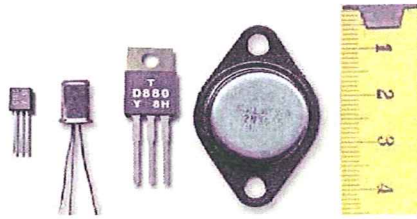


Transistoren



We onderscheiden twee types "normale" transistoren, namelijk de NPN en PNP types.

Een transistor heeft 3 aansluitingen:

c = de collector

b = de basis

e = de emitter

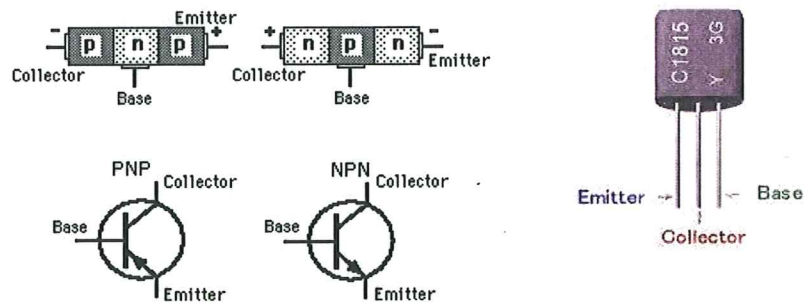
Soorten transistoren:

Om het even eenvoudig te houden, zijn er meerdere soorten transistoren:

- * NPN transistor
- * PNP transistor
- * de FET (Field Effect Transistor) de vervanger van de ouderwetse buis
- * Uni-junction transistor

We zullen ons in deze cursus beperken tot de gewone transistor, NPN, PNP en de FET.

De aansluitingen:



Ezelsbruggetje:

PNP = Pijl Naar Plaat (lees de basis)

NPN = Niet pijl Naar Plaat (lees de basis)

Het gedrag van beide types is identiek, enkel de polariteit (de stroomrichting) is omgedraaid.

Bij de NPN transistoren loopt de stroom van de collector naar de emitter.

Bij de PNP types net andersom, dus van emitter naar collector.

De spanningsval over de basis-emitter noemen we **U-be**

Werking:

Een verandering van de basisstroom veroorzaakt een veranderde, versterkte collectorstroom

Let op: bij een transistor sturen we met de basisstroom, bij de FET daarentegen sturen we met spanning.

Spanningsval over B-E:

Wanneer een transistor in geleiding is, zal er een spanningsval tussen de basis en emitter optreden van circa 0,5 tot 0,7 volt bij silicium-types en circa 0,2-0,3V bij germanium-types.

Stroomversterkingsfactor:

De stroomversterkingsfactor, aangegeven met de griekse letter β Beta (ook wel **Hfe** genoemd) kunnen we berekenen met de formule:

$$\beta = I_c / I_b$$

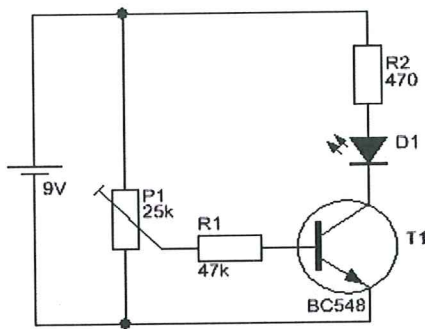
De stroomversterkingsfactor is afhankelijk van het type en bedraagt globaal 50 tot 1000x

Spanningsversterkingsfactor:

De spanningsversterking wordt aangegeven met de letter A en we kunnen die berekenen met de volgende formule:

$$A = \frac{U_{\text{uit}}}{U_{\text{in}}} = \frac{U_c}{U_e} = \frac{R_c}{R_e}$$

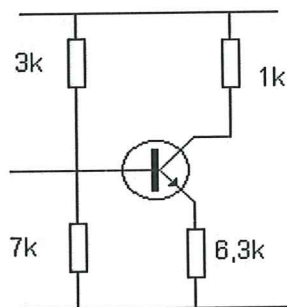
Daar de basis-stroom circa 1% zal zijn van de collector-stroom, mogen we deze waarde verwaarlozen en kunnen we stellen dat $I_c = I_e$



Hiernaast staat een eenvoudig schema waarmee we met een 9V batterij en een potmeter de lichtopbrengst van de LED kunnen regelen.

We zijn dat toename van de basisstroom er voor zorgt dat de collectorstroom toeneemt, en daarmee zal de LED dus ook meer licht gaan geven.

Een voorbeeld met cijfers zal heel wat verduidelijken.



Links zie je deze schakeling: merk wel op dat de waarden van de weerstanden niet uit een E-reeks komen. Verder is de voedingsspanning 10 V.

We gaan alle spanningen en alle stromen in deze kring berekenen.

1 - berekenen we eerst de spanning die door de deler R1 (3K) en R2 (7K) wordt geleverd:

Reken maar:

$$V_b = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{cc}$$

met gevolg:

$$V_b = \frac{7}{10} \times 10 = 7V$$

2 - We berekenen de spanning op de emitter van de transistor:

$$V_e = V_b - V_{be}$$

$$V_e = 7 - 0,7 = 6,3 V$$

3 - Vervolgens de stroom door de emitter, die eigenlijk gelijk is aan de stroom door de collector:

$$I_e = V_e / R_e$$

$$I_e = 6,3 / 6300 = 0,001 A \text{ of } 1 mA$$

de collector stroom voor I_b geregeld is ongeveer gelijk aan I_e

4 - Nu berekenen we de spanningsval over de collector weerstand:

$$U = R_c \cdot I_c$$

We nemen $I_c = I_e$

$$U_{rc} = 1000 \times 0,001 = 1V$$

5 - Berekenen we V_{ce}

$$V_{ce} = V_{cc} - R_c \cdot I_c - R_e \cdot I_e$$

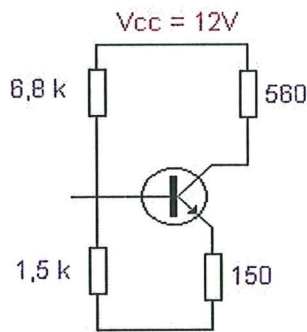
$$V_{ce} = 10 - 1 - 6,3 = 2,7 V$$

6 - Onze rust of instelspanning wordt als volgt bepaald:

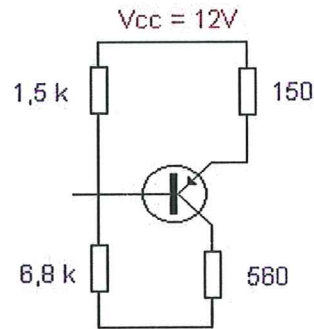
$$I_c = 1 mA$$

$$V_{ce} = 2,7V$$

Hieronder een NPN-voorbeeld



Hieronder een PNP-voorbeeld



Je ziet duidelijk een zelfde schakeling, maar toch zijn er enkele verschillen. De plaats van de emitter ten opzichte van de voeding (12 V of Vcc) is, samen met de desbetreffende weerstanden, omgekeerd. Natuurlijk moet ook de spanningsdeler voor de polarisatie van de basis omgekeerd zijn.

Als we nu eens in de plaats een negatieve voedingsspanning zouden gebruiken dan zouden we merken dat er eigenlijk niks veranderd is (op het teken na). PNP of NPN, het lijkt allemaal gelijk.

1 - We berekenen de basisspanning ten opzichte van de massa :

$$V_b = \frac{1500}{6800 + 1500} \times 12 = 2,17 \text{ V}$$

2 - Nu is de emitter aan de beurt (ten opzichte van de massa) :

$$V_e = V_b - 0,7 = 2,17 - 0,7 = 1,47 \text{ V}$$

3 - Verder I_e :

$$I_e = 1,47 / 560 = 2,63 \text{ mA}$$

1 - We berekenen de basisspanning ten opzichte van de massa :

$$V_b = \frac{6800}{1500 + 6800} \times 12 = 9,83 \text{ V}$$

2 - Nu is de emitter aan de beurt (ten opzichte van de massa) :

Deze spanning is 0,7 V groter dan die op de emitter en wordt :

$$V_e = 9,83 + 0,7 = 10,53 \text{ V}$$

3 - De spanning nu over de klemmen R1 (150 Ω) et R_e :

$$U_{r1} = 12 - 9,83 = 2,17 \text{ V}$$

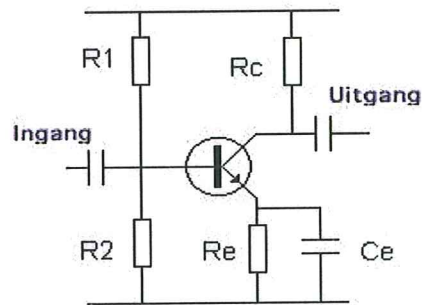
$$U_{re} = 12 - 10,53 = 1,47 \text{ V}$$

3 - Verder I_e :

$$I_e = \frac{U_{re}}{R_e} = \frac{1,47}{560} = 2,63 \text{ mA}$$

De gemeenschappelijke emitterschakeling :

Voor AC (wisselspanning) staat door de lage impedantie van C_e , de emitter op **niveau massa** of nul.



Door het aanleggen van een wisselspanning aan de ingang, wordt deze bij de DC instelling gevoegd. V_{be} doet bijgevolg I_c stijgen of dalen volgens dat V_{be} dit doet.

De spanningsval $R_c \times I_c$ volgt eveneens. Als $R_c \times I_c$ stijgt, zal de spanning V_{ce} verminderen. Bij de volgende alternantie gebeurt het omgekeerde, dus, als $R_c \times I_c$ daalt, stijgt V_{ce} .

Samengevat: een verhoging van de spanning aan de ingang heeft een daling van de spanning op de uitgang als gevolg. De verandering van spanning op de uitgang is ook vele malen groter dan deze op de ingang (versterking, weet je nog !). Er is dus zowel een verschil in fase als in amplitude.

De gemeenschappelijke emittor schakeling vertoont een verschuiving van 180 °.

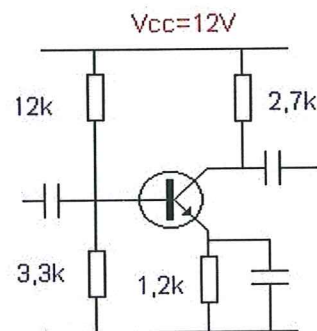
Samenvatting van de eigenschappen van de gemeenschappelijke emitterschakeling:

- Grote winst
- Uitgang met 180 ° verschoven
- Grote ingangsimpedantie
- Grote uitgangsimpedantie

Een voorbeeld zal dit verduidelijken :

We houden ons niet met de waarden van de condensatoren bezig. Hun gedrag is als van een kortsluiting voor de frequentie van het ingangssignaal.

We berekenen de waarden van de versterking, en de in- en uitgangsimpedanties.



1 - We gaan de waarde van r'_e berekenen. Daarvoor moeten we I_e kennen. We berekenen eerste de spanning op de basis: V_b

$$V_b = \frac{3300}{3300 + 12000} \times 12 = 2,59V$$

2 - De spanning op de emitter V_e :

$$V_e = V_b - 0,7 = 1,89V$$

3 - We berekenen I_e

$$I_e = V_e / r_e = 1,89 / 1200 = 1,57 \text{ mA}$$

4 - Nu kunnen we r'_e gaan bepalen:

$$r'_e = \frac{25}{I_e} = \frac{25}{1,57} = 16 \Omega$$

5 - En nu de versterking:

$$A = R_c / r'_e \quad 2700 / 16 = 169$$

6 - We bepalen de ingangsimpedantie:

$$Z_i = R_1 // R_2 \quad (\text{bij benadering})$$
$$Z_i = 2588 \, \Omega$$

7 - 6 - We bepalen de uitgangsimpedantie:

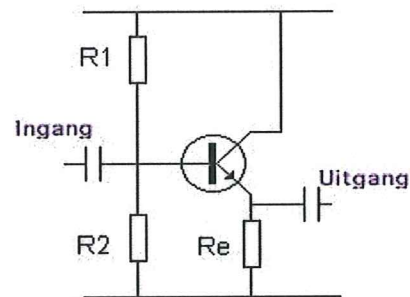
$$Z_o = R_c \quad Z_o = 2700 \, \Omega$$

Gemeenschappelijke collectorschakeling of emittervolger :

Je ziet onmiddellijk dat de collector via de voeding (kleine inwendige weerstand) aan massa ligt. De collector is daarom gemeenschappelijk. De polarisatie op de basis is klassiek (met een spanningsdeler).

Je merkt ook dat de emitter niet meer ontkoppeld wordt. Je kan aanvoelen dat de in- en uitgangssignalen zowat gelijk zullen zijn.

Het verschil zullen we vooral op het vlak van de impedantie zien: daarom gaat het hier eerder om een impedantieaanpassing (IN / UIT).



De winst bij deze schakeling :

Het werd reeds aangehaald, de weerstand r'_e heeft de waarde van :

$$r'_e = \frac{25}{I_e}$$

met I_e in mA

De waarde van A als volgt :

$$A = \frac{R_e}{R_e + r'_e}$$

Met andere woorden: de spanningswinst van een gemeenschappelijke collectorschakeling is iets kleiner dan één (1).

De ingangsimpedantie :

We nemen aan dat :

De ingangsimpedantie wordt vooral bepaald door R_1 en R_2 .

$$Z_i = R_1 // R_2$$

De uitgangsimpedantie :

Ook hier zonder meer:

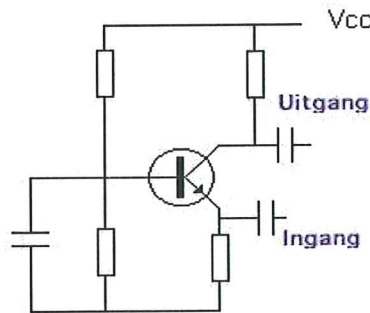
$Z_o = Z_{\text{output (uit)}}$

$$Z_o = r'_e + \frac{R_s // R_1 // R_2}{\beta}$$

De karakteristieken van de gemeenschappelijke collectorschakeling samengevat:

- Winst één
- Geen fazeverschuiving
- Hoge ingangsimpedantie
- Lage ingangsimpedantie

De gemeenschappelijke basis schakeling :



Hiernaast zie je de schakeling, maar bemerk

Een paar veranderingen:

De basis ligt voor wisselspanning aan de gemeenschappelijke massa, door de condensator parallel op de weerstand.

Het ingangssignaal wordt aan de emitter gelegd. Voor de werking van de transistor is er geen verandering in die zin dat dit in de gesloten ingangskring op het zelfde neerkomt als wanneer het signaal aan de basis zou worden gelegd. De verandering van ingangsstroom is de oorzaak van een grote verandering van collectorstroom (zoals bij voorgaande schakeling).

Op het vlak van polarisatie is er niets nieuws daar dit nog steeds in de delerkring gebeurt.

Onze ingangsimpedantie :

We kunnen zonder meer aannemen dat:
We zien onmiddellijk dat deze klein is.

$$Z_i = r'_e$$

Onze uitgangsimpedantie :

Dus:
 $Z_o = Z_{\text{output}} \text{ (uit)}$

$$Z_o = R_c$$

Onze transistor heeft een winst van :

We vermeldde het al, r'_e heeft de waarde van :

$$r'_e = \frac{25}{I_e}$$

met I_e in mA

A wordt nu :

$$A = \frac{R_c}{r'_e}$$

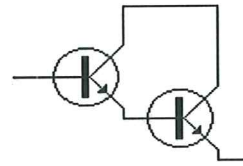
In dit geval is de uitgang in fase met de ingang.

Eigenschappen van de gemeenschappelijke basisschakeling:

- Grote winst
- Geen faseverschuiving
- Lage ingangsimpedantie
- Hoge uitgangsimpedantie

Een bijzondere toepassing van de gemeenschappelijke collectorschakeling, de Darlington :

Dit is een frequent gebruikte schakeling met bijzondere eigenschappen. Deze schakeling (zie rechts) wordt veelvuldig in één enkele behuizing ondergebracht. Er komen dan zoals bij de normale transistor drie draden uit, zodat je uiterlijk geen verschil ziet. Deze schakeling is bekend als de **DARLINGTON**.



Uitvoering: de twee collectoren worden aan elkaar verbonden. De emitter van één ligt aan de basis van de eerste.

Deze schakeling heeft wel een bijzondere eigenschap, namelijk de zeer hoge stroomversterkingsfaktor

$$\beta = \beta_1 \times \beta_2$$

De ander eigenschappen worden als volgt aangepast: de ingangsimpedantie vergroot en de uitgangsimpedantie verkleint waardoor de isolatie tussen in- en uitgangskring verhoogt.

