Moment 1 - Analog elektronik

Föreläsning 1
Transistorn del 1

Jan Thim

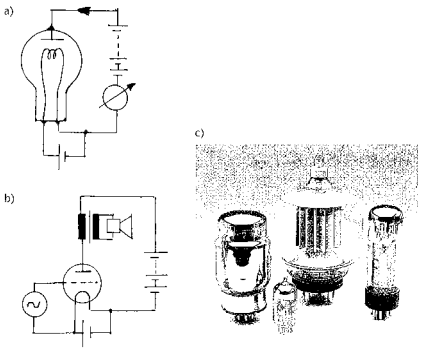
F1: Transistorn del 1

- Innehåll:
  - Historia
  - Funktion
  - Karakteristikor och parametrar
  - Transistorn som förstärkare
  - Transistorn som switch
  - Felsökning

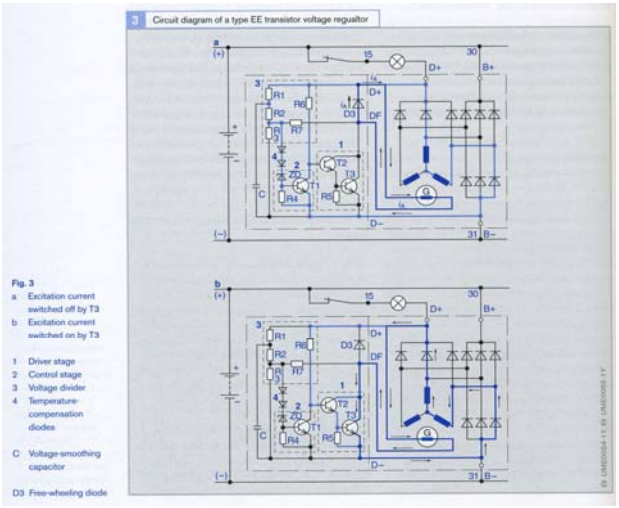
Historia

- a) Edisons lampa
  - 1880-talet
- b) Triodförstärkare
  - År 1906
- c) Radiorör

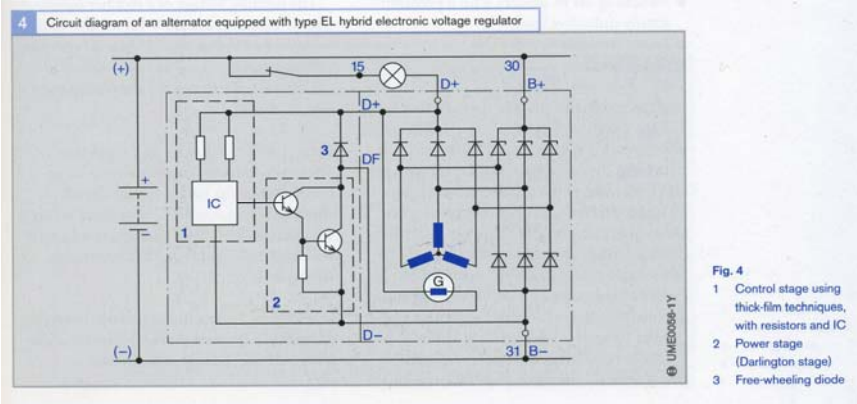
- Transistorer uppfanns först år 1947! Uppfinnarna på Bell Telephone Laboratories fick alla dela på ett Nobelpris.



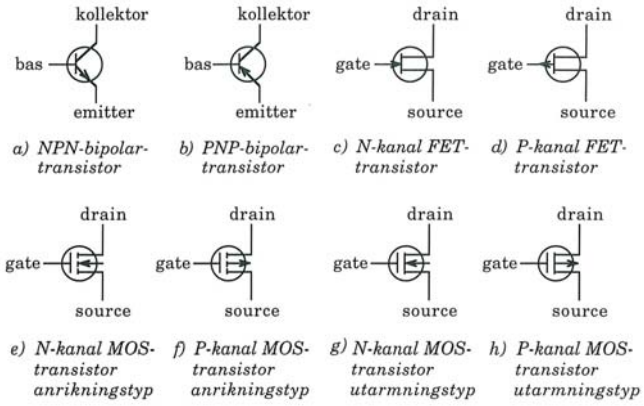
Applikation - spänningsregulator



Applikation - spänningsregulator



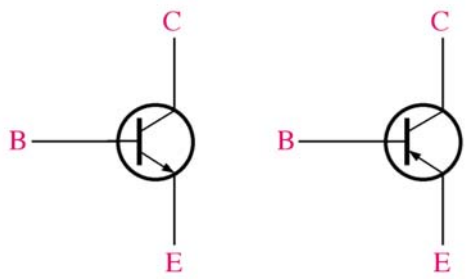
Olika typer av transistorer



Några olika transistortyper.
FET=fälteffekttransistor, MOS=metalloxidtransistor.

Användningsområden

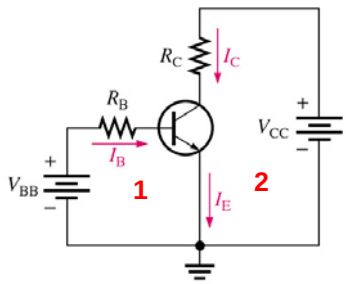
En transistor kan användas antingen som förstärkare eller som switch.



(a) *npn* (b) *pnp*

Transistorn grundfunktion

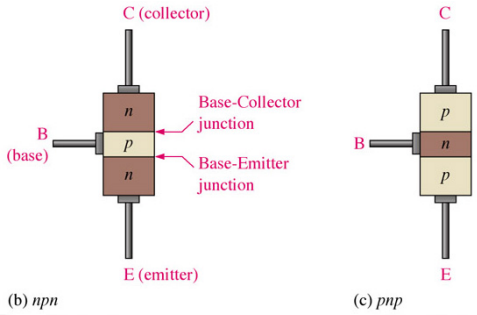
- Se denna transistor-koppling som två kretsar.
- Strömmen i **1** styr strömmen i **2**.
- En liten förändring i **1** ger ofta en stor förändring i **2**.



(a) *npn*

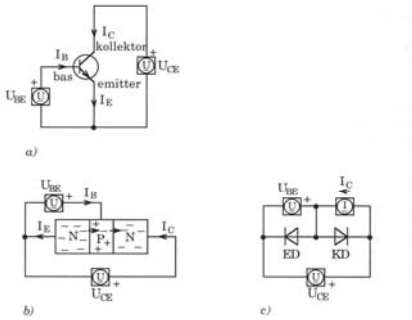
Bipolartransistorn

- I bipolartransistorn finns två p-n övergångar. Den består av tre lager med antingen ett p-dopat område mellan två n-dopade (npn), eller med ett n-dopat område mellan två p-dopade (pnp).



Bipolartransistorn

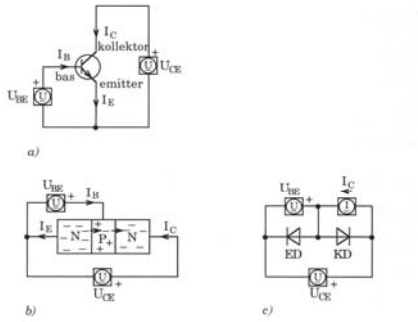
- Bipolartransistorn ses ofta som två dioder, representerande de två p-n övergångarna.
- Likspänning U_{CE} mellan kollektor och emitter avser att attrahera elektroner från emittern.
- Likspänning U_{BE} med pluspol på basen lockar elektroner in i basskiktet från emittern.
- När detta sker dras elektronerna vidare mot kollektorn (diffunderar genom basskiktet) och till pluspolen på U_{CE}.
- => En kollektorström I_C erhålls.



a) Förspänning av NPN-transistorn.
b) Transistorns funktion. Elektroner lockas in i basskiktet av U_{BE}, diffunderar genom basskiktet och fångas in av kollektorn.
c) Ekvivalent schema.

Bipolartransistorn

- Alla elektroner diffunderar dock inte.
- En del elektroner kommer att sugas mot pluspolen på U_{BE}.
- Ett mycket tunt basskikt minimerar dessa. => Liten basström.
- Ett svagt dopat basskikt minskar också risken för rekombination av elektronhålpar.



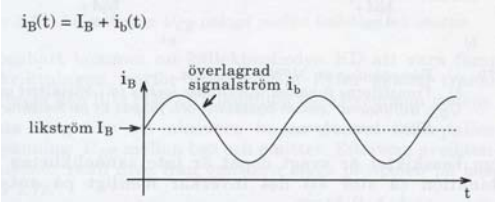
a) Förspänning av NPN-transistorn.
b) Transistorns funktion. Elektroner lockas in i basskiktet av U_{BE}, diffunderar genom basskiktet och fångas in av kollektorn.
c) Ekvivalent schema.

Bipolartransistorn

- Detta ger:
  - $I_E = I_C + I_B$
- Om U_{BE} ökas kommer basströmmen ökas, men framför allt kollektorströmmen.

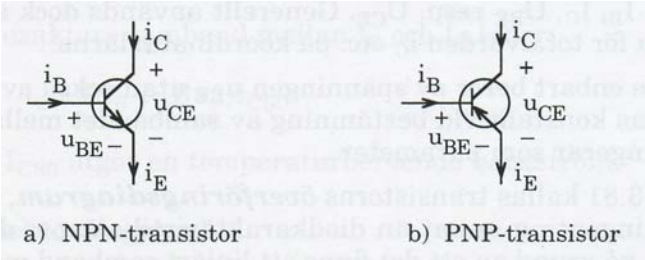
  => En förstärkning erhålls.

  Bipolartransistorn är alltså strömstyrd.
- Likström och signalström:
  - $i_B(t) = I_B + i_b(t)$



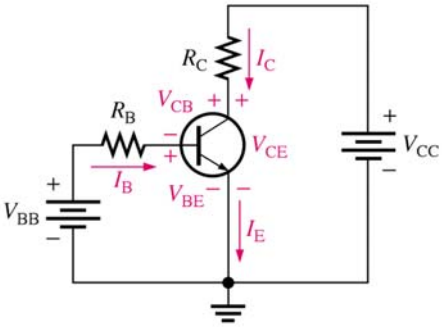
Bipolartransistorn

- Funktionen hos pnp-transistorn är densamma. Enda skillnaden är att alla strömmar och spänningar får motsatt riktning eftersom det är hål i stället för elektroner som svarar för den huvudsakliga laddningstransporten.



Karakteristikor och parametrar

- En liten förändring i basströmmen ger en stor förändring i kollektorströmmen.
- Denna faktor mellan strömmarna kallas strömförstärkningsfaktorn och betecknas med *beta (β)*.
- $\beta = I_C / I_B$
- Observera att *β* inte alltid är konstant. Den beror också på faktorer som temperatur och maximal uteffekt. (Se datablad)



Karakteristikor och parametrar

- Bestämning av β:

  $V_{RB} = V_{BB} - V_{BE}$

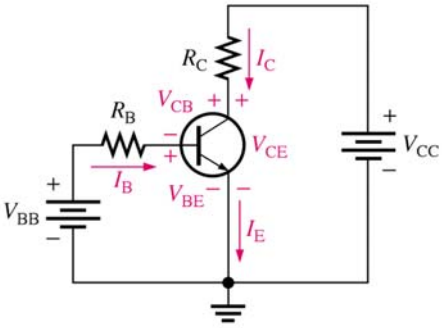
  (V_{BE} = 0.7 V i linjära området)

  $I_B = V_{RB} / R_B$

  $V_{RC} = V_{CC} - V_{CE}$

  $I_C = V_{RC} / R_C$

  $\beta = I_C / I_B$

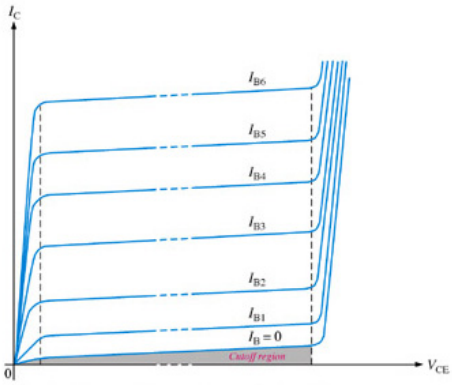


Karakteristikor och parametrar

Kurvor för kollektorkarakterisktik ger en inblick i sambandet mellan basström och kollektorström.

När I_B ökar så ökas I_C linjärt i förhållande till I_B. Detta område kallas för det linjära området. Detta samband är också skälet till att bipolartransistorn sägs vara strömstyrd.

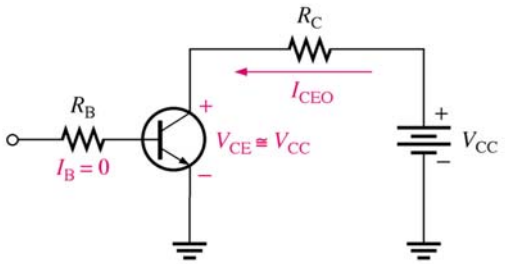
Gäller om V_{CE} ligger under genombrottsspänningen.



(c) Family of I_C versus V_{CE} curves for several values of I_B ($I_{B1} < I_{B2} < I_{B3}$, etc.)

Karakteristikor och parametrar

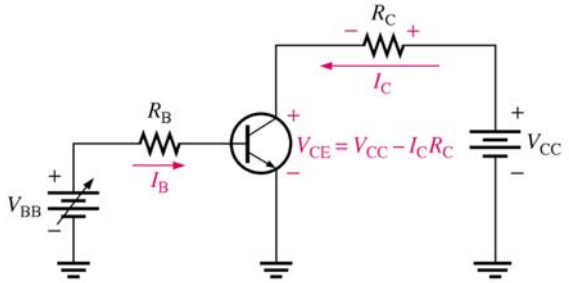
Om $I_B = 0$ ligger transistorn i *cutoff*-området. Detta betyder att bara en obetydlig läckström flyter genom R_C och som en konsekvens av detta är V_{CE} nästan lika med V_{CC}.



Karakteristikor och parametrar

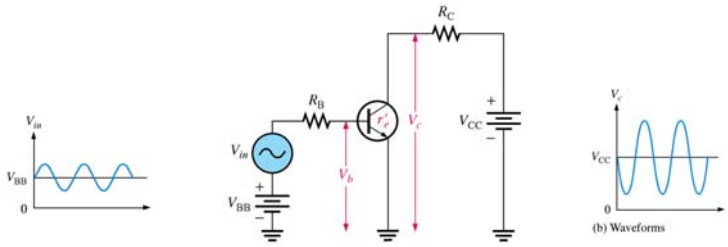
I_C kan dock nå ett maximum och ligga still på samma värde trots att man höjer I_B. När detta maximum är nått säger man att transistorn jobbar i det mättade (eng. saturated) området.

I detta fall är transistorn kortsluten mellan kollektor och emitter, vilket betyder att $I_C = V_{CC} / R_C$.



Bipolartransistor som förstärkare

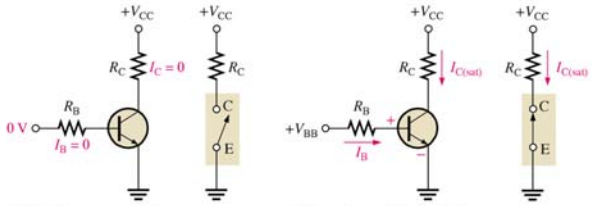
- En relativt liten AC signal V_{in} kan förstärkas genom att lägga signalkällan på basen.
- De små strömförändringar detta ger upphov till förstärks till kollektorsidan och en förstärkt utamplitud V_C kan observeras.



(a) Circuit with ac input voltage V_{in} and dc bias voltage superimposed

Bipolartransistorn som switch

- För att använda en transistor som switch biaserad man transistorn antingen till att vara i cutoff eller mättad (saturerad).
- Kom ihåg att $V_{CE} = V_{CC}$ i cutoff och $V_{CE} = 0$ i mättat område.



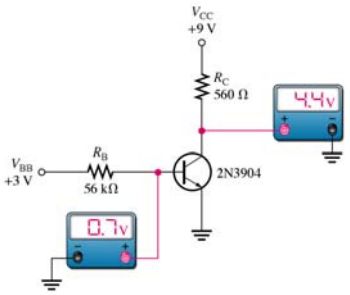
(a) Cutoff — open switch (b) Saturation — closed switch

Felsökning

- Att felsöka en transistor i en aktiv krets betyder att vi måste veta en del om hur spänningarna runt transistorn bör se ut. Det finns dock vissa metoder vi kan ta till.
- En bra förståelse för hur man använder ohms lag och Kirchhoffs spännings- och strömlagar är en grundförutsättning.
- I aktiva kretsar är det mest praktiskt att felsöka med spänningar.

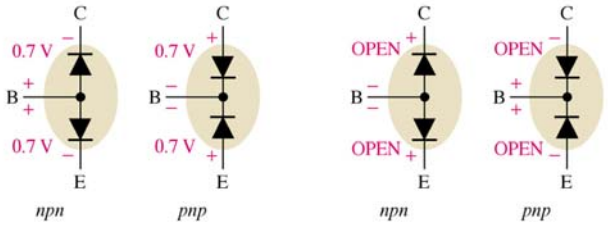
Felsökning

- En kontroll av spänningar över transistorn när den är aktiv kan säga oss om den fungerar korrekt.
- Om ingen ström finns i kollektorn kan det vara avbrott i de kringliggande resistorerna. Det kan förstås också vara avbrott i själva transistorn.
- Avbrott orsakar för låga spänningar i mätningarna. Man får s.k. flytande punkter.



Felsökning

- Att testa en bipolartransistor kan ses som att testa två diodövergångar. I framspänningsfallet har man låg resistans och i backspänningsfallet har man oändlig resistans.

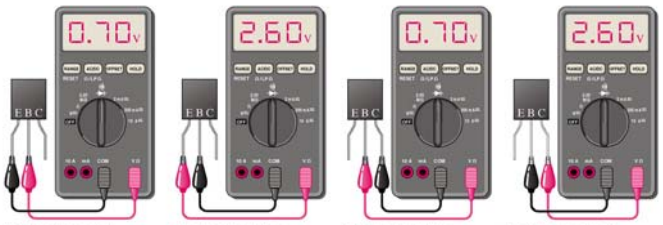


(a) Both junctions should read 0.7 V ± 0.2 V when forward-biased.

(b) Both junctions should ideally read OPEN when reverse-biased.

Felsökning

- Diodtestningsfunktionen på en multimeter är mer tillförlitligt är att använda en ohmmeter. Tänk på om det är en npn eller en pnp transistor som ska testas, dvs. vänd polerna rätt.



(a) Forward-bias test of BE junction (b) Reverse-bias test of BE junction (c) Forward-bias test of BC junction (d) Reverse-bias test of BC junction

Sammanfattning

- Bipolartransistorn är strömstyrd och består av tre regioner: basen, kollektorn och emittern.
- Tre områden av funktion finns också: cutoff, linjärt och mättat område.
- En transistor som används för förstärkning jobbar i linjära regionen.
- En transistor som används som switch jobbar i mättade regionen.
- Förstärkningsfaktorn beta räknas som I_C / I_B.