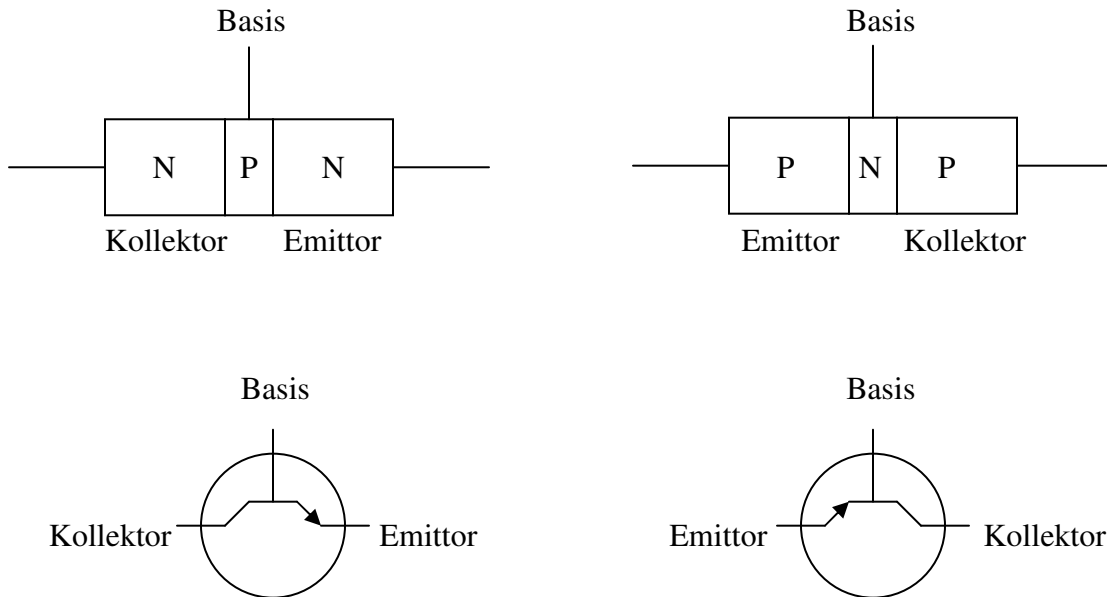


## Hoofstuk 16 – Die Bipolêre Voegvlaktransistor

‘n Bipolêre voegvlaktransistor (hierna net ‘transistor’ genoem) bestaan uit ‘n dun laag van P-tipe of N-tipe halfgeleier-materiaal, genoem die *basis*, tussen twee dikker lagies halfgeleier-materiaal van omgekeerde polariteit, respektiewelik genoem die *emittor* en *kollektor*. Transistors kom in twee polariteite: NPN-transistors, di. met ‘n P-tipe basis tussen ‘n N-tipe emittor en ‘n N-tipe kollektor. Die konstruksie en stroombaansimbole vir NPN- en PNP-transistors word hier onder getoon:



*Die fisiese struktuur en diagramsimbool vir NPN- en PNP-transistore*

Let daarop dat die terminaal met die pylpunt altyd die emittor voorstel. Die pyl stel die basis/emittor koppelvlak voor, wat soortgelyke eienskappe as ‘n diode het en ook aandui in watter rigting die basis/emittor- en kollektor/emittorstrome vloei.

### Werking van die NPN-transistor

Om die werking te verstaan, veronderstel dat ‘n spanningsverskil tussen die kollektor en emittor van ‘n NPN-transistor, soos die een aan die linkerkant, aangelê is sodat die kollektor positief is met verwysing tot die emittor. By die koppelvlak tussen die kollektor en die basis ontmoet ‘n N-tipe halfgeleier ‘n P-tipe halfgeleier wat ‘n trugepolariseerde diodekoppelvlak skep. Net soos in ‘n diode sal vry elektrone van die N-materiaal oor die koppelvlak migreer, en die gaatjies in die P-materiaal opvul en ‘n dun uitgedunde laag laat ontstaan wat stroomvloei sal verhoed.

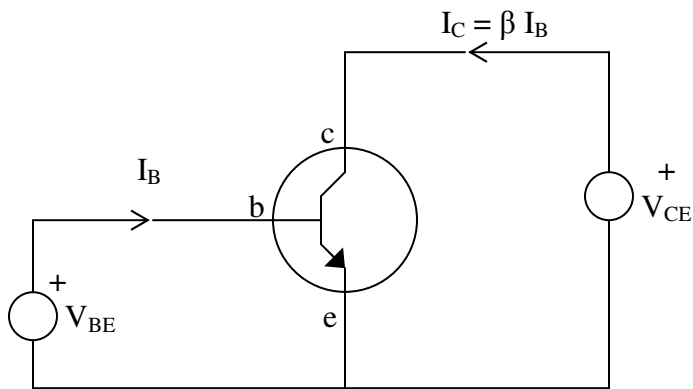
Veronderstel nou dat ‘n potensiaalverskil tussen die basis en die emittor aangelê word sodat die basis meer positief as die emittor is. Die P-N-koppelvlak reageer soos ‘n vorentoe gepolariseerde diode, dus, mits die basis-emittorspanning die vorentoe voorspanning vir hierdie koppelvlak (ongeveer 0,6 V vir silikontransistors en 0,2 V vir germaniumtransistors) oorskry, kan ‘n stroom vanaf die basis na die emittor vloei. Hierdie stroom ontstaan omdat elektrone in die emittor

aangetrek word deur die positiewe spanning in die basis en die koppelvlak na die basis oorsteek waar hulle met gaatjies kombineer.

Aangesien die basis egter baie dun is (baie dunner as aangetoon) sal baie van die elektrone wat deur die basisspanning aangetrek word, nie eindig met 'n botsing en kombinering met gaatjies nie, maar sal al die pad deur die basis beweeg tot binne in die kollektor. Aangesien elektrone nou uit die emittor na die kollektor beweeg, is daar nou stroomvloei van die kollektor na die emittor ten spyte van die trugpolariseerde kollektor/basiskoppelvlak! Dit is moontlik omdat elektrone van die emittor wat kombinering met gaatjies in die basis vryspring, ageer as ladingdraers in die uitgedunde laag van die trugpolariseerde koppelvlak en toelaat dat 'n stroom vloei.

Dus, deur die basis 0,6 V of so meer positief as die emittor van 'n NPN-silikontransistor te maak, sal dit toelaat dat 'n stroom beide vanaf die basis na die emittor en vanaf die kollektor na die emittor kan vloei indien die kollektor ook positief is teenoor die emittor. Dit is moontlik om transistors te ontwerp sodat die kollektor na emittorstroom (bekend as die kollektorstroom) 'n hele aantal kere groter is as die basis na emittorstroom (bekend as die basisstroom). Hierdie eienskap maak dit vir transistors moontlik om swak seine na sterker seine te verander, 'n proses wat versterking genoem word.

Die verhouding kollektorstroom tot basisstroom word genoem die *beta* of *stroomwins* van die transistor en word aangedui deur die Griekse letter beta ( $\beta$ ). In gewone swakseintransistors (wat vir laekragwerking ontwerp is) strek  $\beta$  tipies van 100 tot 500. Een beperking is dat  $\beta$  nie behoorlik beheer kan word nie, dus kan die  $\beta$  tussen twee transistors van dieselfde vervaardigingslot heelwat verskil. Om hierdie rede is dit dus belangrik om kringe so te ontwerp dat daar nie op 'n spesifieke  $\beta$  staatgemaak word vir korrekte funksionering nie.



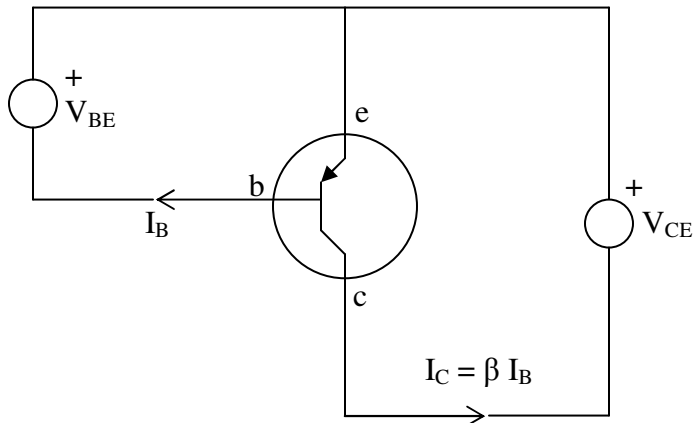
Werking van die NPN-Transistor

Die werking van die NPN-transistor kan as volg opgesom word:

- Die kollektor moet altyd positief wees met verwysing tot die emittor.
- Indien die basis/emittorspanning  $V_{BE}$  minder as 0,6 V is, sal geen basis- of kollektorstroom vloei nie, en die transistor sal 'afgeskakel' wees.
- Sodra  $V_{BE}$  0,6 V oorskry, sal 'n basisstroom begin vloei met gevolg dat 'n groter kollektorstroom van  $I_C = \beta \times I_B$ , sal laat vloei.
- $V_{BE}$  sal ongeveer 0,6 V bly solank as wat daar enige basisstroom vloei.
- Die waarde van  $\beta$  wissel tussen 100 en 500 vir tipiese kleinseintransistors, maar is nie goed beheer nie, en dit moet nie aanvaar word dat dit 'n spesifieke waarde het nie.

## Werking van die PNP-transistor

Die PNP-transistor se werking is soortgelyk aan die van die NPN-transistor, maar met die omgekeerde polariteit. Wanneer die basis 0,6 V meer *negatief* as die emittor raak, sal 'n basisstroom  $I_B$  en 'n groter kollektorstroom  $I_C = \beta I_B$  vloei.



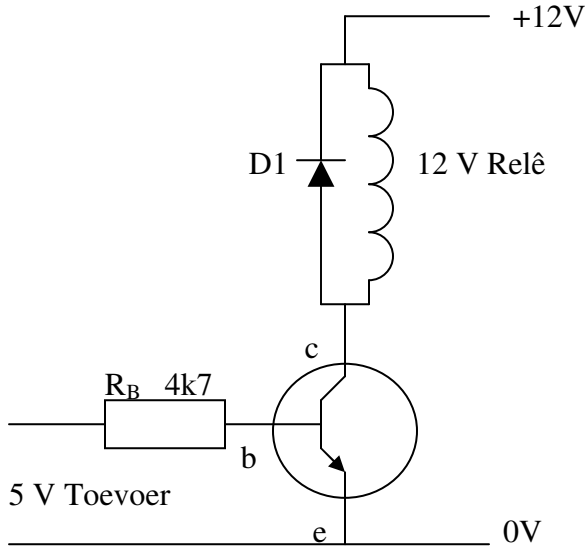
*Werking van die PNP-transistor*

Die werking van die PNP-transistor kan as volg opgesom word:

- Die kollektor moet altyd negatief met betrekking tot die emittor gehou word.
- Indien die basis/emittorspanning  $V_{BE}$  groter as  $-0,6\text{ V}$  is, sal geen basis- of kollektorstroom vloei nie, en sal die transistor 'afgesny' wees.
- Sodra  $V_{BE}$   $-0,6\text{ V}$  bereik, sal 'n basisstroom  $I_B$  begin vloei wat sal veroorsaak dat 'n groter kollektorstroom  $I_C = \beta I_B$  vloei.
- $V_{BE}$  sal by ongeveer  $-0,6\text{ V}$  bly solank daar enige basisstroom vloei.
- Die waarde van  $\beta$  wissel 100 en 500 vir tipiese swakseintransistors, maar is nie goed beheer nie en dit moet nie aanvaar word dat hulle 'n spesifieke waarde het nie.

## Die Transistorskakelaar

Transistors word dikwels as skakelaars gebruik aangesien 'n klein basisstroom 'n transistor kan 'aanskakel' en toelaat dat 'n groot kollektorstroom vloei. Byvoorbeeld, veronderstel dat jy 'n 12 V relê wat 20 mA benodig wil skakel met 'n 5 V beheersein vanaf 'n mikroprosesseerder wat net 1 mA kan lewer. Jy kan dan van die volgende beheerkring gebruik maak:



Wanneer die beheersein af is (0 V), vloei geen basisstroom nie, dus is die transistor afgeskakel en vloei daar ook geen kollektorstroom nie. Wanneer die beheersein aan is ((+5 V), verhoog dit  $V_{BE}$  tot 0,6 V en is die spanning oor die basisweerstand  $R_B$  dus  $5 - 0,6 = 4,4$  V, en is die stroom deur  $R_B$  en in die basis  $I_B = 4,4 / 4\,700 = 0,94$  mA. Dit is genoeg om die transistor ‘aan’ te skakel en te veroorsaak dat ‘n kollektorstroom vloei en die relê aktiveer. Die diode D1 verhoed dat die tru-EMS agv. die inductansie van die relêspoel die transistor beskadig wanneer die relê weer afgeskakel word

Transistorskakelaars soos hierdie word gewoonlik gebruik om gelykspannings en –strome mee te skakel. Wanneer hoëfrekwensieseine geskakel moet word, word diodes of relêe gewoonlik gebruik. Die relêbeheerkring mag soortgelyk wees aan die een soos hierbo aangetoon.

## Opsomming

Bipolêre koppelvlaktransistors is halfgeleierkomponente wat uit ‘n basis, ‘n dun laagie van of P- of N-materiaal, tussen laagies van die omgekeerdespanning, ‘n kollektor en ‘n emittor, bestaan.

In ‘n NPN-transistor word beide die kollektor en die basis met ‘n positiewe spanning met verwysing tot die emittor bedryf. Indien die basis/emittorspanning laer as 0,6 V is, is die transistor afgeskakel en sal geen kollektorstroom vloei nie. Wanneer die basis/emittorspanning ongeveer 0,6 V bereik, sal ‘n klein basisstroom en ‘n groter kollektorstroom vloei.

In ‘n PNP-transistor word beide die kollektor en basis met ‘n negatiewe spanning met verwysing tot die emittor bedryf. Indien die basis/emittorspanning groter as -0,6 V is, is die transistor afgeskakel en sal geen kollektorstroom vloei nie. Wanneer die basis/emittorspanning ongeveer -0,6 V bereik, sal ‘n klein basisstroom en ‘n groter kollektorstroom vloei.

Die verhouding van kollektorstroom tot basisstroom word die ‘beta’ van die transistor genoem en tipiese waardes vir kleinseintransistors wissel tussen 100 en 500. Solank enige basisstroom vloei, sal die basis/emittorspanning naasteby 0,6 V vir NPN-transistors en -0,6 V vir PNP-transistors bly, ongeag van die werklike basis- of kollektorstroom. Aangesien die betas van transistors oor ‘n wye bereik kan wissel, selfs vir transistors van dieselfde tipe, moet vir kringe nie op ‘n spesifieke waarde staatgemaak word nie.

Transistors kan as GS-skakelaars gebruik word, ten einde 'n groter spanning of stroom dmv. 'n lae spanning of klein stroom te beheer.

## Hersieningsvrae

**1. Indien die basisspanning van NPN-transistor dieselfde as die emitterspanning gehou word, sal die kollektorstroom die volgende wees:**

- Zero.
- Altyd 1 Ampere.
- Tussen 10 mA and 2 A.
- Baie hoog.

**2 Vir 'n silikontransistor om te gelei moet:**

- 'n Vorentoespanning van 0,6 V oor die basis-emitter aangelê wees.
- Die basis aan die emitter verbind wees.
- Die kollektor aan die emitter verbind wees.
- Die basisverbinding losgemaak wees.

**3 Die beta van 'n transistor is:**

- Die verhouding van die kollektorstroom tot die basisstroom.
- Die verhouding van die kollektorspanning tot die basisspanning.
- Die verhouding van die kollektorstroom tot die emitterstroom.
- Die verhouding van die kollektorspanning tot die emitterspanning.

**4 Vir 'n kollektorstroom om in 'n PNP-transistor te vloei:**

- Beide die kollektor en basis positief teenoor die emitter wees.
- Beide die kollektor en basis negatief teenoor die emitter wees.
- Die kollektor moet positief en die basis negatief relatief tot die emitter wees.
- Die collector moet negatief en die basis positief relatief tot die emitter wees.

**5 Indien 'n transistor gebruik word om 'n relê sonder beveiligingsdiodes te beheer, dan mag die tru-EMS van die relê:**

- Die skakeltyd verleng.
- Die skakeltyd verminder.
- Die kragverbruik verminder.
- Die transistor beskadig.

**6. Indien die basisstroom van 'n transistor 100  $\mu$ A is, en die beta van die transistor is 100, dan is die kollektorstroom:**

- 1 mA.
- 10 mA.
- 100 mA.
- 1 A.

**7 Vir 'n NPN-transistor in normale bedryf:**

- Is die kollektorspanning hoër as die emitterspanning.
- Is die emitterspanning hoër as die kollektorspanning.
- Is die emitterspanning hoër as die basisspanning.
- Is die kollektor- en emitterspannings gelyk aan mekaar.