

Forelesning nr.7 IN 1080

Elektroniske systemer

RC-kretser

CMOS-transistorer

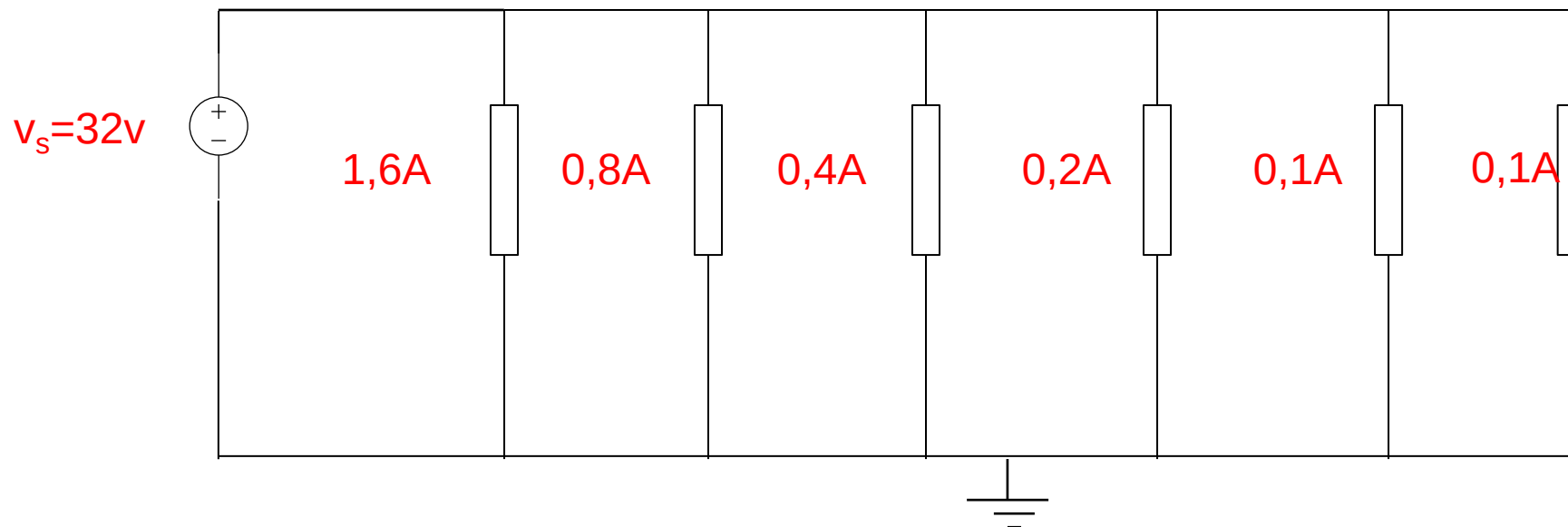


Dagens temaer

- Løsning på nøttene
- Mer om passive RC-kretser
 - Filtre
 - AC-koblinger
 - Lead/lag
- CMOS-transistorer
 - Digitale kretser: AND, OR og NOT

Nøtt fra forelesning 3

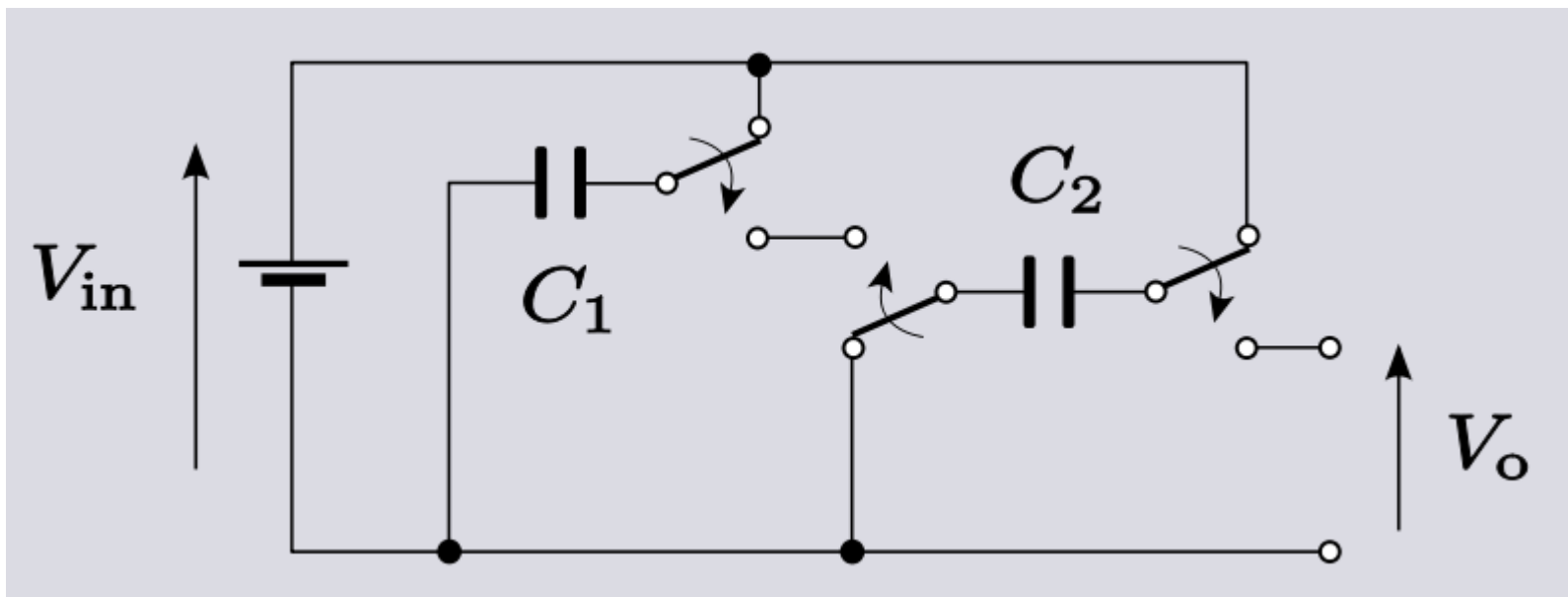
- Gitt en krets som skal brukes til å lage 6 strømmer slik det er vist:



- Hvis du bare har én motstandsstørrelse tilgjengelig, hvor stor må denne være for at du skal klare deg med så få motstander som mulig?

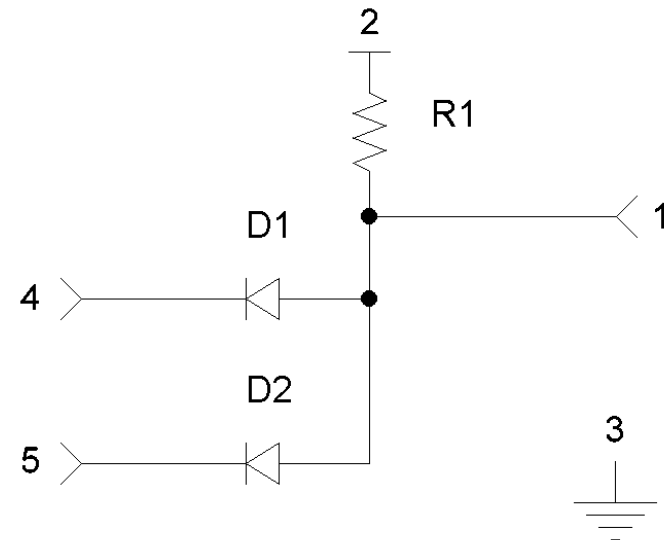
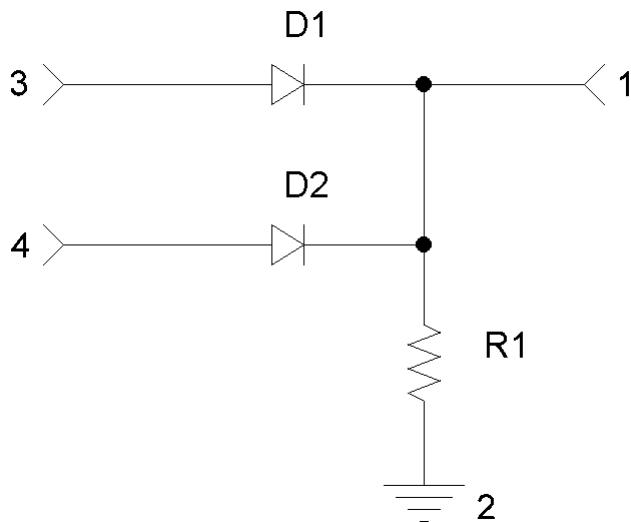
Nøtt fra forelesning 5

- Hva gjør denne kretsen? (dvs hva er sammenhengen mellom V_{in} og V_o når bryterene åpnes og lukkes?) Anta ideelle kondensatorer



Nøtt fra forelesning 7

Hvilke Boolske funksjoner utfører de to kretsene?



RC-anvendelser

- RC-kretser brukes i mange typer kretser
 - Likeretting (omvandling fra ac til dc-spenninger)
 - Klokkesignaler (oscillatorer), tidsstyring og kontroll av f.eks blinklys
 - Fjerning av uønskede spenningstopper (sammen med dioder)
- Skal se på noen eksempler:
 - Filtre
 - AC-koblinger
 - Forsinkelseskretser
 - Integrasjon og derivasjon



Filtre (1)

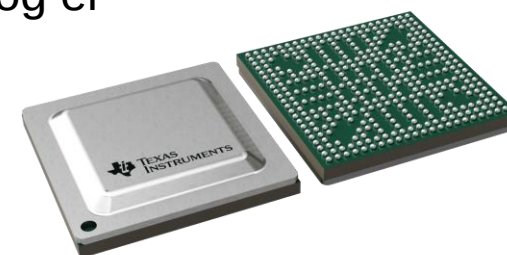
- Et *filter* er en kontrollmekanisme som slipper gjennom noe med bestemte egenskaper ting og blokkerer andre
 - En tesil: Slipper gjennom vann (veldig små molekyler), men blokkerer teblader (store objekter sammenlignet med vannmolekyler)



- Utesteder med aldersgrense :
 - Yngre 20 år: Ingen adgang
 - 20 år eller eldre: Adgang

Filtre (2)

- I elektroteknikk er filtre utbredt, f.eks. for å:
 - Fjerne uønskede høyspenninger i bolighus
 - Forhindre at det går for mye strøm gjennom ledninger
- I elektroniske kretser bygger man filtre for å
 - Fjerne visse frekvensområder og/eller la andre slippe gjennom
 - Fjerne høye spenninger som kan ødelegge kretser
 - Fjerne eller blokke støy som forstyrrer nyttesignaler
- Filtre er også mye brukt i signalbehandling
 - Digitale filtre er algoritmer som arbeider med digitale signaler og er enten sw-baserte eller implementert i spesiell hw (DSP)



Filtre (3)



- Filtre har ulike egenskaper og parametre; en av de viktigste er hvilke frekvenser som stoppes og hvilke som slipper gjennom :
 - **Høypassfiltre** stopper lave frekvenser og slipper gjennom høye
 - **Lavpassfiltre** slipper gjennom lave frekvenser og stopper høye
 - **Båndpassfiltre** slipper igjennom frekvenser i et bestemt område og stopper frekvenser utenfor dette området
 - **Båndstoppfiltre** stopper frekvenser innenfor et bestemt område og slipper gjennom frekvenser utenfor dette området

Filteregenskaper og gain (1)

- Egenskapene og oppførselen til et filter kalles *filterkarakteristikken*
- En viktig egenskap er *gain* (forsterkning) og er forholdet mellom utsignalet og innsignalet
- Den enkleste varianten er se på forholdet mellom utgang og inngang for samme signaltype:

$$G_v = A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} \quad G_i = A_i = \frac{i_{out}}{i_{in}}$$

- A = “Amplification” $\approx$ “Gain” og måles vanligvis i decibel (dB)

$$\underbrace{G_{dB} = 20 * \log(A_v)}_{\text{dB for spenningsgain}}$$

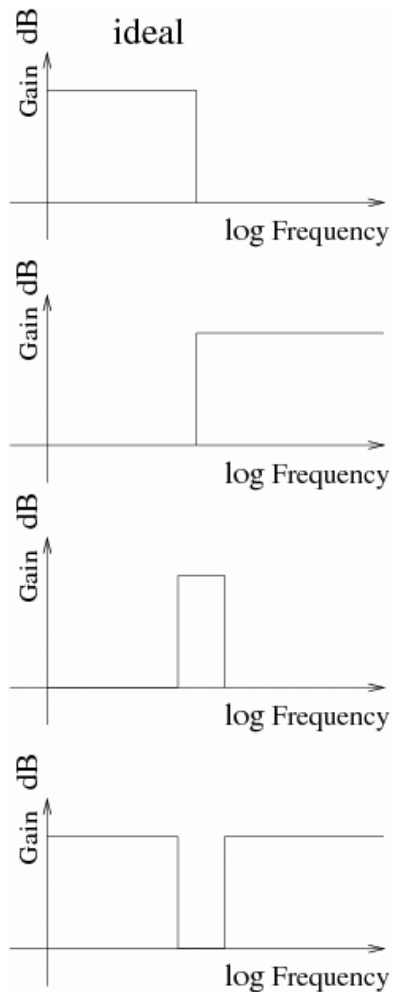
$$\underbrace{G_{dB} = 20 * \log(A_i)}_{\text{dB for strømgain}}$$

Filteregenskaper og gain (2)

- Sammenheng mellom noen dB-verdier og Gain
 - 0 dB tilsvarer $V_{\text{out}}=V_{\text{in}}$ og $A_v = 1$, dvs ingen forsterkning
 - ~6 dB tilsvarer $V_{\text{out}} = 2 \cdot V_{\text{in}}$
 - 20 dB tilsvarer $V_{\text{out}} = 10 \cdot V_i$ og $A_v = 10$
 - -20 dB tilsvarer $V_{\text{out}} = 0.1 \cdot V_i$ og $A_v = 0.1$
 - 30 dB tilsvarer $V_{\text{out}} = 1000 \cdot V_i$ og $A_v = 1000$
- decibel-skalaen er svært utbredt innen bla akustikk, antennemålinger, audio-elektronikk, energi, feltstyrke, osv. MEN
 - Både definisjonene og navnene varier, f.eks dBV, dBA, dB Q, dBsm, dBJ
 - For eksempel: Forholdet mellom effekt ut og effekt in er $A_p=A_v \cdot A_i$ og i desibel:

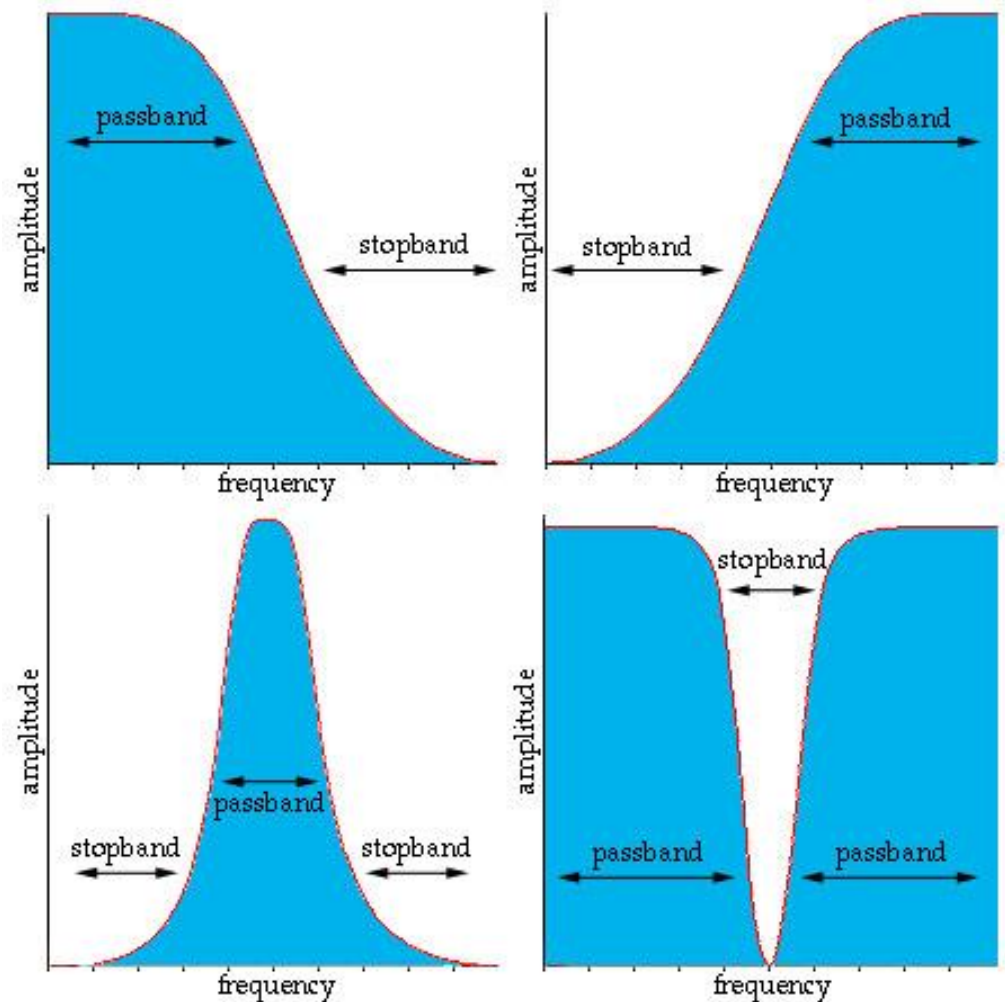
$$G_{dB} = 10 * \log(A_p)$$

Ideelle versus fysiske filtre



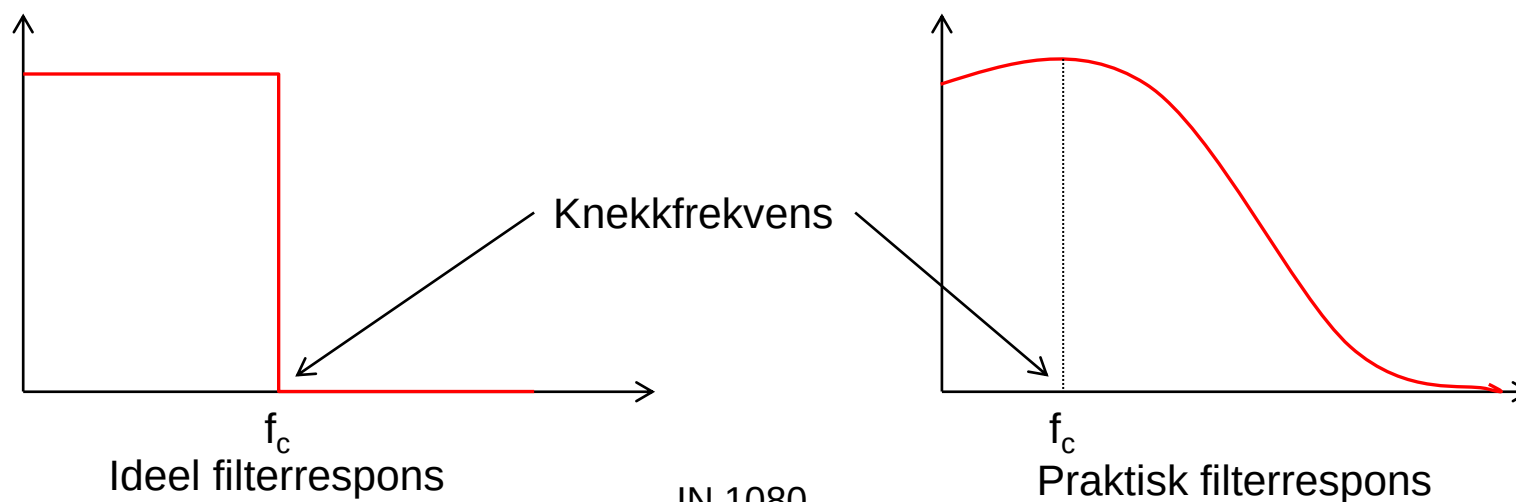
Ideelle
filtre

Fysiske
filtre



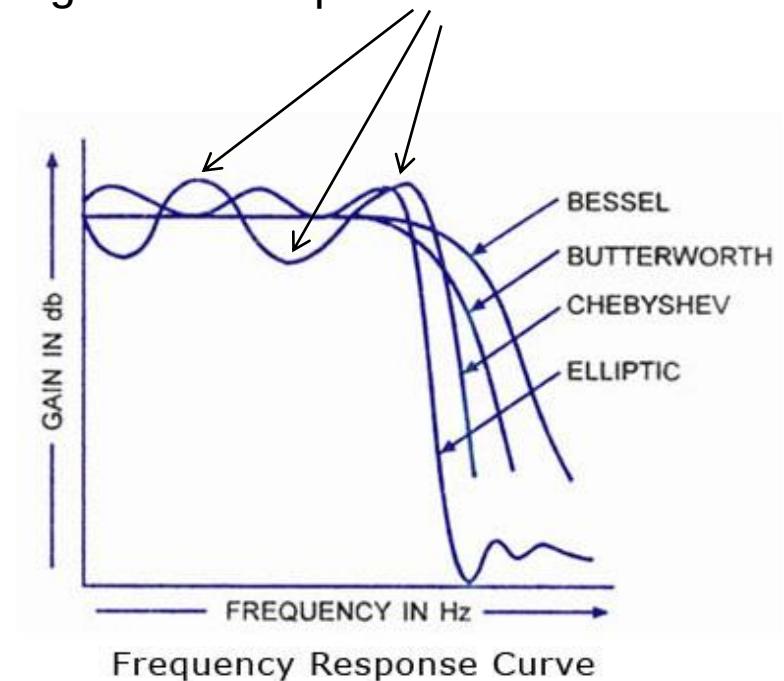
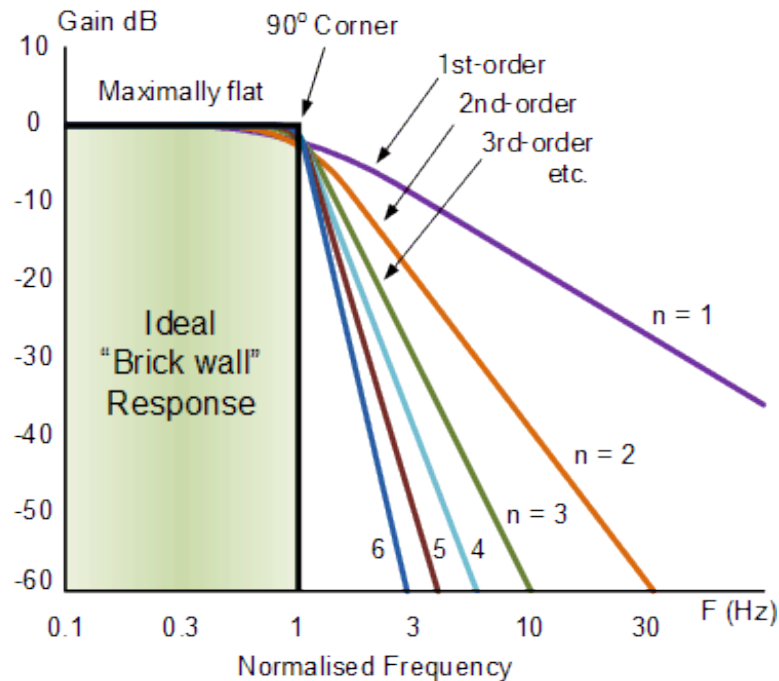
Knekkfrekvens

- Knekkfrekvensen («cutoff») er frekvensen hvor filteret begynner å slippe igjennom (eller stoppe) signaler
- **Ideelle filtre** slipper gjennom signaler i passområdet *uten dempning*, og stopper *fullstendig* signaler utenfor
- **I praksis** dempes signaler i passområdet, og stoppes ikke helt i stoppområdet
- Båndbredden er frekvensområdet som slipper igjennom filteret



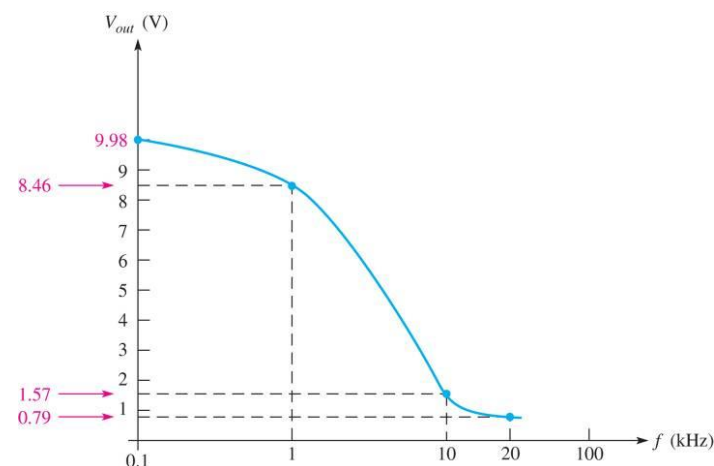
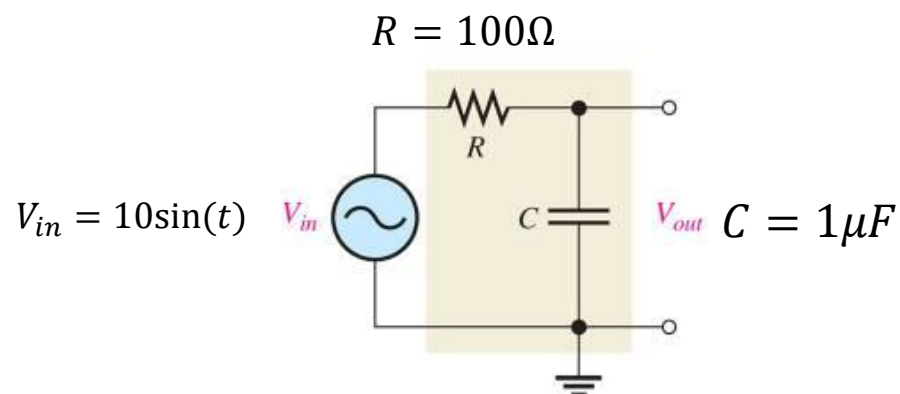
Ulike filtre og filterkarakteristikker

- Filtre finnes i mange typer med ulike navn
 - Filterets orden angir hvor raskt filteret demper
 - Jo brattere kurve desto bedre, men gir uheldige effekter i passområdet



RC-krets som lavpassfilter

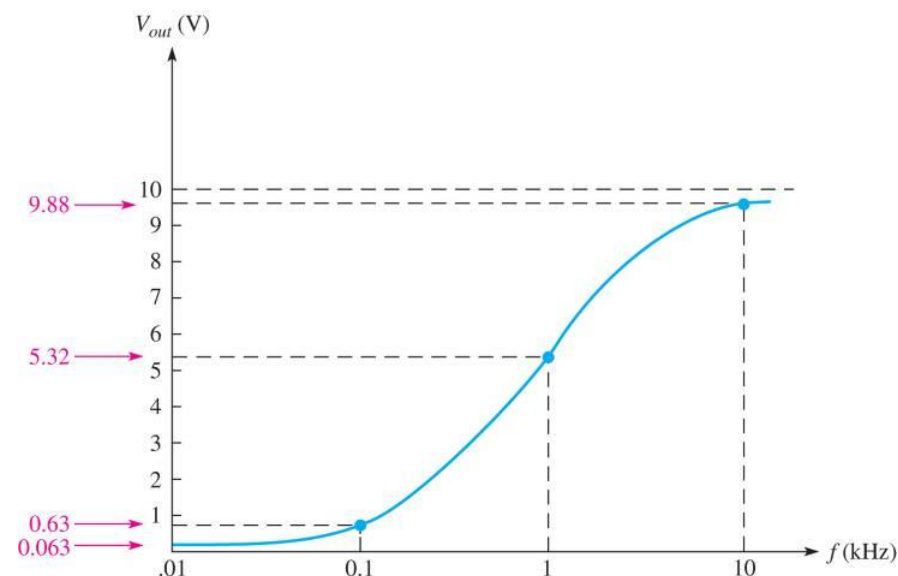
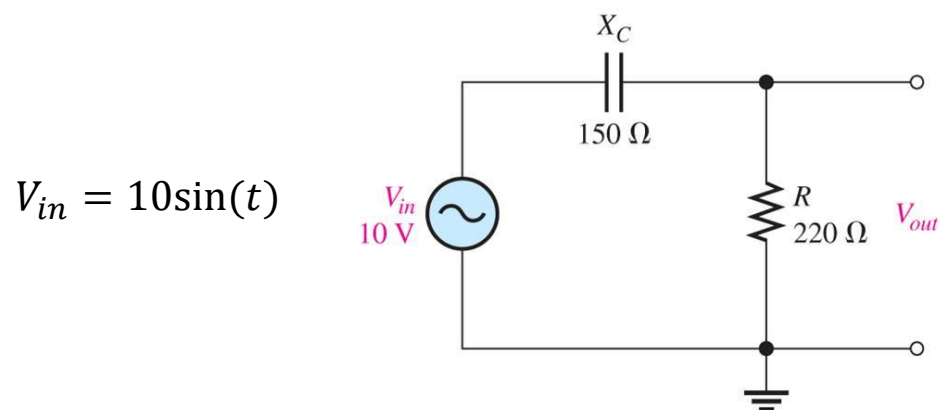
- RC-krets brukt som lavpassfilter



- Knekkfrekvensen f_c er den frekvensen hvor den kapasitive reaktansen og resistansen er like store: $R = X_c \Leftrightarrow R = \frac{1}{2\pi f_c C} \Leftrightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC}$
- I knekkfrekvensen er utgangsspenningen ca 70,7% av maks verdi
- Båndbredden er definert som området fra 0 Hz til f_c

RC-krets brukt som høypassfilter

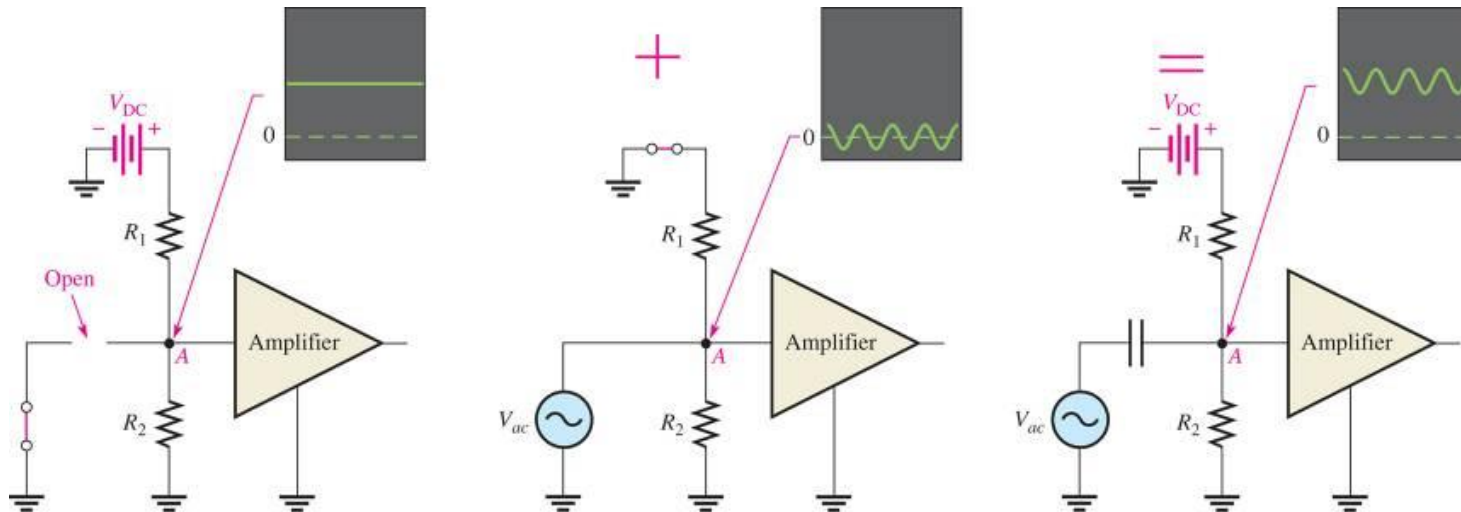
- RC-krets som høypassfilter



- Knekkfrekvensen $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ mens båndbredden er fra f_c til ∞ for et høypassfilter

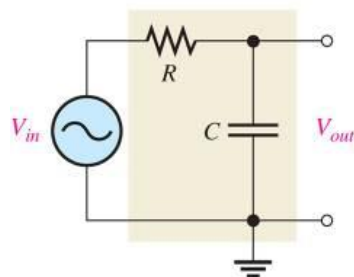
AC-kopling med DC-bias

- I noen kretser vil man isolere et AC (input)signal fra resten av kretsen, eventuelt også samtidig legge til et DC-offset

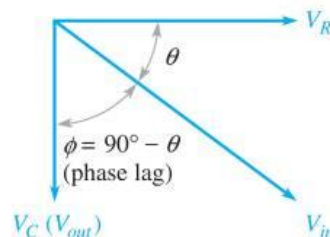


RC lead/lag kretser

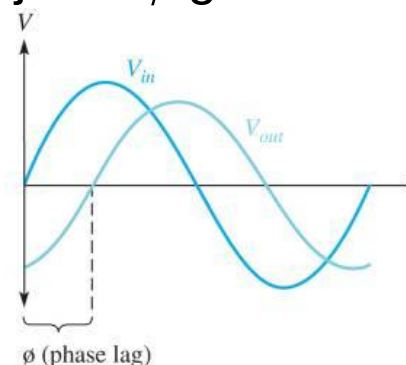
- RC «lead»- og «lag»-kretser er faseskiftkretser
- I en RC «lag»-krets er utspenningen V_{out} forskjøvet ϕ grader i forhold til V_{in}



(a) A basic RC lag circuit



(b) Phasor voltage diagram showing the phase lag between V_{in} and V_{out}



(c) Input and output voltage waveforms

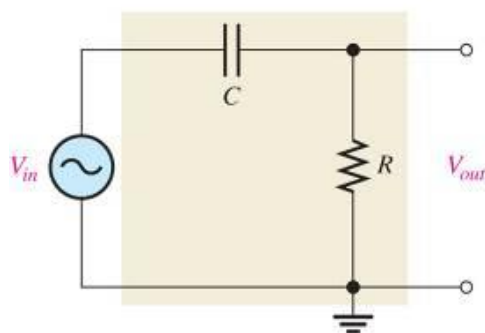
- V_{out} er lik V_C , V_{in} lik V_s og $\phi = 90^\circ - \theta$
- Kretsen kan også ses på som en spenningsdeler hvor

$$\phi = 90^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right)$$

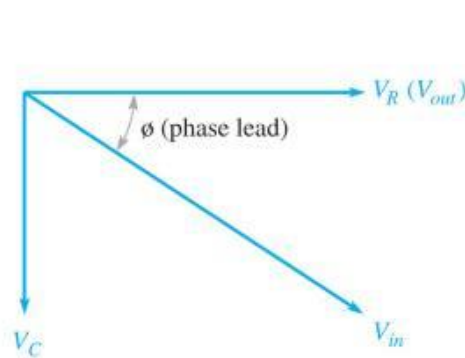
$$V_{out} = \left(\frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \right) V_{in}$$

RC lead/lag kretser (forts)

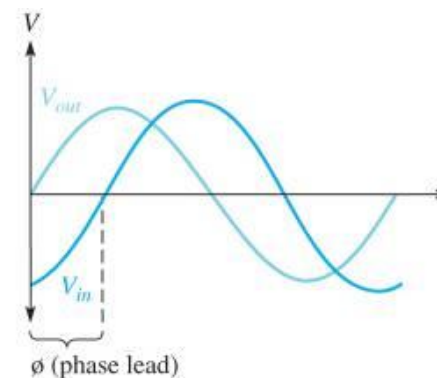
- Ved å bytte om R og C får man en RC-«lead»-krets



(a) A basic RC lead circuit



(b) Phasor voltage diagram showing the phase lead between V_{in} and V_{out}



(c) Input and output voltage waveforms

- Utspenningen tas over resistoren og φ og V_{out} er her gitt av R og X_C

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right)$$

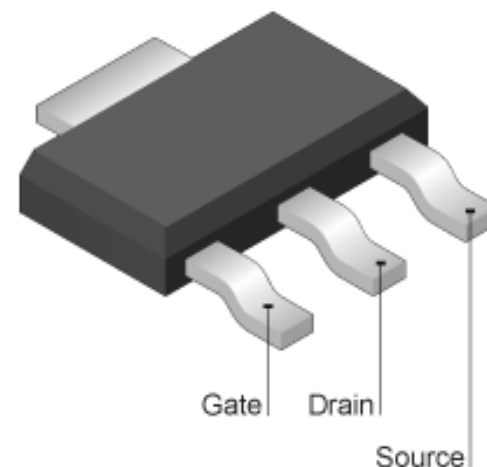
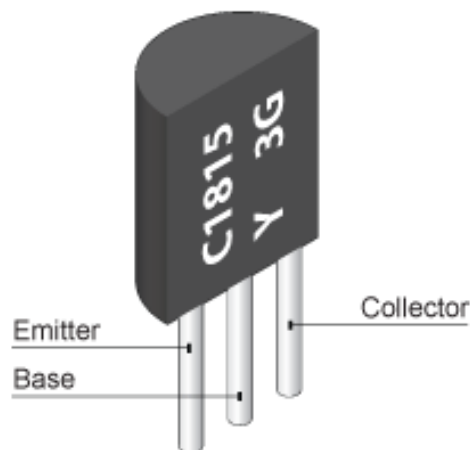
$$V_{out} = \left(\frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \right) V_{in}$$

Transistorer

- Transistoren er den viktigste typen halvleder
- En transistor brukes både i analog og digital elektronikk
 - **Strømstyrt/spenningsstyrt strømkilde:** I forsterkere og filtre i analog elektronikk;
 - **Strømstyrt/spenningsstyrt bryter** (strømkilden er enten av eller på): I logiske porter (AND, OR og NOT, NAND/NOR)
- Med transistorer kan man også lage
 - Dioder
 - Kondensatorer
 - Resistorer

Transistortyper

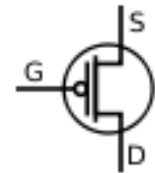
- Transistorer lages i mange ulike teknologier og for forskjellig bruk
- To hovedtyper
 - **Bipolare** (BJT) brukes hovedsaklig til forsterkere i analoge kretser
 - **Felteffektransistorer** (FET) er mest utbredt, bla i logiske porter i digitale kretser, i likerettere, strømforsyninger og styring av av elektriske motorer



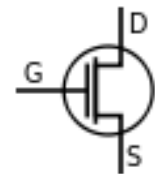
CMOS

- CMOS er en type FET hvor man produserer to ulike typer transistorer (PMOS og NMOS) på samme integrerte krets
- CMOS-transistorer er spenningsstyrte strømbrytere
- En CMOS transistor har tre terminaler G(ate), S(ource) og D(rain)
- Det går ingen strøm inn i G
- Spenningene til G, D og S (målt i forhold til et referansepunkt, vanligvis jord) kalles V_G , V_D og V_S

PMOS

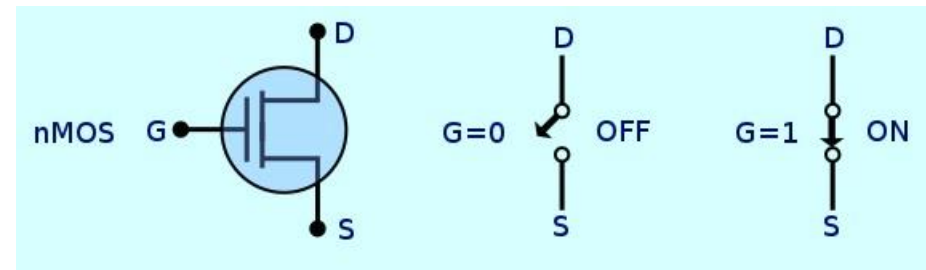
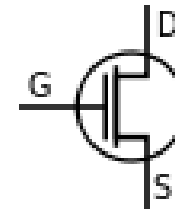


NMOS

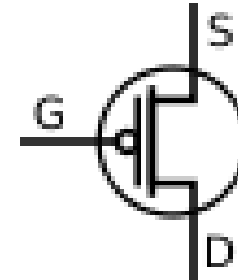


NMOS

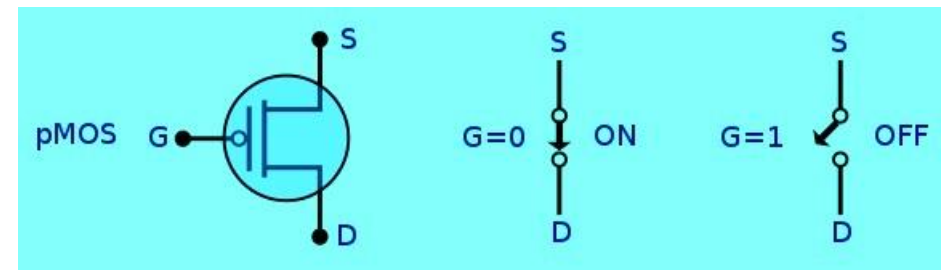
- NMOS: Hvis $V_G - V_S > 0,7\text{V}$ **leder** den, dvs **lav** motstand mellom S og D
 - Mao hvis Gate-spenningen er mer enn 0,7V høyere enn Source-spenningen vil transistoren lede
- NMOS: Hvis $V_G - V_S \leq 0,7\text{V}$ **sperrer** den, dvs **høy** motstand mellom S og D
 - Mao hvis Gate-spenningen er mindre enn 0,7V høyere enn Source-spenningen vil NMOS-transistoren sperre



PMOS

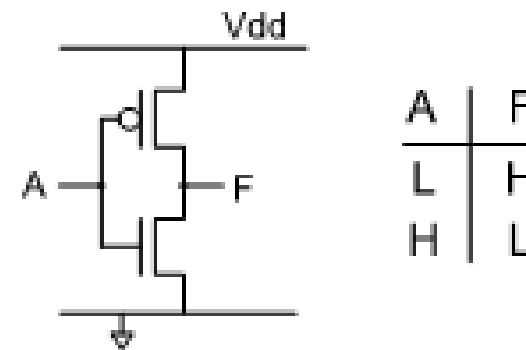


- PMOS: Hvis $V_S - V_G > 0,7\text{V}$ **leder** den, dvs **lav** motstand mellom S og D
 - Mao: Hvis Gate-spenningen er mer enn 0,7V lavere enn Source-spenningen vil PMOS-transistoren lede
- PMOS: Hvis $V_S - V_G \leq 0,7\text{V}$ **sperrer** den, dvs **høy** motstand mellom S og D
 - Mao: Hvis Gate-spenningen er mindre enn 0,7V lavere enn Source-spenningen vil PMOS-transistoren sperre



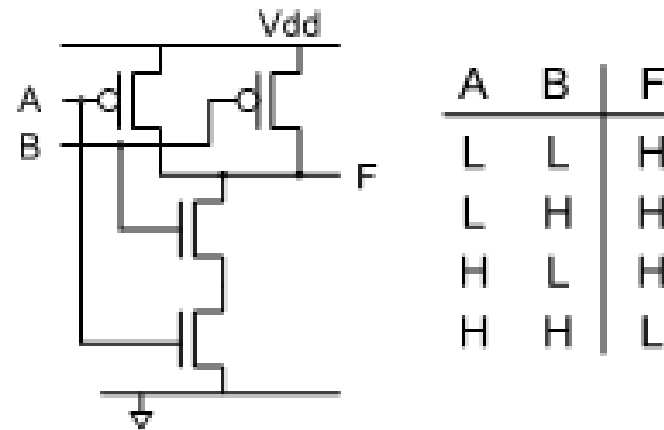
Digitale porter: NOT

- En inverter tar som input et signal som enten er lavt, dvs logisk '0' (0v) eller høyt logisk '1' (5v) og produserer et utsignal som er det inverterte av innsignalet



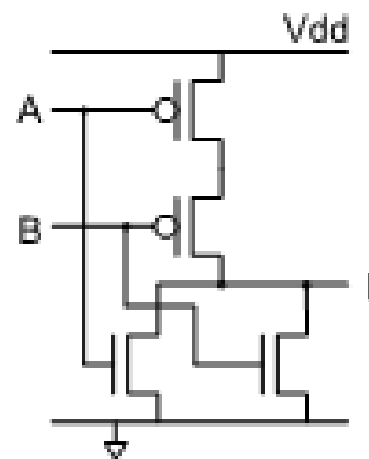
Digitale porter: NAND-port

- En NAND-port utfører en logisk NAND-operasjon mellom to binære inputsignal (dvs signal som har kun to diskrete signalnivåer)



Digitale porter: NOR-port

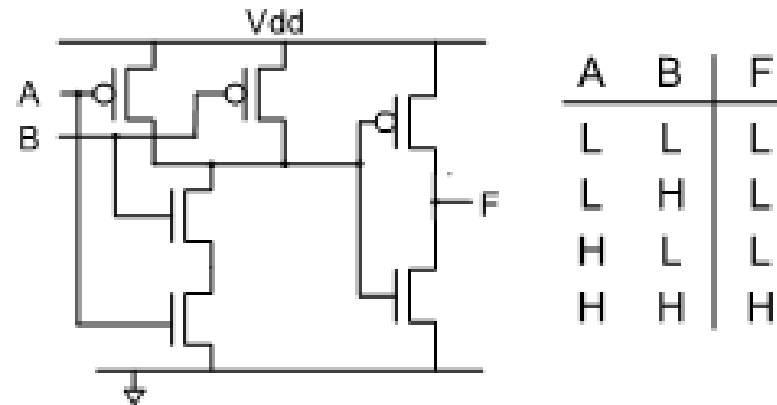
- En NOR-port utfører en logisk NOR-operasjon mellom to binære inputsignal (dvs signal som har kun to diskrete signalnivåer)



A	B	F
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	L

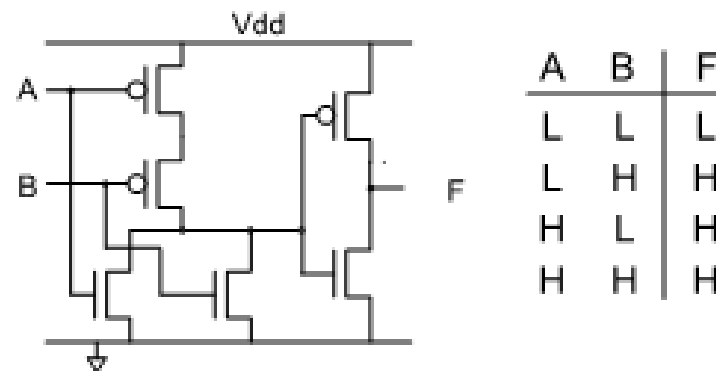
Digitale porter: AND-port

- En AND-port konstrueres vha en NAND-port og en inverter



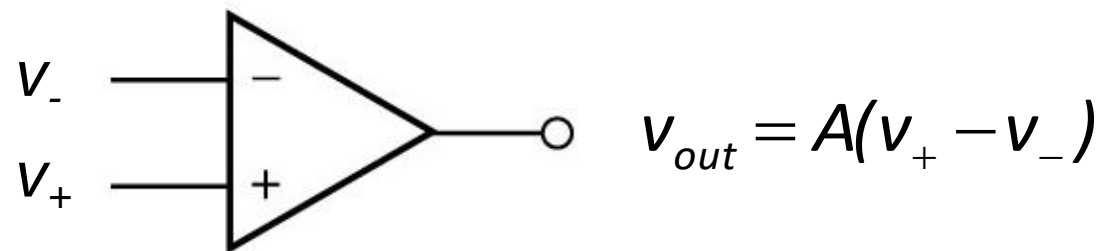
Digitale porter: OR-port

- En OR-port konstrueres vha en NOR-port og en inverter



Operasjonsforsterker

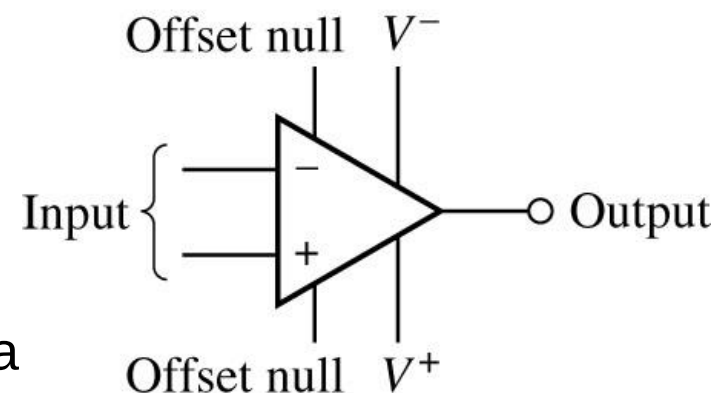
- En opamp er en spenningsforsterker med to innganger og én utgang



- Inngangene kalles hhv *inverterende* (-) og *ikke-inverterende* (+)
- A er forsterkningen eller *Gain*

Enkel opamp-modell

- Opamp'en er en aktiv enhet som trenger ekstern strømforsyning og kalibrering
- Kalibrering brukes for å rette opp små avvik og variasjoner
- Med opamp'er lager man andre typer forsterkere, bla *differensielle forsterkere* og *instrumenteringsforsterkere*



Karakteristikk til en ideel opamp

- En *ideell* operasjonsforsterker har følgende egenskaper:

- Inngangsmotstanden $R_i = \infty$
- Utgangsmotstanden $R_o = 0$
- Spenningsforsterkningen $A_v = \infty$
- Båndbredden = ∞
- $V_{out} = 0$ når $V_+ = V_-$ uavhengig av størrelsesordenen til V_-

