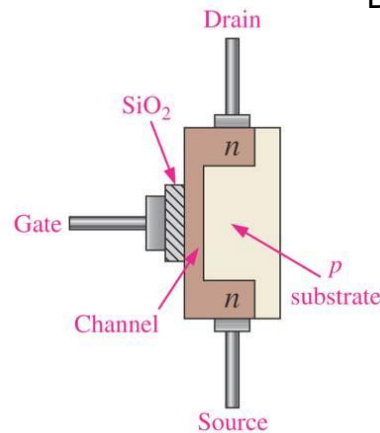


Depletion MOSFET (Normalt på)

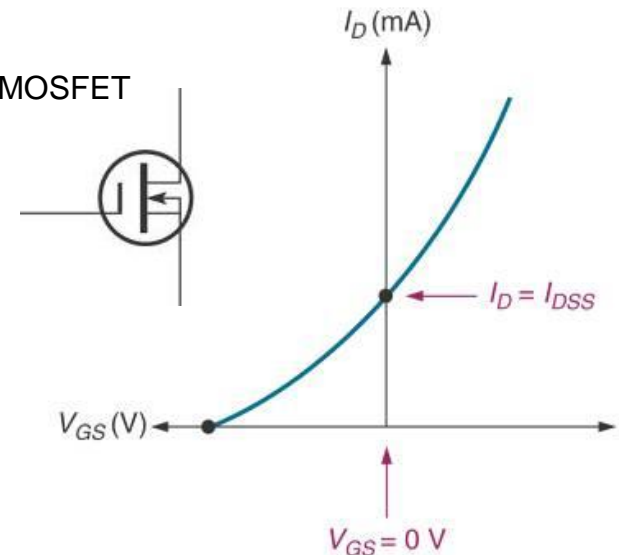
Uten spenning på Gate eksisterer en ledende kanal mellom Source og Drain. Gate - Source spenningen (V_{GS}) bestemmer hvor "åpen" kanalen mellom Source og Drain skal være



(a) Depletion mode: V_{GS} negative and less than $V_{GS(off)}$

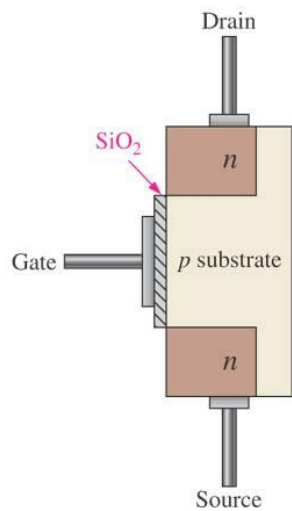


D-MOSFET

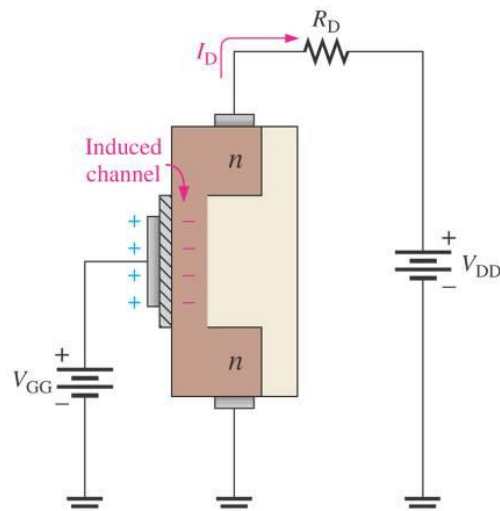


MOSFET : Metall Oksyd Felt Effekt Transistor

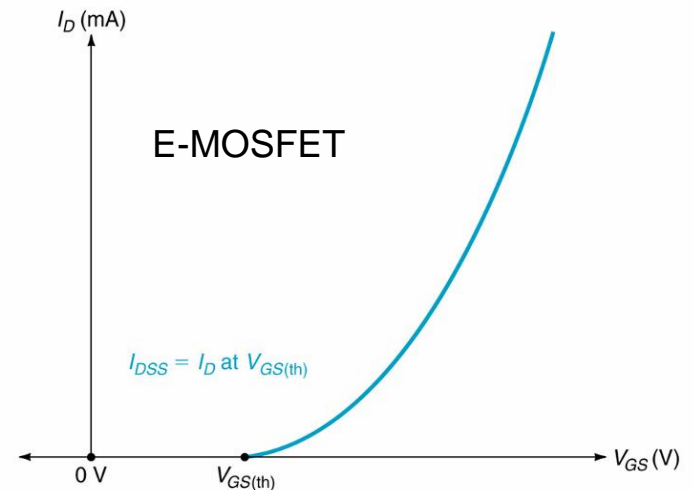
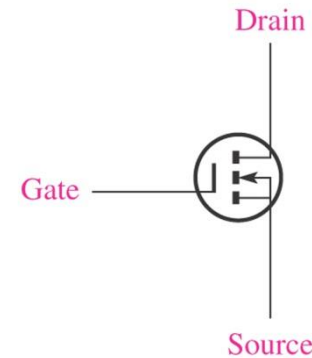
Enhancement MOSFET (Normalt av)
Gate - Source må ha en tilstrekkelig høy pos. spenning ($V_{GS(th)}$) før det etableres en ledende kanal mellom Source og Drain.



(a) Basic construction



(b) Induced channel ($V_{GS} > V_{GS(th)}$)



E-MOSFET må ha pos. spenning på Gate før den leder strøm

MOSFET : Metall Oksyd Felt Effekt Transistor

Anvendelser

MOSFET brukes både i analoge og i digitale kretser – men mest digitalt

- Arbeider med "rektangulære kurveformer" – "firkantpulser" – "0" og "1"
- **Complimentary MOS (CMOS)** – danner en egen digital kretsfamilie
- CMOS gir enklere logiske kretser enn BJT
- CMOS trekker vesentlig mindre strøm enn BJT-kretser
- trenger nesten ingen "input current"

CMOS inverter

Bruker både n-kanal og p-kanal (complimentary) MOS.

Når Q1 er åpen er Q2 stengt - og omv. Det betyr meget lite strømtrekk når kretsen arbeider statisk. (Dvs. står med et fast logisk nivå – "0" eller "1")

