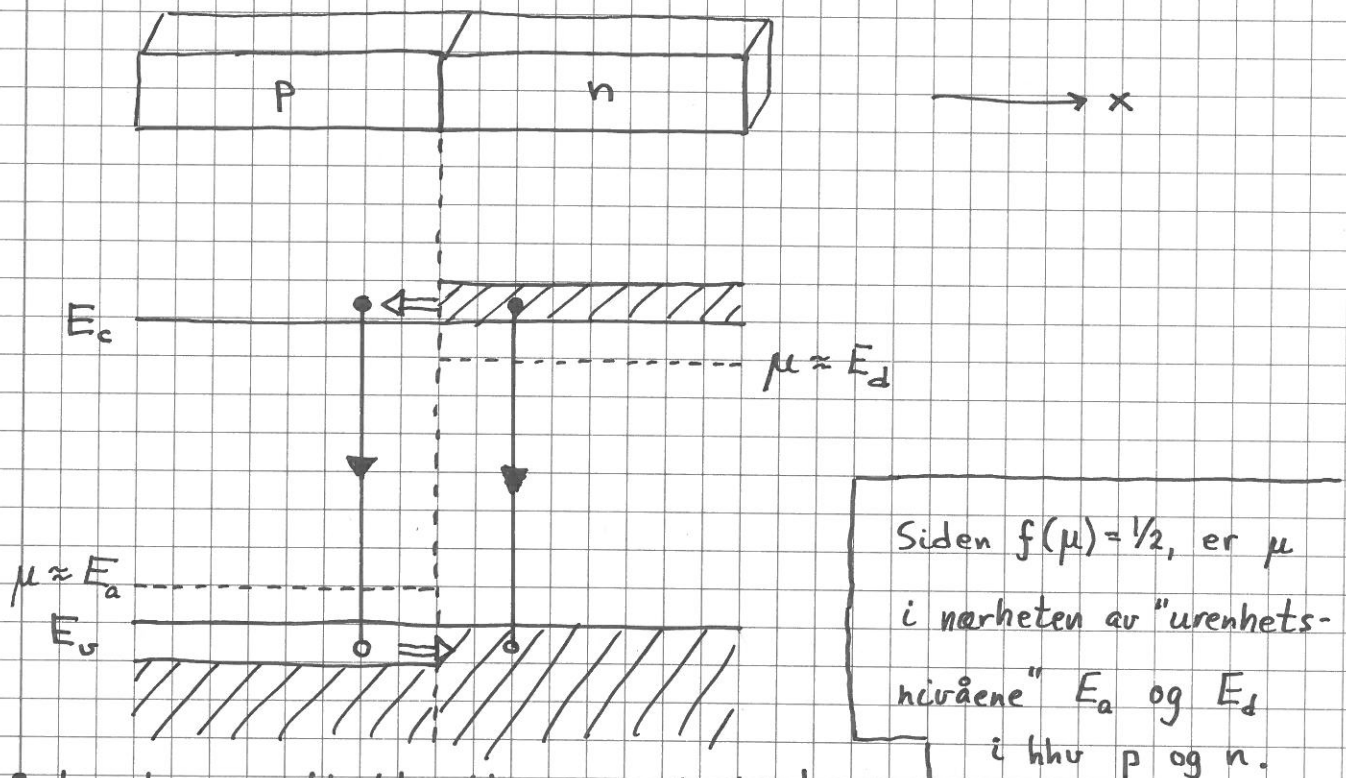


Anvendelser av halvledere

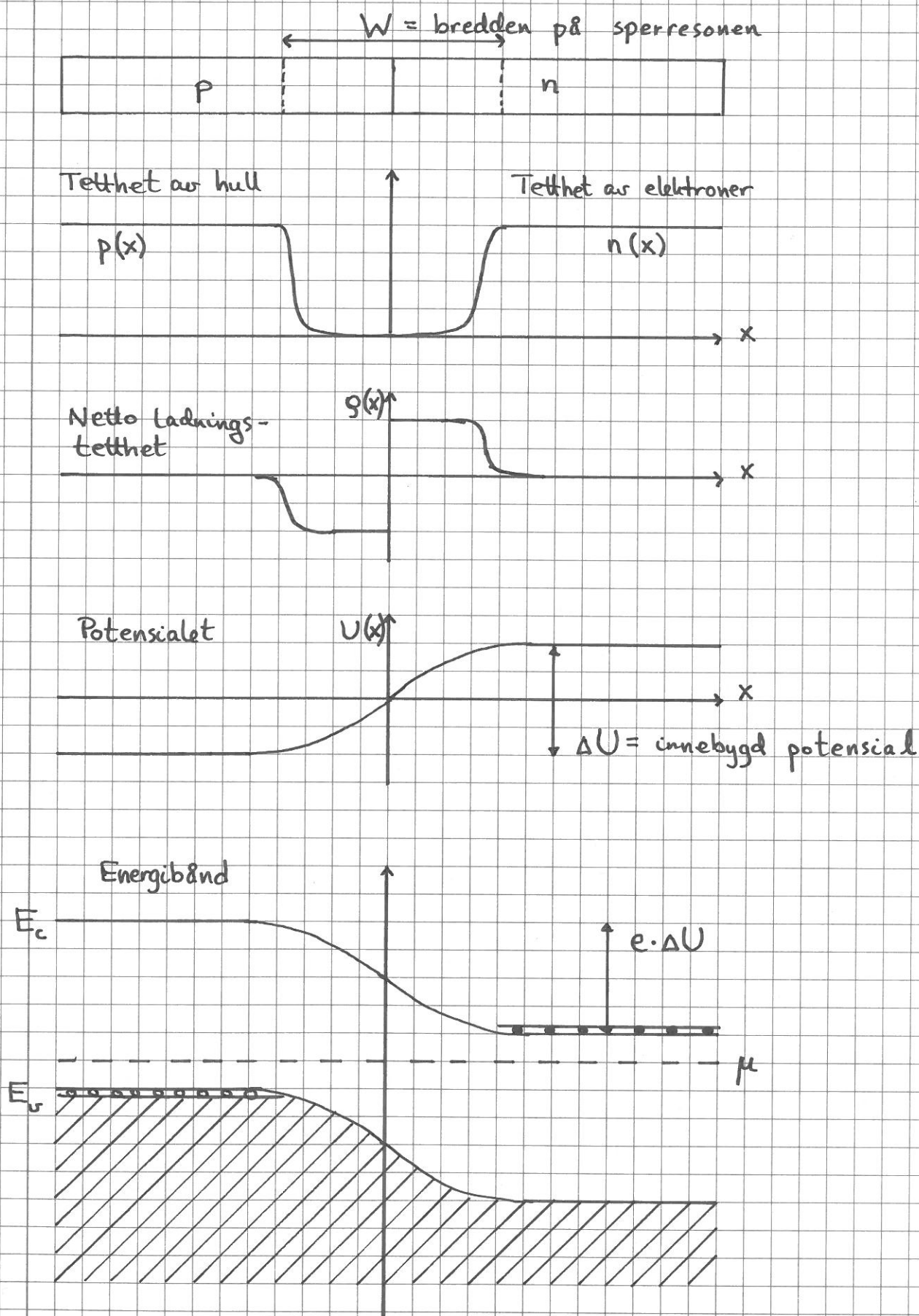
- Enorm betydning for "det moderne samfunn"
- Eksempler: Diode, Transistor, Fotodetektor, Solcelle, LED, Laser
- Vi tar for oss noe av dette, stort sett grunnlaget, og stort sett kvalitativt

pn - overgang

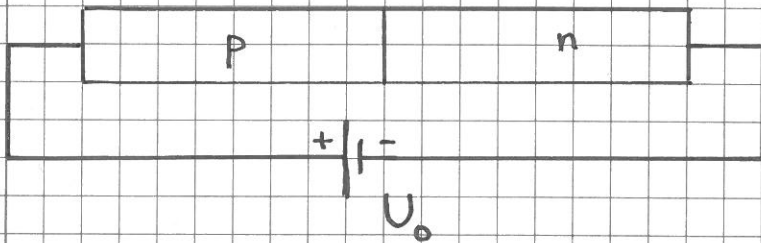


- her har vi ikke likevekt; noe vil skje!
- $n(n) > n(p)$ og $p(p) > p(n) \Rightarrow$ diffusjonsstrøm av elektroner fra n til p og hull fra p til n; samt en del rekombinasjon, som reduserer n og p nær overgangen
- gir overskudd av neg. ladm. på p-siden og pos. ladm. på n-siden av grenseflaten
- gir innebygd potensial ΔU og el. felt $\vec{E} = -\hat{x} dU/dx$
- likevekt når $I_{\text{diffusjon}} + I_{\text{drift}} = 0$ [drift: pga $\vec{E}$]

Likevekt er oppnådd når hele systemet har et felles konstant kjemisk potensial μ :

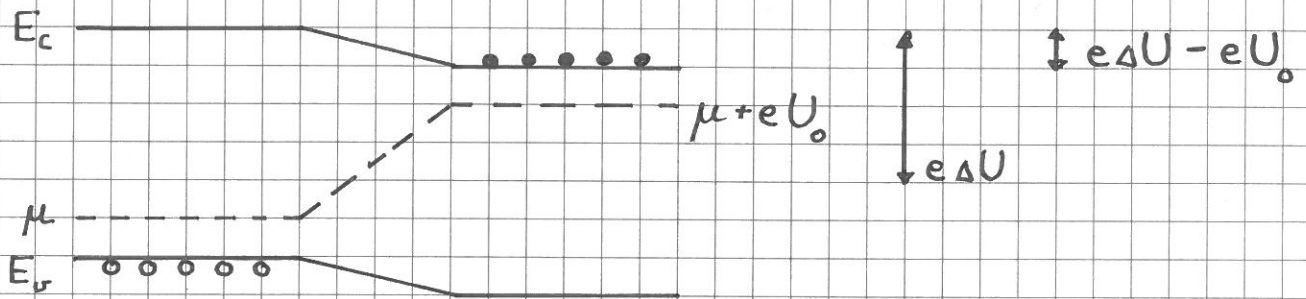


Denne energibånd-figuren gjør det ganske lett å forstå hva som skjer når en ytre spenning U_0 kobles til!



Velger $U_0 > 0$ når positiv pol er koblet til p-siden.

Med $U_0 > 0$ ("positiv forspenning") :

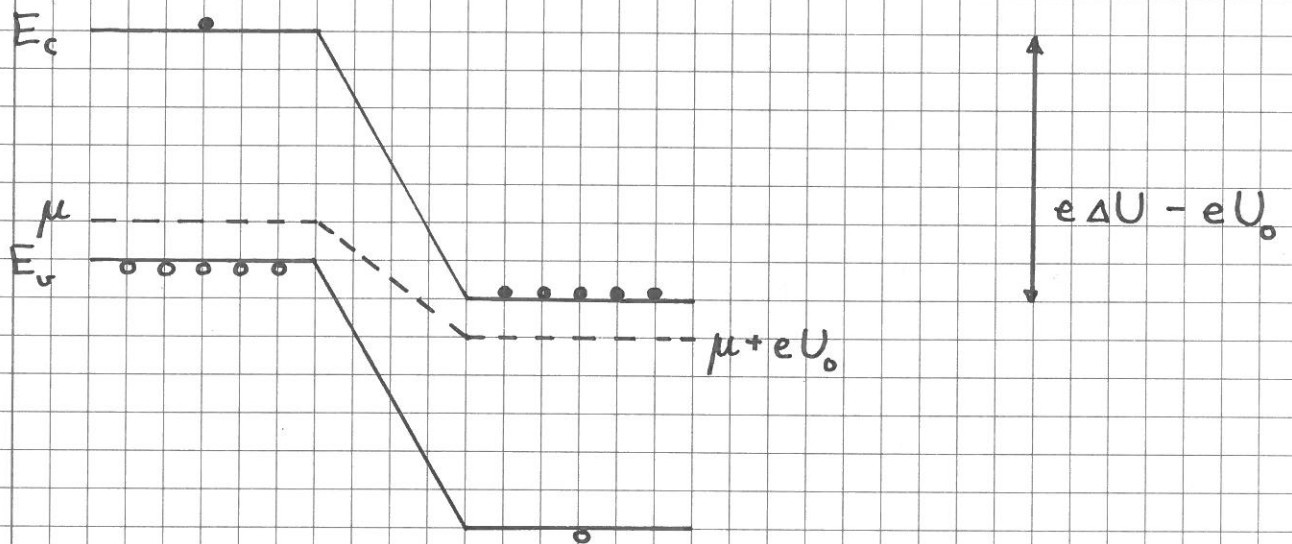


- $U_0 > 0$ representerer ytre kraft på hull (o) mot høyre og på elektroner (•) mot venstre
- Vi ser at energibarrieren som må overvinnes er redusert, fra $e\Delta U$ til $e\Delta U - eU_0$
- Sannsynligheten for termisk eksitasjon er proporsjonal med Boltzmannfaktoren; følgelig må vi få en strøm som øker proporsjonalt med faktoren $\exp[-(-eU_0)/k_B T] = \exp[eU_0/k_B T]$
- Uten en ytre spenning, dvs $U_0 = 0$, er det klart at netto strøm i kretsen er null; følgelig må $I(U_0)$ være på formen

$$I(U_0) = I_0 \left(e^{eU_0/k_B T} - 1 \right)$$

der I_0 er en (temperaturavhengig) konstant, som f.eks. må avhenge av hvor mange ladningsbærere vi har tilgjengelig (hull på p-siden, elektroner på n-siden)

Med $U_0 < 0$ (negativ forspenning):



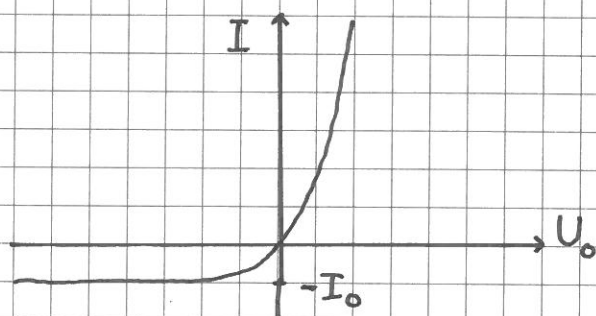
- $U_0 < 0$ gir ytre kraft på hull (o) mot venstre og på elektroner (•) mot høyre
- Energi barrieren økt med $e \cdot |U_0|$ for hull på p-siden og for elektroner på n-siden; strømbidrag fra disse redusert med Boltzmannfaktor $\exp[eU_0/k_B T]$
- Får en liten strøm i kretsen pga at det tross alt er en del elektroner i ledningsbåndet på p-siden og hull i valensbåndet på n-siden
- Samme uttrykk for $I(U_0)$ kan dermed også brukes for $U_0 < 0$:

$$I(U_0) = I_0 \left(e^{eU_0/k_B T} - 1 \right)$$

Dette gir $I(U_0) \approx -I_0$ når $U_0 < 0$ og $e|U_0| > k_B T$

Dermed har vi et kretselement, en diode, med strøm-spennings-karakteristikken

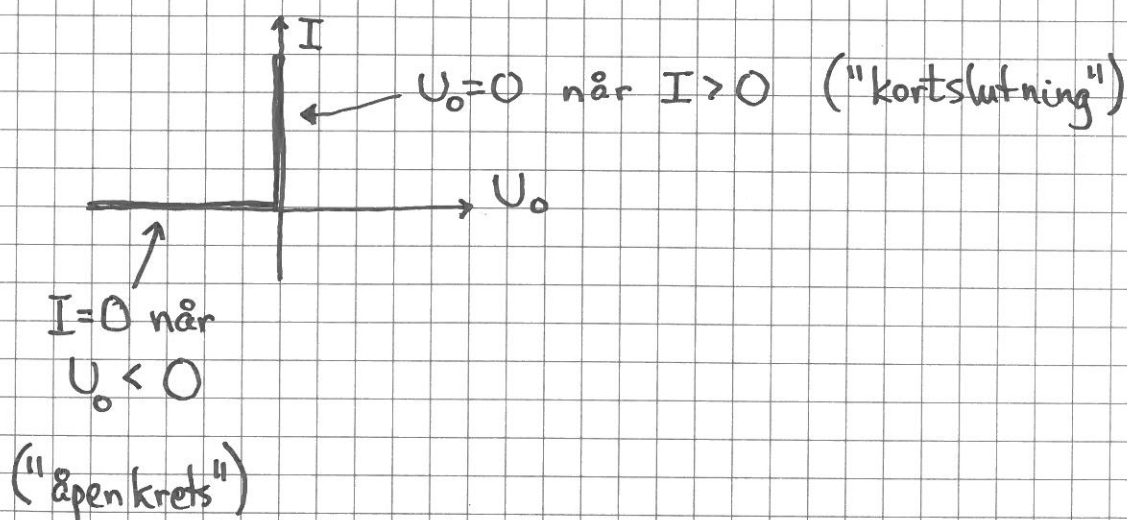
$$I(U_0) = I_0 (e^{eU_0/k_B T} - 1)$$



Dvs: En likeretter; leder godt i "positiv" retning, fra p til n, leder dårlig i "negativ" retning, fra n til p.

Kretssymbol: 

I kombinasjon med andre kretselementer kan ofte $I(U_0)$ (litt grovt) idealiseres til:



Transistor

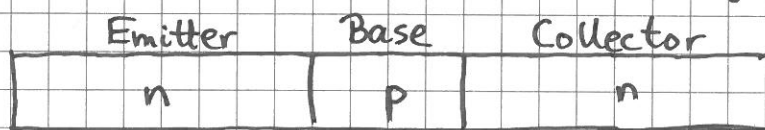
" Transconductance Varying Resistor " "Varistor"

Oppfunnet av Bardeen, Brattain og Shockley i 1947

⇒ Nobelpreis i 1956

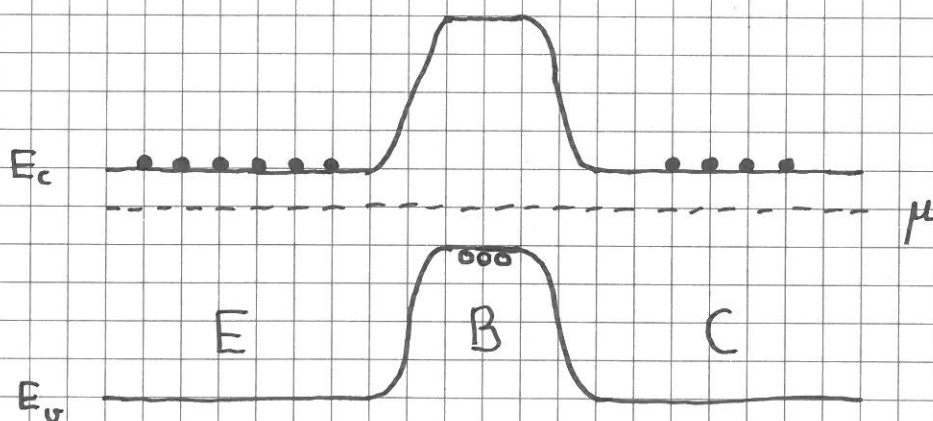
[John Bardeen fikk også Nobelpreisen i 1972, sammen med Cooper og Schrieffer, for BCS-teorien for superledning; eneste med to nobelpreiser i fysikk.]

En bipolar transistor er to pn-overganger "mot" hverandre:



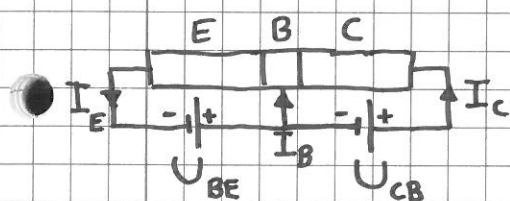
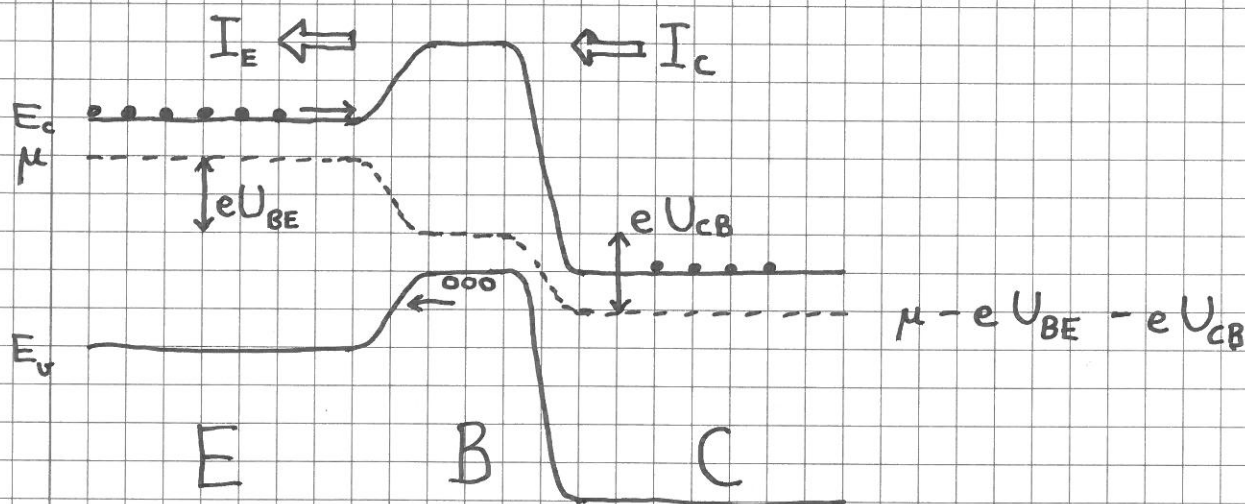
[Se også kap. 18 i FY6018]

Energibånd i likevekt:



Basen representerer en potensialbarriere som hindrer strøm av elektroner mellom emitter og collector hvis en spenning U_{CE} kobles til mellom E og C. Men potensialbarrieren kan reduseres ved å koble til en spenning $U_{BE} > 0$ mellom B og E [evt en $U_{BC} > 0$ mellom B og C, selsagt], og dermed regulere collectorstrømmen I_c ; "transistorvirkning".

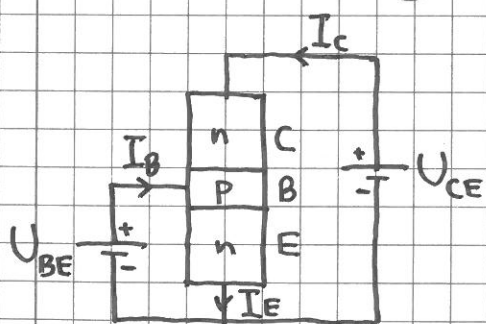
npn-transistoren er aktiv når $U_{BE} > 0$ og $U_{BC} < 0$:



Med smal base "sveipes" elektronene over basen og inn i collectoren, slik at $I_C \approx I_E$ og $I_B \approx 0$.

[Bred base $\Rightarrow$ elektroner fra E rekombinerer med hull i B
 $\Rightarrow I_B \approx I_E$ og $I_C \approx 0$
 $\Rightarrow$ oppførsel som to uavhengige pn-overganger]

Eks: Strømførsterkning i "felles-emitter-konfigurasjon"



For en gitt U_{CE} vil en økning av U_{BE} , og dermed en liten økning av I_B , resultere i en stor økning av I_C .

Strømførsterkningsfaktor: $\beta = \Delta I_C / \Delta I_B \gg 1$ [h_{fe} i FY6018, se kap 18]

Spørsmål: Når både U_{BE} og U_{BC} er positive, er transistoren "i metning", og når begge er negative, er den i "cutoff". Hvorfor er dette "naturlige" betegnelser?

Tips: Se på strømstyrkene I_E , I_C og I_B .