

**PHILIPS**



**CURSUS**  
**BEDRIJFSELEKTRONICA**

Elektronische componenten

**Leerlingboek BS 10**

© N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, Nederland 1975

*Alle rechten uitdrukkelijk voorbehouden.  
Vermenigvuldiging of mededeling aan derden,  
in welke vorm ook, is zonder schriftelijke  
toestemming van eigenares niet geoorloofd.*

Tweede, herziene druk 1976

Zesde druk 1980

**PHILIPS**



**CURSUS  
BEDRIJFSELEKTRONICA**

Elektronische componenten

**Leerlingboek BS 10**

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

#### OVER DEZE SCANS

Als basis voor deze scans hebben wij gebruik gemaakt van de door 'Freeservicemanuals' in 2018 gemaakte scans. Wij hebben de pagina's van deze scans echter zorgvuldig naar de originele staat gerestaureerd, onder andere door alle persoonlijke notities en de antwoorden op alle oefeningen en vragen te verwijderen.

© N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, Nederland 1975

*Alle rechten uitdrukkelijk voorbehouden.  
Vermenigvuldiging of mededeling aan derden,  
in welke vorm ook, is zonder schriftelijke  
toestemming van eigenares niet geoorloofd.*

Tweede, herziene druk 1976  
Zesde druk 1980

## INHOUDSOPGAVE

- BS 10 B401 Passieve componenten en verbindingen.
- B402 Halfgeleiderdioden.
- B403 Actieve halfgeleidercomponenten I.
- B404 Actieve halfgeleidercomponenten II.
- B405 Halfgeleiderversterker.



## HERHALING 1

### PASSIEVE COMPONENTEN EN VERBINDINGEN

#### INLEIDING

We zijn aan het eind gekomen van het B-deel van de cursus. Dit stuk van de cursus omvatte de componenten, zowel de passieve als de actieve. In een aantal lessen gaan we nu herhalen.

We zetten de voornaamste dingen nog eens op een rijtje.

Deze theorie wisselen we af met opgaven en opdrachten zoals U die ook op de eindtest kunt verwachten.

- Neem deze lessen met grote aandacht door.  
Loopt U tegen zaken aan die U niet begrijpt, vraag dan Uw leraar om nadere uitleg.
  
- Probeer de opgaven zelfstandig te maken.  
Lukt dit niet, ga dan na hoe dit komt. Het kan aan een rekenfout liggen, maar het kan ook voortkomen uit gebrek aan theoriekennis.

In deze eerste herhalingsles komen de passieve componenten aan de orde: de "weerstand", de "condensators", "spoelen" en "transformators". Bovendien wordt enige aandacht geschonken aan "verbindingen".

## OVERZICHT PASSIEVE COMPONENTEN EN BELANGRIJKSTE GEGEVENS

### WEERSTANDEN

- gewone : vaste, regelbare
  - bijzondere: LDR, VDR  
PTC, NTC
- waarde in  $\Omega$ ,  
toelaatbaar vermogen  
in W,  
tolerantie.

### CONDENSATORS

- vaste: bi-, monopolaire (elco)
  - regelbare
- waarde in F,  
toelaatbare spanning  
in V,  
tolerantie.

### SPOELEN

- laagfrequent
  - hoogfrequent
- waarde in H,  
frequentie gebied  
toelaatbare stroom in A,  
serie weerstand in  $\Omega$ .

### TRANSFORMATORS

- met gescheiden wikkelingen: LF, HF
  - autotransformator
- wikkelverhouding,  
frequentiegebied,  
toelaatbare primaire  
spanning in V,  
toelaatbare primaire en  
secundaire stroom in A,  
koppelfactor k.

### GEHEUGENSTEUNEN

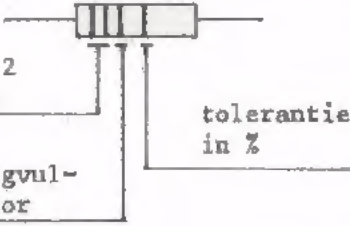
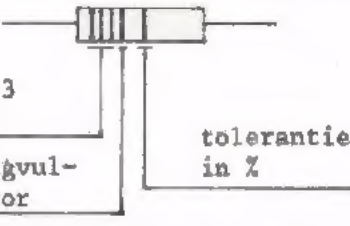
Gebruik bij het beantwoorden van de "test zelf" vragen de geheugensteunen op de nu volgende bladen 3 t/m 13.  
Bestudeer de geheugensteunen, zodat u weet welke gegevens erin opgenomen zijn.



## GEHEUGENSTEUN

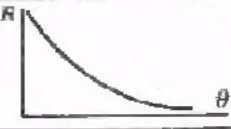
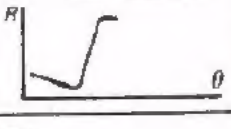
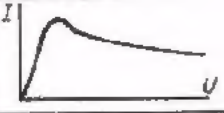

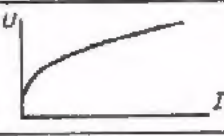
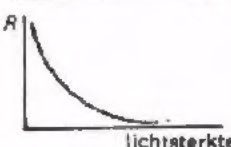
Bij de test worden deze geheugensteunen uitgereikt. We raden u aan er vooraf mee te leren werken.

### CODERING VAN DIVERSE WEERSTANDEN

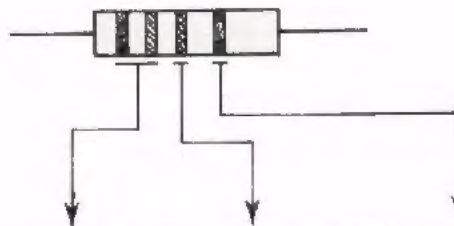
Kleur- code- ring	met 4 ringen	 <p>eerste 2 cijfers</p> <p>vermenigvul- digfactor</p> <p>tolerantie in %</p>	Koolweerstand E12-reeks $\pm 10\%$ E24-reeks $\pm 5,2\%$ en $1\%$	
	met 5 ringen	 <p>eerste 3 cijfers</p> <p>vermenigvul- digfactor</p> <p>tolerantie in %</p>	Metaalfilmweerstand E96-reeks $\pm 1\%$	
cijfer- code- ring	waarde in cijfers	b.v. 8,3 $\Omega \pm 2\%$ 5,6 k $\Omega \pm 1\%$ 1,2 M $\Omega \pm 2\%$	Koolweerstand	
		8E2 $\pm 5\%$ 5K6 $\pm 1\%$ 1M2 $\pm 2\%$	Draadgewonden- weerstand	
	waarde in cijfer- code	4 cijfers gevolgd door letter <p style="text-align: center;"><u>2212F</u></p> eerste 3 cijfers	aantal nullen	tolerantie
	3 cijfers (waarbij R, K of M de komma aangeeft) gevolgd door een letter. Bijv.: 22K1 B - 22,1 k $\Omega \pm 0,1\%$ 22R1 F - 22,1 $\Omega \pm 1\%$			Metaalfilmweerstand E96-reeks $\pm 1\%$ E192-reeks $\pm 0,1\%$ $\pm 0,25\%$ $\pm 0,5\%$ $\pm 1\%$

## GEHEUGENSTEUN

### OVERZICHT BIJZONDERE WEERSTANDEN

NTC-weerstand	grote negatieve temperatuur-coëfficiënt		thermometer	
PTC-weerstand	grote positieve temperatuur-coëfficiënt		stroombegrenzer	
VDR	weerstand is spanningsafhankelijk		spanningsbegrenzer	
LDR	weerstand afhankelijk van hoeveelheid licht		licht-indicator	

### KLEURCODERING



kleur	cijfer	vermenigvuldig factor	tolerantie
zwart	0	$\times 1$	
bruin	1	$\times 10$	
rood	2	$\times 10^2$	$\pm 1\%$
oranje	3	$\times 10^3$	$\pm 2\%$
geel	4	$\times 10^4$	
groen	5	$\times 10^5$	
blauw	6	$\times 10^6$	
violet	7	-	
grijs	8	-	
wit	9	-	
zilver	-	-	$\pm 10\%$
goud	-	$\times 0,1$	$\pm 5\%$

## GEHEUGENSTEUN

### OVERZICHT VAN DE VERSCHILLENDE WEERSTANDREEKSEN

E192 E96 E48			E192 E96 E48			E192 E96 E48			E192 E96 E48			E192 E96 E48		
100	100	100	169	169	169	284			481			816		
101			172			287	287	287	487	487	487	825	825	825
102	102		174	174		291			493			835		
104			176			294	294		499	499		845	845	
105	105	105	178	178	178	298			505			856		
106			180			301	301	301	511	511	511	866	866	866
107	107		182	182		305			517			876		
109			184			309	309		523	523		887	887	
110	110	110	187	187	187	312			530			898		
111			189			316	316	316	536	536	536	909	909	909
113	113		191	191		320			542			920		
114			193			324	324		549	549		931	931	
115	115	115	196	197	197	328			556			942		
117			198			332	332	332	562	562	562	953	953	953
118	118		200	200		336			569			965		
120			203			340	340		576	576		976	976	
121	121	121	205	205	205	344			583			988		
123			208			348	348	348	590	590	590			
124	124		210	210		352			597					
126			213			357	357		604	604				
127	127	127	215	215	215	361			612			10	10	10
129			218			365	365	365	619	619	619	11		
130	130					370			626			12	12	
132			221	221		374	374		634	634		13		
133	133	133	223			379			642			15	15	15
135			226	226	226	383	383	383	649	649	649	16		
137	137		229			388			657			18	18	
138			232	232		392	392		665	665		20		
140	140	140	234			397			673			22	22	22
142			237	237	237	402	402	402	681	681	681	24		
143	143		240			407			690			27	27	
145			243	243		412	412		698	698		30		
147	147	147	246			417			706			33	33	33
149			249	249	249	422	422	422	715	715	715	36		
150	150		252			427			723			39	39	
152			255	255		432	432		732	732		43		
154	154	154	258			437			741			47	47	47
156			261	261	261	442	442	442	750	750	750	51		
158	158		264			448			759			56	56	
160			267	267		543	543		768	768		62		
162	162	162	271			459			777			68	68	68
164			274	274	274	464	464	464	787	787	787	75		
165	165		277			479			796			82	82	
167			280	280		475	475		806	806		91		

## GEHEUGENSTEUN

TOELAATBAAR VERMOGEN VAN WEERSTANDEN BIJ EEN OMGEVINGSTEMPERATUUR VAN 70°C

Koolweerstand	metaalfilmweerstand
CR 16 - 0,2 W	MR 24 - 0,4 W
CR 25 - 0,33 W	MR 25 - 0,4 W
CR 37 - 0,5 W	
CR 52 - 0,67 W	MR 30 - 0,5 W
CR 68 - 1,15 W	MR 34 - 0,5 W
CR 93 - 2 W	MR 52 - 0,75 W
	MR 24 E/C - 0,1 W
	MR 34 E/C - 0,125 W
	MR 54 E/C - 0,25 W
	MR 74 E/C - 0,5 W
	MR 24 D - 0,125 W
	MR 34 D - 0,25 W
	MR 54 D - 0,5 W
	MR 74 D - 0,75 W
	PR 37 - 1,6 W
	PR 52 - 2,5 W

GEHEUGENSTEUN

OVERZICHT VASTE CONDENSATORS MET KLEINE CAPACITEIT

soort	type	uitvoering	klasse	globaal capaciteits gebied	eigenschappen
keramische condensators	$\epsilon_r < 150$	buisvormig schijfvormig plaatvormig	1	0,8 - 820 pF	stabiel weinig verlies bij hoge $f$ .
	$\epsilon_r > 150$	buisvormig schijfvormig plaatvormig	2	680 pF - 22 nF	sterk temp.-afhankelijk niet stabiel kleine afmetingen bij hoge $C$ -waarde.
	$\epsilon_r > 150$	buisvormige doorvoercond.	2	2,5 pF - 2200 pF	weinig zelfinductie
plasticfilm- condensators	sperlaagcond.	plaatvormig	1 2 3	0,56 - 560 pF 0,47 pF - 22 nF 22 nF - 100 nF	$C$ is spanningsafhankelijk
	polyester	platte film gegoten cylindrisch	2	1 nF - 1 $\mu$ F	goedkope koppel- en ontkoppel $C$ 's
	polystyreen	cylindrisch	1	51 pF - 6800 pF	stabiel weinig verlies bij hoge $f$ .
glas			1	0,5 pF - 100 nF	buitengewoon stabiel zéér groot temp.-bereik weinig verlies bij hoge $f$ .

GEHEUGENSTEUN

OVERZICHT REGELEBARE CONDENSATORS

VARIABLE CONDENSATORS	enkelvoudig of	lineair	lucht-varco	zeer nauwkeurig zeer stabiel heel weinig verliezen	
		of	film-varco	goedkoop kleine afmetingen	
	meervoudig	logarithmisch	vacuum-varco	zeer nauwkeurig en stabiel heel weinig verliezen hoge toelaatbare spanning	
TRIMMERS	enkelvoudig	lucht- trimmer	compressie trimmer	niet-lineair	goedkoop
			concentrische trimmer	lineair	nauwkeurig stabiel weinig verliezen
		varco- uitvoering	lineair		
		film-trimmer		lineair	geschikt voor printmontage
		keramische trimmer	buisvormig	lineair	goedkoop
			schijfvormig	lineair	geschikt voor printmontage
VARIABLE CAPACITEITS DIODEN	Waarde van $C$ is te variëren door spier-gelijkspanning te veranderen. Regeling is niet-linear en bedraagt enkele tientallen pF.				

GEHEUGENSTEUN

OVERZICHT VASTE CONDENSATORS MET GROTE CAPACITEIT

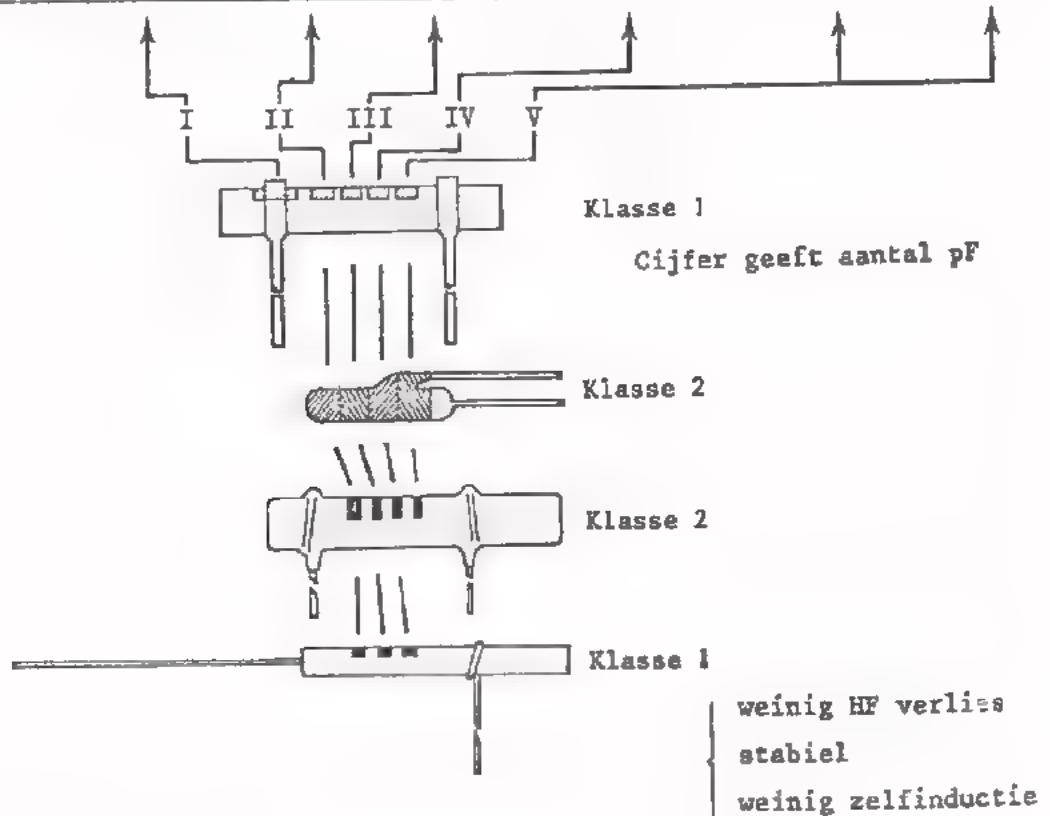
Soort condensator	Voor spanningen	Capaciteit	
voor netspannings- apparaatuur PAPIER → voor hoge betrouwbaarheid	250 V tot 500 V effectieve waarde	1 tot 25 µF	goed bipolair te gebruiken
	250 V tot 2 kV kV	1,5 tot 10 nF	zijn goedkoop
natte aluminium ELEKTRO- droge LYTISCH aluminium droge tantaal	4 tot 63 V 100 tot 400 V 6,3 tot 63 V 6,3 tot 100 V	0,33 tot 4700 µF 2,5 tot 80 µF 680 tot 68 000 µF 1500 tot 150 000 µF	goedkoop voor hoge spanningen beschikbaar. moet na lang opslaan opnieuw ge- formeerd worden.
	6,3 V - 40 V	2,2 tot 330 µF	grote levensduur betrouwbaar stabiel vanwege vast elektrolyt is bipolair kan lang opgeslagen worden zonder dat opnieuw formeren nodig is. grote maximaal toelaatbare temperatuur.
	1,6 V - 40 V	10 nF - 68 µF	zeer duur zeer kleine afmetingen stabiel vanwege vast elektrolyt



# GEHEUGENSTEUN

## KLEURCODERING VAN KERAMISCHE CONDENSATORS

	TC	1e cijfer	2e cijfer	vermenigvuldig factor	tolerantie	
					$C \leq 10 \text{ pF}$	$C > 10 \text{ pF}$
rood/violet	$+100 \cdot 10^{-6}$					
zwart	$0 \cdot 10^{-6}$		0	$10^0 = 1$		$\pm 20\%$
bruin	$-33 \cdot 10^{-6}$	1	1	$10^1 = 10$	$\pm 0,1 \text{ pF}$	$\pm 1\%$
rood	$-75 \cdot 10^{-6}$	2	2	$10^2$	$\pm 0,25 \text{ pF}$	$\pm 2\%$
oranje	$-150 \cdot 10^{-6}$	3	3	$10^3$		
geel	$-220 \cdot 10^{-6}$	4	4	$10^4$		
groen	$-330 \cdot 10^{-6}$	5	5		$\pm 0,5 \text{ pF}$	$\pm 5\%$
blauw	$-470 \cdot 10^{-6}$	6	6			
violet	$-750 \cdot 10^{-6}$	7	7			
grijs		8	8	$10^{-2} = \frac{1}{100}$		
wit		9	9	$10^{-1} = \frac{1}{10}$	$\pm 1 \text{ pF}$	$\pm 10\%$
oranje oranje	$-1000 \cdot 10^{-6}$					

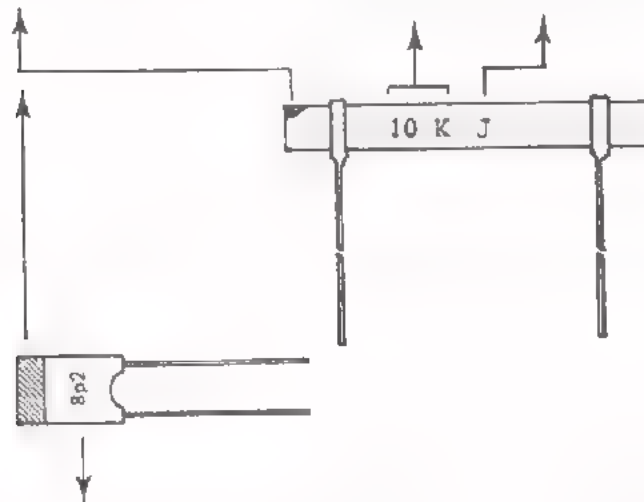




# GEHEUGENSTEUN

## CIJFERCODERING VAN KERAMISCHE CONDENSATORS

TC in kleurkodering		cijfer van capaciteit	lettercodering voor tolerantie	waarden		
rood/violet	$+100 \cdot 10^{-6}$	aantal pF $K = 10^3$	C	$\pm 0,25$ pF	$C < 10$ pF	
zwart	$0 \cdot 10^{-6}$		D	$\pm 0,5$ pF		
bruin	$-33 \cdot 10^{-6}$		F	$\pm 1$ pF		
rood	$-75 \cdot 10^{-6}$		aantal pF $K = 10^3$	F	$\pm 1$ %	$C > 10$ pF
oranje	$-150 \cdot 10^{-6}$			G	$\pm 2$ %	
geel	$-220 \cdot 10^{-6}$			J	$\pm 5$ %	
groen	$-330 \cdot 10^{-6}$			K	$\pm 10$ %	
blauw	$-470 \cdot 10^{-6}$	M		$\pm 20$ %		
violet	$-750 \cdot 10^{-6}$		S	$+50/-20$ %		
oranje/oranje	$-1500 \cdot 10^{-6}$					

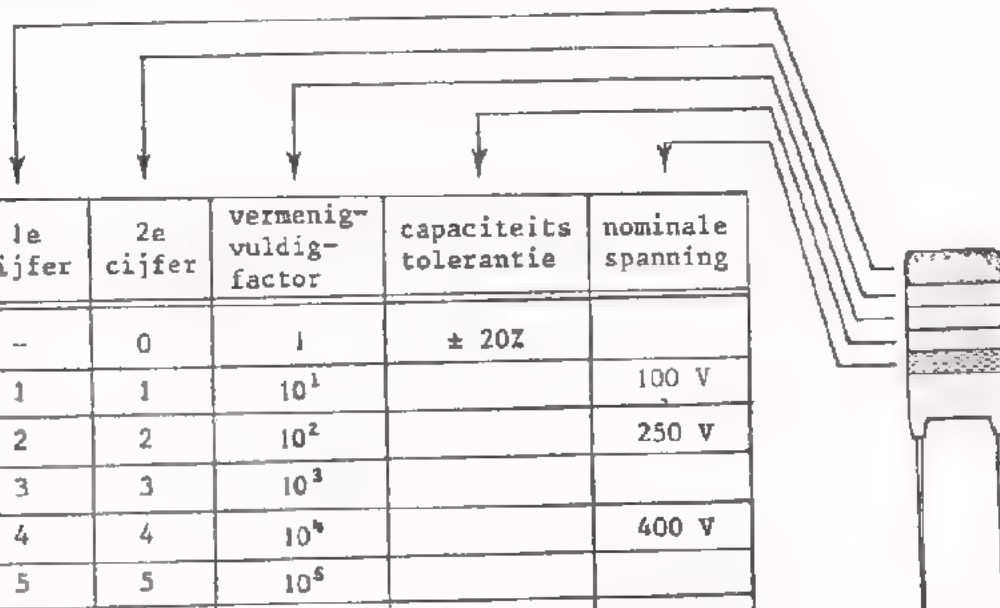


1 p 2	1,2 pF	1
18 p	18 pF	1
n 10	0,1 nF	1
4 n 7	4,7 nF	2
22 n	22 nF	3
100 n	100 nF	3
enz.		
cijfer van capaciteit		Klasse

# GEHEUGENSTEUN

## KLEURCODERING VAN POLYESTER-CONDENSATORS

Deze past men toe bij een platte film-uitvoering van gemetaliseerde polyester-condensators.



kleur	1e cijfer	2e cijfer	vermenigvuldig-factor	capaciteits-tolerantie	nominale spanning
zwart	-	0	1	± 20%	
bruin	1	1	10 <sup>1</sup>		100 V
rood	2	2	10 <sup>2</sup>		250 V
oranje	3	3	10 <sup>3</sup>		
geel	4	4	10 <sup>4</sup>		400 V
groen	5	5	10 <sup>5</sup>		
blauw	6	6			630 V
violet	7	7			
grijs	8	8			
wit	9	9		± 10%	

## CIJFERCODERING VAN PLASTICFILM-CONDENSATORS

Over het algemeen spreekt deze voor zichzelf.

Gegeven wordt:

- de capaciteitswaarde
- de tolerantie van de capaciteit
- de nominaal toelaatbare spanning

Voor een "nugget"-uitvoering van polyester-condensators betekent het opschrift

0.22/20/250

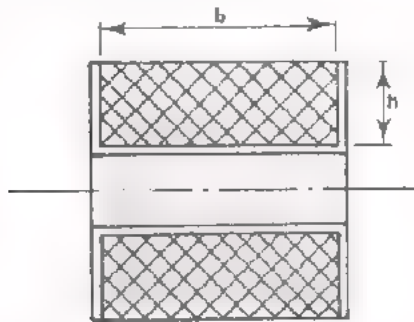
dat:  $C = 0,22 \mu\text{F}$   
 tolerantie = ± 20%  
 nominale spanning = 250 V.

# BEHEUGENSTEUN

## SPOEL EN TRANSFORMATOR

De vulfactor is:

$$v = \frac{n \cdot A}{b \cdot h}$$



- $n$  = aantal windingen
- $A$  = koperdoorsnede draad ( $\text{mm}^2$ )
- $b$  = wikkelbreedte (mm)
- $h$  = wikkelhoogte (mm)

### WIKKELMETHODEN zijn:

- éénlaags cilindrisch (spoed  $s$  = draaddiameter  $d$ ).
- semi-bank ( $s < d$ ; hoogstens 3 lagen).
- hoogkant geslingerd (geen flenzen).
- wild (wel flenzen).
- orthocyclisch (volkomen regelmatig; thermoplac).

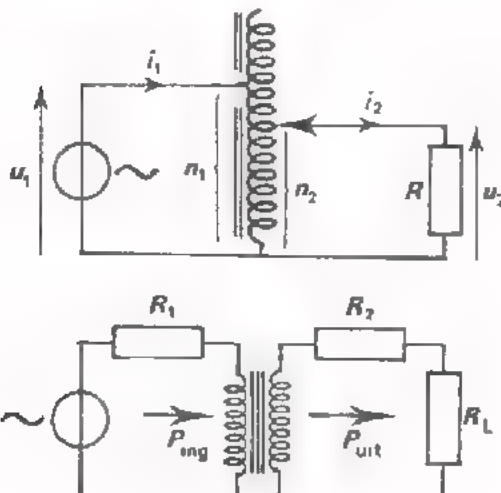
### KERNMATERIALEN zijn:

- Si-ijzer tot 15 kHz
- ferroxcube 3 tot 1 MHz, snel verzadigd.
- ferroxcube 4 0,5 tot 25 MHz, snel verzadigd.
- poederijzer boven 25 MHz.

### MAGNETISCHE AFSCHERMING

- laagfrequent door: Si-ijzer, mumetaal (snel verzadigd).
- hoogfrequent door: goed geleidende bus.

### TRANSFORMATOR formules:



$$\text{koppelfactor} = \frac{\phi_h}{\phi_h + \phi_s}$$

$\phi_h$  = hoofdveld

$\phi_s$  = spreidingsveld

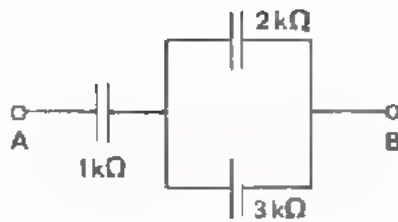
$$\eta = \frac{P_{\text{uit}}}{P_{\text{in}}} \quad 100\% = \text{rendement}$$

$$R_i = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_1 + R_2 = \text{weerstand die } R_L \text{ terugziet.}$$



TEST UZELF

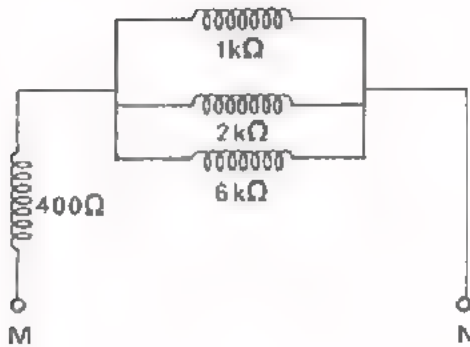
1.



Bij de toegepaste frequentie gelden de gegeven waarden van  $X$ . Bereken de reactantie tussen de punten A en B.

$$X_{AB} = \boxed{\phantom{000000}}$$

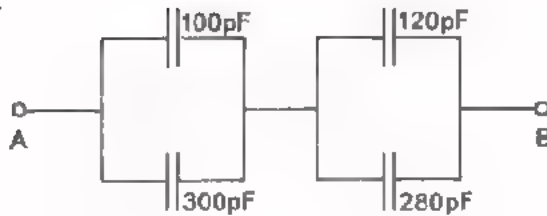
2.



Bij de toegepaste frequentie gelden de gegeven waarden van  $X_L$ . Bereken de reactantie tussen de punten M en N.

$$X_{MN} = \boxed{\phantom{000000}}$$

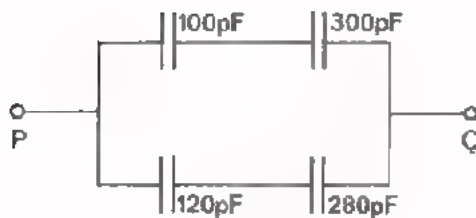
3.



Bereken de capaciteit tussen de punten A en B.

$$C_{AB} = \boxed{\phantom{000000}}$$

4.



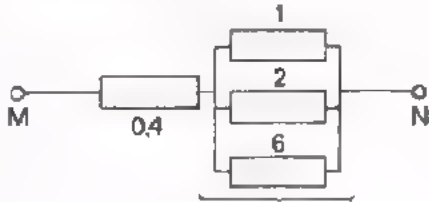
Bereken de capaciteit tussen de punten P en Q.

$$C_{PQ} = \boxed{\phantom{000000}}$$

UITWERKINGEN

1. Met reactanties rekent men als met R's.  
 Dus:  $X_{AB} = 1 + \frac{2 \cdot 3}{2+3} = 1 + \frac{6}{5} = 2,2 \text{ k}\Omega$

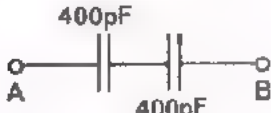
2. Evenzo



$\frac{1}{X} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} = \frac{10}{6} \rightarrow X = 0,6 \text{ k}\Omega$

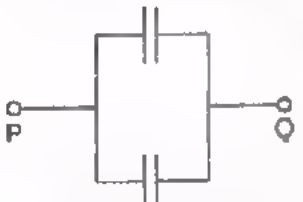
$X_{MN} = 0,4 + 0,6 = 1 \text{ k}\Omega$

3.



$\rightarrow C_{AB} = 200 \text{ pF}$

4.



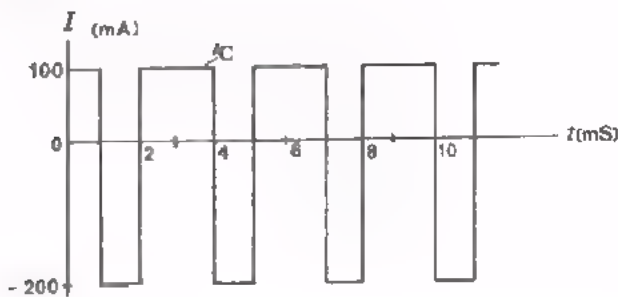
$\frac{100 \cdot 300}{400} = 75 \text{ pF}$

$\frac{120 \cdot 280}{400} = 84 \text{ pF}$

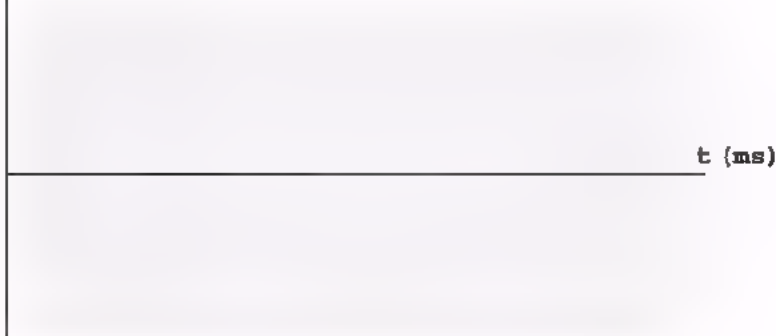
$\rightarrow C_{PQ} = 159 \text{ pF}$

TEST UZELF

5.



$U_c \text{ (V)}$



Aan een condensator van  $2 \mu\text{F}$  voert men deze blokstroom  $i_C$  toe.  
 Bereken de maximale spanning over de condensator.

$U_{ct} =$

Teken hiernaast het verloop van de spanning over de condensator.

DE CONDENSATOR EN DE SPOEL

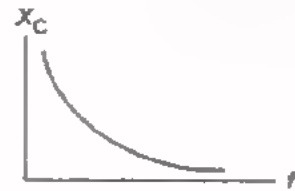
Wat is een IDEALE C?

Wat is een IDEALE L?

Bekijk op de *geheugensteunen* nog eens wat er over de condensator en de spoel staat.

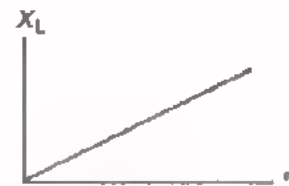
Bij een ideale C is  $X_C$  omgekeerd evenredig met  $f$ :

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$



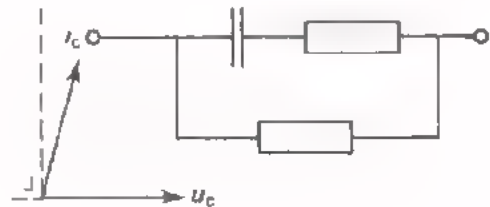
Bij een ideale L is  $X_L$  evenredig met  $f$ :

$$X_L = 2\pi fL$$

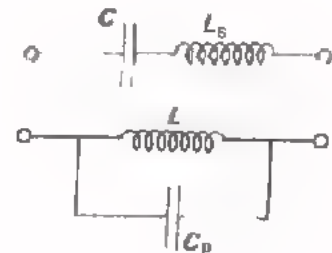


Een NIET IDEALE C heeft verliezen, zodat  $i_c$  minder dan  $90^\circ$  voorijlt op  $u_c$ .

Een NIET IDEALE L heeft verliezen (koper en ijzer), waardoor  $i_1$  minder dan  $90^\circ$  naijlt op  $u_1$ .



Een C heeft enige serie-L en een L heeft enige parallel-C. Bij zeer hoge frequenties wordt de niet ideale C een "zelfinductie" en de niet ideale L een "capaciteit".

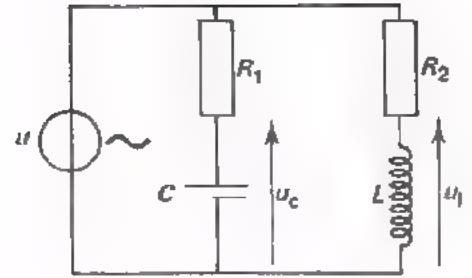


TEST UZELF

7. In deze schakeling:

$$R_1 = \sqrt{3} X_C$$

$$\text{en } R_2 = \sqrt{3} X_L$$



Teken voor elke tak een vectordiagram.

Voor de fasedraaiing tussen  $u_c$  en  $u_l$  geldt:

$u_c$  is in fase met  $u_l$

$u_c$  is in tegenfase met  $u_l$

$u_c$  ijlt  $20^\circ$  na op  $u_l$

$u_c$  ijlt  $20^\circ$  voor op  $u_l$

- 

8. In deze schakeling:

$$X_C = R_1 \text{ en } X_L = R_2$$

Teken drie vectordiagrammen

(voor  $u_1$ ,  $u_c$  en  $u_2$ ).

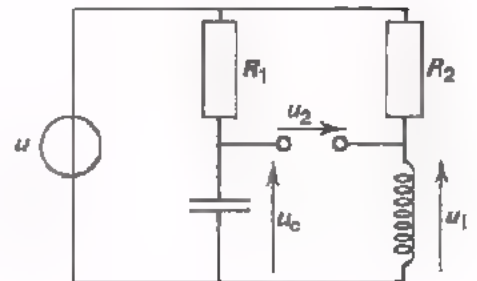
Nu is:

$u_1$  is in fase met  $u_2$

$u_1$  is in tegenfase met  $u_2$

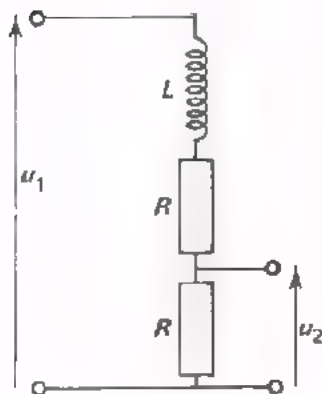
$u_1$  ijlt  $45^\circ$  na op  $u_2$

$u_1$  ijlt  $45^\circ$  voor op  $u_2$



- 

9.



Bij zeer lage frequenties geldt:

$$\frac{U_{2t}}{U_{1t}} = \boxed{\phantom{000}}$$

Bij zeer hoge frequenties geldt:

$$\frac{U_{2t}}{U_{1t}} = \boxed{\phantom{000}}$$

10. Bij welke frequentie is de reactantie van een spoel  $L = 160 \text{ mH}$  gelijk aan die van een condensator van  $100 \text{ pF}$ ?

$$f^0 = \boxed{\phantom{000}}$$



7.

$u_C$  ijlt  $60^\circ$  na op  $u$   
 $u_1$  ijlt  $60^\circ$  voor op  $u$   
 $u_C$  en  $u_1$  zijn onderling  $120^\circ$  in fase verschoven  
 $u_1$  ijlt dus  $120^\circ$  voor op  $u_C$   
 (antwoord 3)

8.  $X_C = R_1$   
 $X_L = R_2$

$u_C$  ijlt  $45^\circ$  na op  $u$   
 $u_1$  ijlt  $45^\circ$  voor op  $u$   
 Eén van de diagrammen draaien:  
 $u_2$  wordt gevonden door  $u_1$  en  $u_C$  op te tillen

9. Bij zeer lage  $f$ :  $\omega L \ll 2R$ , zodat  $\frac{u_2}{u_1} = \frac{R}{2R} = \frac{1}{2}$   
 Bij zeer hoge  $f$ :  $\omega L \gg 2R$ , zodat  $u_2$  en dus  $\frac{u_2}{u_1} \approx 0$

10.  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$        $\omega^2 = \frac{1}{LC} = \frac{10^3 \cdot 10^{12}}{180 \cdot 10^2} = \frac{10^{12}}{18}$   
 $\omega = \frac{10^6}{4} = 2\pi f$        $f \approx 4 \cdot 10^4$  Hz

TEST UZELF

11. Hoe groot is de stroom als S gesloten wordt?  $I_0 =$    
 Hoeveel seconde na het sluiten van S is  $u_C$  gelijk aan 6 V?

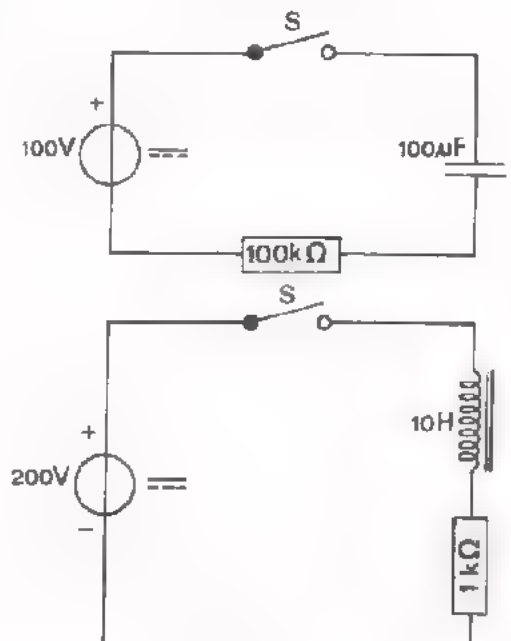
$t =$

Hoe groot is  $u_C$  na 20 s?

$u_C =$

12. Hoeveel milliseconde na het sluiten van S is de stroom door de spoel 126 mA?

Na  ms



UITWERKINGEN

11. De laadstroom vlak na sluiten van S is:

$$I_0 = \frac{U}{R} = \frac{100}{100 \cdot 10^3} = \frac{1}{10^3} = 1 \text{ mA}$$

Als de C tot 6 V is geladen, is de spanning over R nog nauwelijks afgenomen. D.w.z. dat de laadstroom van 1 mA vrijwel behouden is gebleven. Tijdens het aangroeien van  $U_C$  van 0 tot 6 V wordt dus praktisch een gelijkstroom van 1 mA toegevoerd. Verder geldt als  $u_C = 6 \text{ V}$

$$Q = C \cdot u_C = I \cdot t$$

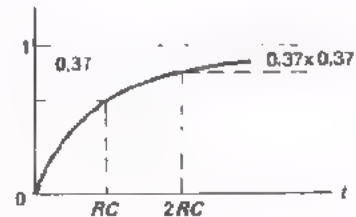
$$6 \cdot 10^{-4} = 10^{-3} \cdot t$$

$$\text{of } t = 0,6 \text{ s}$$

$$\text{RC-tijd: } 10^5 \cdot \frac{1}{10^4} = 10 \text{ s}$$

20 s is dus 2RC-tijden.

Na  $2 \times \text{RC}$  is de spanning over de C



$$100 - 0,37 \cdot 37 = 86,3 \text{ V}$$

12. De stroom neemt tenslotte toe tot:

$$I_{\text{max}} = \frac{U}{R} = \frac{200}{1000} = 200 \text{ mA}$$

$$126 \text{ mA} = 0,63 \cdot 200 \text{ mA}$$

$I = 126 \text{ mA}$  wordt dus bereikt in  $\frac{L}{R} \text{ s}$

$$\frac{L}{R} = \frac{10}{1000} \text{ s} = 10 \text{ ms}$$

## TOEPASSING VAN PASSIEVE COMPONENTEN

Hieronder volgt een overzicht van de voornaamste toepassingen van weerstanden, condensators, spoelen en transformatoren.

Bestudeer dit overzicht aandachtig en probeer U van elk van de genoemde toepassingen een voorbeeld voor de geest te halen.

### WEERSTANDEN

- spanningsdeling.
- stroomdeling.
- natuurkundige grootte (temperatuur, licht, enz.) omzetten in elektrische grootte:  
b.v. PTC, NTC, LDR.

### CONDENSATORS

- blokkeren van gelijkstroom en spanning.
- wisselspanningsdeling.  
wisselstroomdeling.
- elektrische energie opslaan.

### SPOELEN

- blokkeren van wisselstroom en spanning.
- wisselspanningsdeling.
- magnetische energie opslaan.

### COMBINATIES VAN $R$ EN $C$ ; $R$ EN $L$ ; $R$ , $C$ EN $L$ .

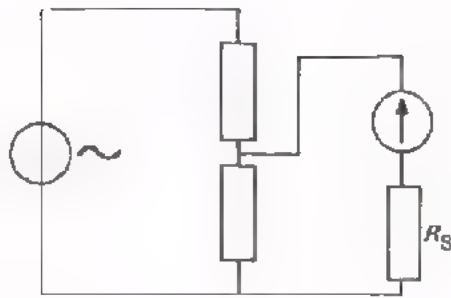
- filterwerking, waardoor bepaalde frequentiegebieden worden doorgelaten of onderdrukt.
- tijdbepalende schakeling ( $RC$ -tijd;  $\frac{L}{R}$ -tijd).

### TRANSFORMATORS

- wisselspanningswaarde veranderen.
- wisselstroomwaarde veranderen.
- circuits scheiden.
- impedantieaanpassing.

TEST UZELF

13.



In deze schakeling dient

$R_s$  om:

---



---



---

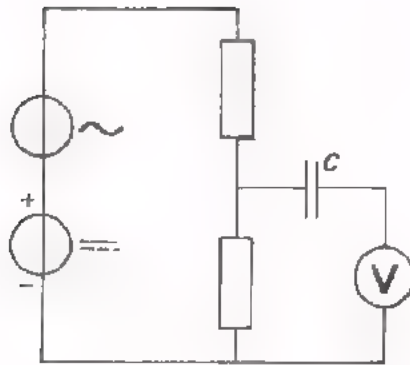


---



---

14.



$C$  dient om:

---



---



---

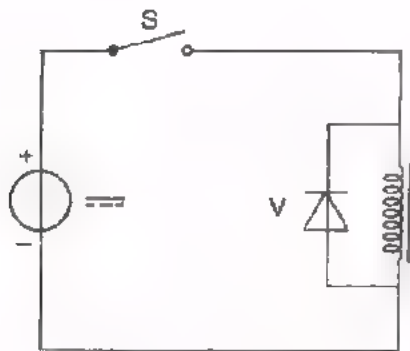


---



---

15.



Diode  $V$  dient om:

---



---



---

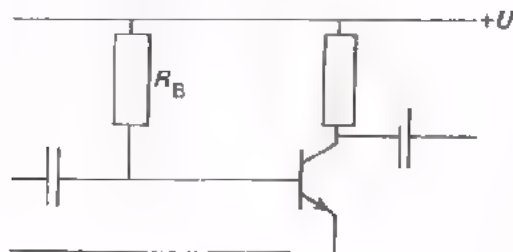


---



---

16.



$R_B$  dient om:

---



---



---

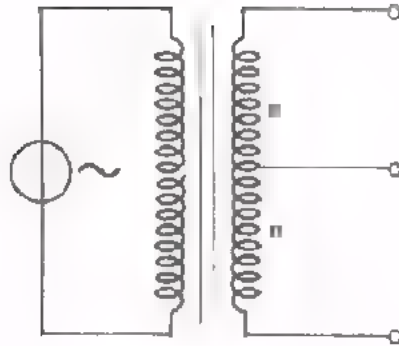


---



---

17.



De transformator hiernaast dient om:

---



---

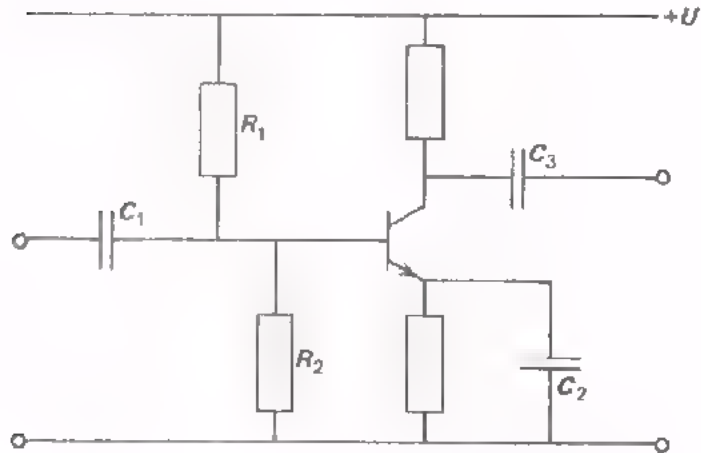


---



---

18.



In deze schakeling is  $C_1$  een ontkoppel / koppel condensator

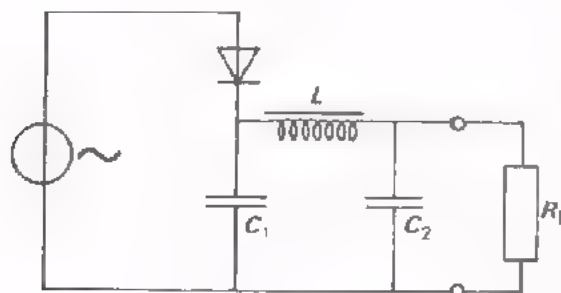
$C_2$  is een ontkoppel / koppel condensator

$C_3$  is een ontkoppel / koppel condensator

$R_1$  en  $R_2$  dienen voor stroom / spanning - deling

19.

$L$  en  $C_2$  dienen om:




---



---



---



---

ontkoppel / koppel condensator

BIJZONDERE WEERSTANDEN

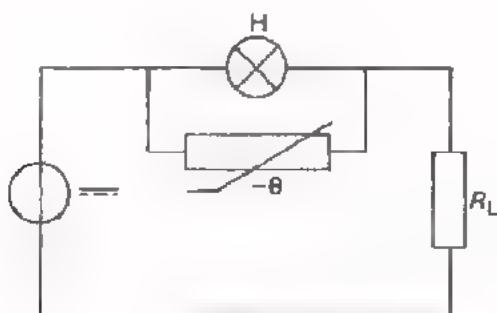
Sla de TABEL uit de geheugensteunen erop na.

Bestudeer goed wat daar staat over de NTC-, de PTC-weerstand, de VDR en de LDR.

Probeer nu volgende vragen te beantwoorden.

TEST UZELF

20.



Wat voor weerstand staat er parallel aan de lamp?

Een

Wat gebeurt er als de lamp defect raakt?

---



---



---

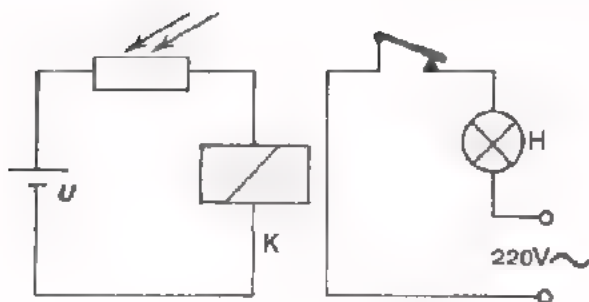


---

21. Een stroommeter beveiligd men wel tegen het optreden van te grote stromen door er mee in serie te schakelen:

- een "gewone" weerstand
- een LDR
- een NTC-weerstand
- een PTC-weerstand

22.



Met behulp van de LDR wordt de lamp uitgeschakeld als het 's morgens licht wordt. Verklaar de schakeling met enkele woorden.

---



---

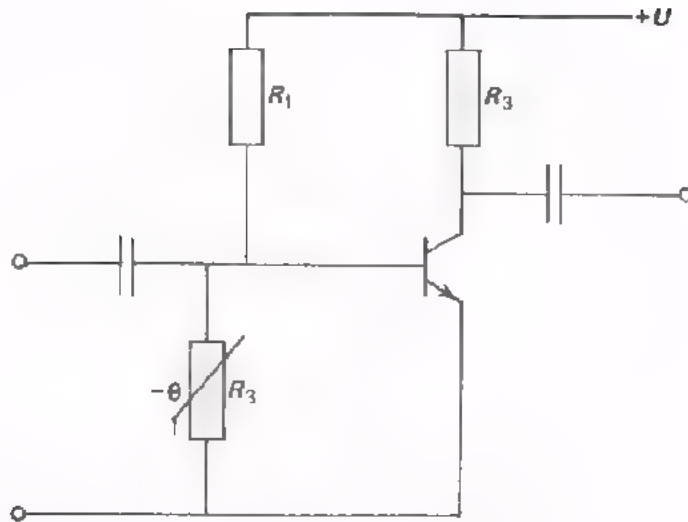


---



---

23.



De NTC-weerstand is dicht tegen de transistor aan gemonteerd, zodat hij steeds dezelfde temperatuur heeft als de transistor.

Wat gebeurt er nu als de temperatuur van de transistor toeneemt?

---

---

---

---

---

---

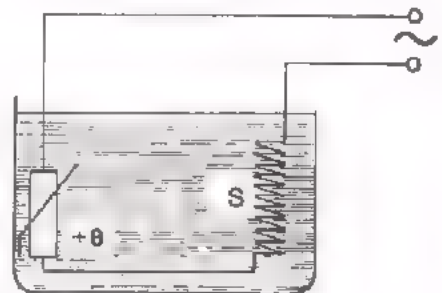
---

---

24. De vloeistof in dit reservoir wordt door middel van de verwarmingsspiraal S op temperatuur gehouden.

In serie met S staat een PTC-weerstand.

Verklaar de werking van de schakeling.



---

---

---

---

---

---

---

---

TEST UZELF

Bekijk eerst de tabellen op pagina's B401.3 t/m B401.5 nog eens goed.

25. Op een weerstand komen 5 ringen voor.

De weerstand is een:

- |                         |       |                       |
|-------------------------|-------|-----------------------|
| koolweerstand van       | 1 %   | <input type="radio"/> |
| draadweerstand van      | 0,5 % | <input type="radio"/> |
| metaalfilmweerstand van | 1 %   | <input type="radio"/> |
| metaalfilmweerstand van | 0,1 % | <input type="radio"/> |

26. Over een weerstand staat 50 V.

Er loopt een stroom van 100 mA.

We moeten een weerstand kiezen van tenminste:

- |        |                       |
|--------|-----------------------|
| 0,25 W | <input type="radio"/> |
| 0,5 W  | <input type="radio"/> |
| 1 W    | <input type="radio"/> |
| 5 W    | <input type="radio"/> |

27. Welke tolerantie behoort bij een weerstand uit de E96 reeks?

	%
--	---

28. Een koolweerstand heeft als kleurcodering:

"rood, rood, rood, rood".

- |                         |               |                       |
|-------------------------|---------------|-----------------------|
| De tolerantie bedraagt: | <u>+</u> 1 %  | <input type="radio"/> |
|                         | <u>+</u> 2 %  | <input type="radio"/> |
|                         | <u>+</u> 5 %  | <input type="radio"/> |
|                         | <u>+</u> 10 % | <input type="radio"/> |



29. Op een weerstand staat: 5361 B  
Welk type weerstand is dit?

Hoe groot is de weerstandswaarde?

Hoe groot is de tolerantie?

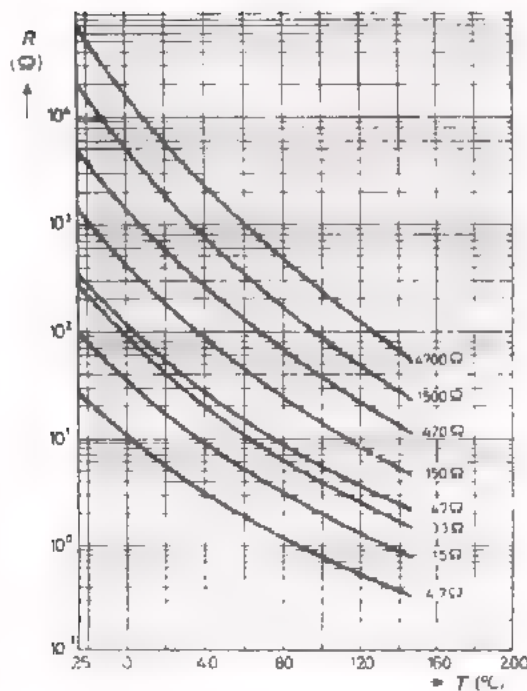
30. In een schakeling vloeit door een weerstand van  $10\text{ k}\Omega$  een gelijkstroom van maximaal  $10\text{ mA}$ .

U moet deze weerstand vervangen door een nieuwe met zo klein mogelijke afmetingen.

Welke kiest U?

- |       |                       |
|-------|-----------------------|
| CR 25 | <input type="radio"/> |
| CR 52 | <input type="radio"/> |
| CR 68 | <input type="radio"/> |
| CR 93 | <input type="radio"/> |

31.



Zoek in deze grafiek de thermistor op die bij  $25^{\circ}\text{C}$  een weerstandswaarde heeft van  $150\ \Omega$ .  
Bij  $120^{\circ}\text{C}$  is zijn waarde ongeveer:

TEST UZELF

Gebruik de tabellen uit de geheugensteunen.

32. Welke condensator van  $33 \mu\text{F}$  en  $U_{\text{MAX}} = 10 \text{ V}$  heeft de kleinste afmetingen?

- natte monopolaire elco
- natte bipolaire elco
- droge aluminium elco
- droge tantaal elco

33. Geef de kleurcode van een keramische condensator van  $56 \text{ pF} \pm 5\%$ .

---

---

---

---

34. Wat betekent het opschrift 0.22/20/250 op een condensator?

---

---

---

---

35. Wat is het verschil in betekenis tussen deze symbolen?



---

---

---

---

36. Is een droge Al-elco bipolair? (Al = aluminium)

ja / nee

37. Op een condensator staat:  $4 \text{ n } 7$ .

Hoe groot is de waarde in pF?

TEST UZELF

Tot slot nog iets over verbindingen, met name de coaxiale kabel.  
Sla de geheugensteun erop na.

38. De coaxiale kabel van een centrale antenne-aansluiting van Uw TV-ontvanger is te kort.

U gaat naar een winkel en vraagt een:

- willekeurig stuk coax-kabel om de oude voldoende te verlengen.
- willekeurig stuk coax-kabel om de oude te vervangen.
- een stuk coax-kabel met dezelfde  $R_0$  om de oude voldoende te verlengen.
- een stuk coax-kabel met dezelfde  $R_0$  dat de oude geheel vervangt.

39. Bij een zeer lange kabel staat aan het begin 64 V. Na 10 km. is de spanning nog maar 48 V.

Hoe groot is de spanning na 20 km?

$U =$

40. Een kabel heeft een karakteristieke weerstand van  $50\Omega$ .

Men voert via deze kabel impulsen toe aan een belasting van  $7200\Omega$ .

Men past aan door middel van een transformator.

Hoe groot moet de wikkerverhouding  $n_2 : n_1$  zijn?

$n_2 : n_1 =$

## VERDERE OEFENING

Bestudeer de GEHEUGENSTEUNEN en de daarin opgenomen TABELLEN thuis nog eens goed.

Bestudeer grondig de herhalingslessen B105, B116 en B128.  
Maak de opgaven in deze lessen nog eens.

Loopt U hier of daar vast, probeer dan de moeilijkheden op te lossen aan de hand van de aan de herhalingsles voorafgaande lessen.

Blijft U met problemen zitten, noteer die dan kort hieronder.  
In de volgende les kunt U aan Uw leraar hierover vragen stellen.

HERHALING 2

HALFGELEIDERDIODEN

INLEIDING

Dit is de tweede herhalingsles over het B-deel van de cursus. Hierin worden de HALFGELEIDERDIODEN nog eens herhaald.

Neem deze les met grote aandacht door.

Loopt u tegen problemen aan die u niet begrijpt, vraag dan uw leraar om nadere uitleg.

Probeer de opgaven zelfstandig te maken.

Lukt U dit niet, ga dan na waar het aan ligt.

Misschien maakt u alleen maar een rekenfout, maar het kan ook voortkomen uit een gebrek aan theoretische kennis.

## TYPEN DIODEN

Dioden komen in een groot aantal verschillende types voor. Zij hebben dan uiteenlopende eigenschappen die nodig zijn voor verschillende toepassingen.

We hebben de volgende typen behandeld:

Tweede letter van de codering	Toepassing en eigenschappen.
A	Diode voor verwerking van kleine signalen. <ul style="list-style-type: none"><li>- weinig capaciteit</li><li>- kleine sperstroom</li></ul>
B	Variabele capaciteitsdiode. <ul style="list-style-type: none"><li>- kleine serieweerstand</li><li>- kleine sperstroom</li><li>- capaciteit in orde van grootte van enkel pF tot enkele tientallen pF.</li></ul>
Y	Gelijkrichtdiode. <ul style="list-style-type: none"><li>- maximaal te verwerken stroom van belang</li><li>- maximaal toelaatbare sperspanning van belang</li><li>- hoe anode en kathode zijn aangesloten is van belang.</li></ul>
Z	Zenerdiode. <ul style="list-style-type: none"><li>- zenerspanning van belang.</li><li>- toelaatbaar vermogen.</li><li>- temperatuurafhankelijkheid van belang.</li></ul>

## GERMANIUM EN SILICIUM

Er zijn twee soorten halfgeleiderdioden in gebruik:  
die gemaakt van germanium (Ge)  
en die van silicium (Si).

Ge-dioden hebben de coderingsletter:

Si-dioden hebben de coderingsletter:

Germaniumdioden hebben het voordeel dat zij in de doorlaatrichting reeds flink stroom (mA's) voeren vanaf 0,3 V, terwijl dit bij siliciumdioden eerst het geval is vanaf ca. 0,7 V.

Siliciumdioden hebben als voordelen t.o.v. de germaniumdioden:

- de sperstroom is veel kleiner (nA's).
- zij werken nog goed bij hogere temperaturen.
- de maximum toelaatbare sperspanning kan veel groter zijn.

### TEST UZELF

1. De sperstroom van een siliciumdiode is bij 20°C gelijk aan 3 nA.  
Hoe groot is  $-I_V$  bij 68°C?

$-I_V =$

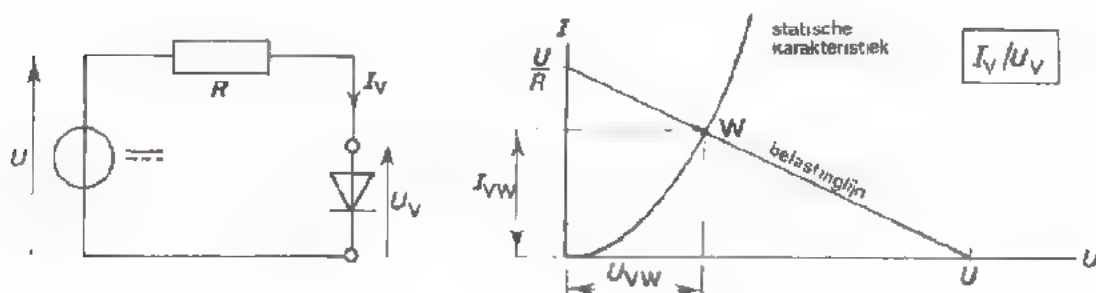
2. Wat is een zenerdiode?

Teken het symbool en de karakteristiek.



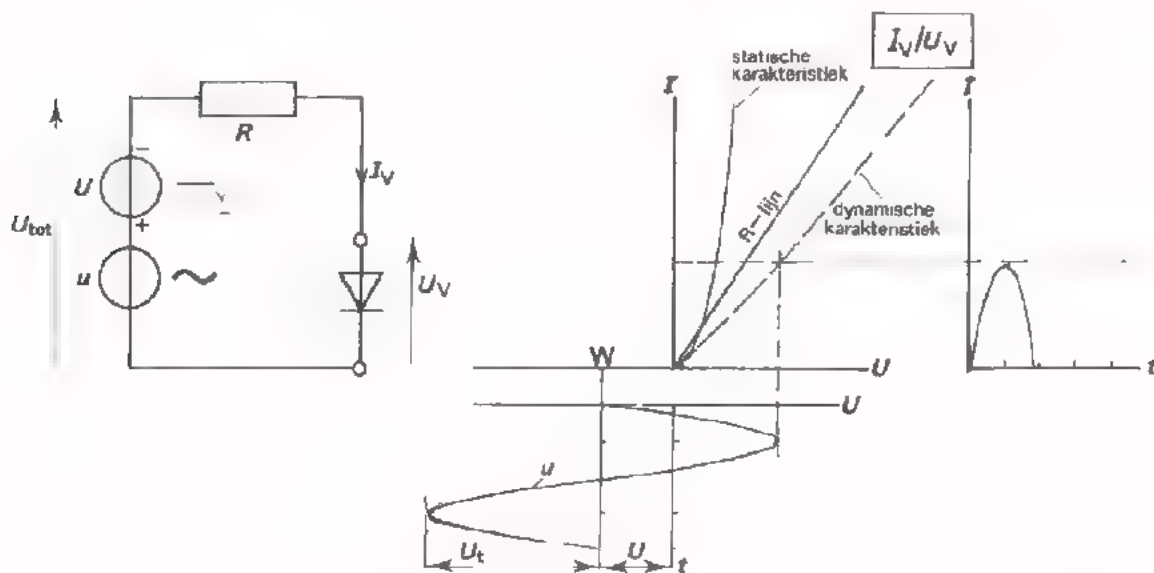
## DE BELASTINGLIJN EN DE DYNAMISCHE KARAKTERISTIEK

Een diode wordt in een schakeling meestal in serie met een weerstand op een spanning aangesloten. Is de spanning een GELIJKspanning, dan zijn  $U_V$  en  $I_V$  gemakkelijk te bepalen met de belastinglijn.



- Voor de bepaling van één instelpunt, dat afhangt van serieweerstand en aangesloten gelijkspanning, is de belastinglijn goed te gebruiken.

Is een diode in serie met een weerstand op een *variërende* spanning aangesloten, dan heeft men niet met slechts één instelpunt te doen. De instelling verandert voortdurend. In dat geval kan men beter niet een belastinglijn gebruiken, maar wel de dynamische karakteristiek.

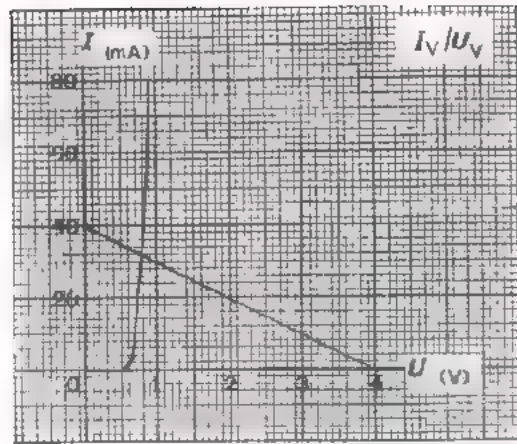


- Om na te gaan hoe een variërende spanning wordt verwerkt door een diode met serieweerstand, is de dynamische karakteristiek goed te gebruiken.



TEST UZELF

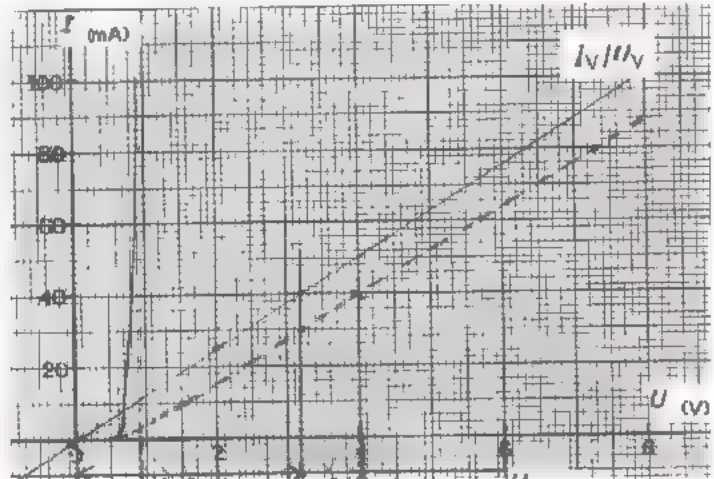
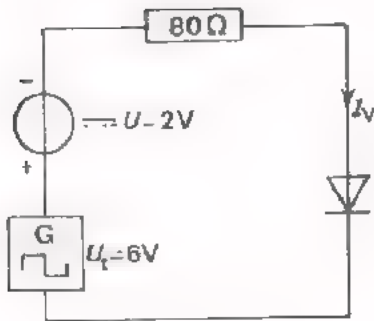
3. Een diode met deze karakteristiek is in serie met een weerstand van  $100\Omega$  aangesloten op een gelijkspanning van  $4\text{ V}$ .



Hoe groot is de stroom door de serieschakeling?

$I =$

4. Een diode met gegeven karakteristiek is aangesloten op een totale spanning  $U_{TOT}$ , die bestaat uit een gelijkspanning  $U = 2\text{ V}$  en een symmetrische blokspanning met  $U_t = 6\text{ V}$ .



Hoe groot is de topwaarde van de stroomimpulsen?

$I_t =$

Hoe groot is de topwaarde van de spanningsimpulsen over  $R$ ?

$U_{Rt} =$

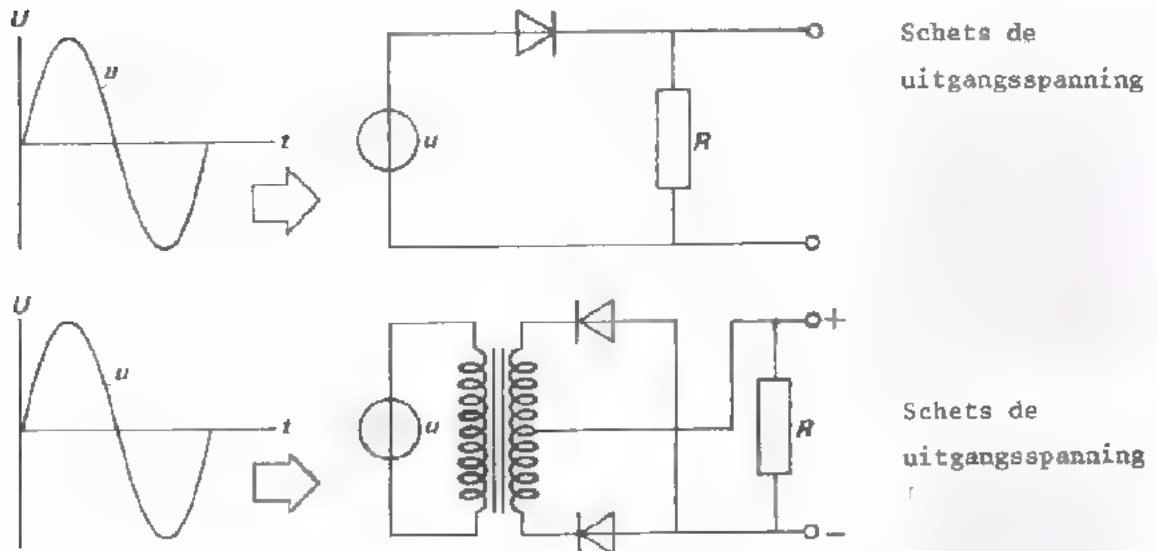
Hoe groot is de top tot topwaarde van  $U_V$ ?

$U_{Vtt} =$

## WAARVOOR GEBRUIKEN WE DIODEN?

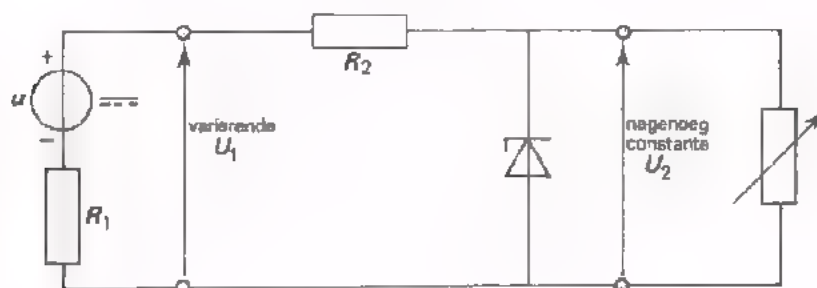
We sommen hieronder op waarvoor de diode zoal gebruikt wordt. Telkens geven we ook een voorbeeld van een schakeling. Bestudeer deze schakelingen goed en ga na hoe ze werken.

### ● GELIJKRICHTING



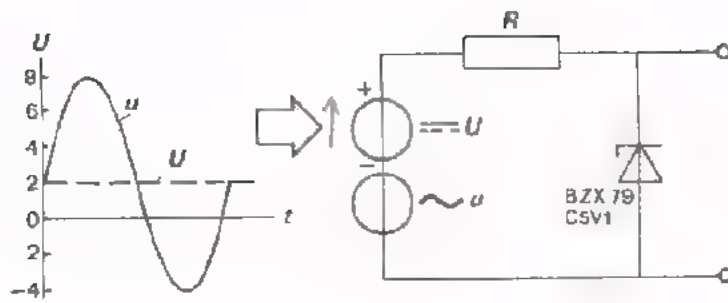
### ● STABILISATIE

Een variërende gelijkspanning wordt constant.



Ga na hoe de stabilisatie tot stand komt.

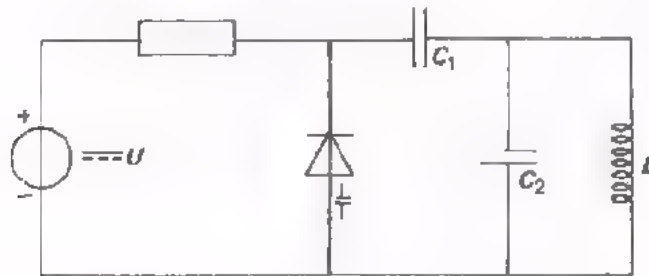
● BEGRENZING



Schets de uitgangsspanning.

Ga na hoe de begrenzing tot stand komt.

● VARIËREN VAN CAPACITEIT door middel van gelijkspanning.



De diode heeft een capaciteit die afhankelijk is van de toegevoerde gelijkspanning.

In deze schakeling verandert de capaciteit van de kring onder invloed van de spanning  $U$ .

Vraag: de diode staat in doorlaat  
is gesperd

Waarvoor dient  $C_1$ ?

---



---



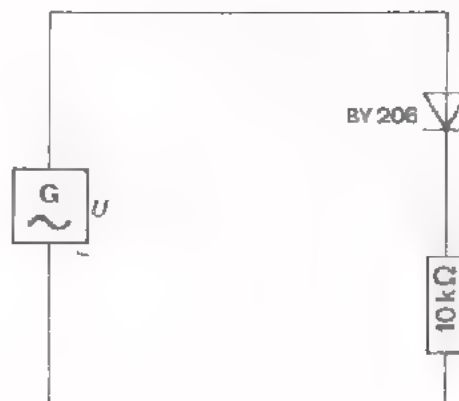
---



---

In volgende opdrachten gaan we enige van deze toepassingen nog eens praktisch ervaren.

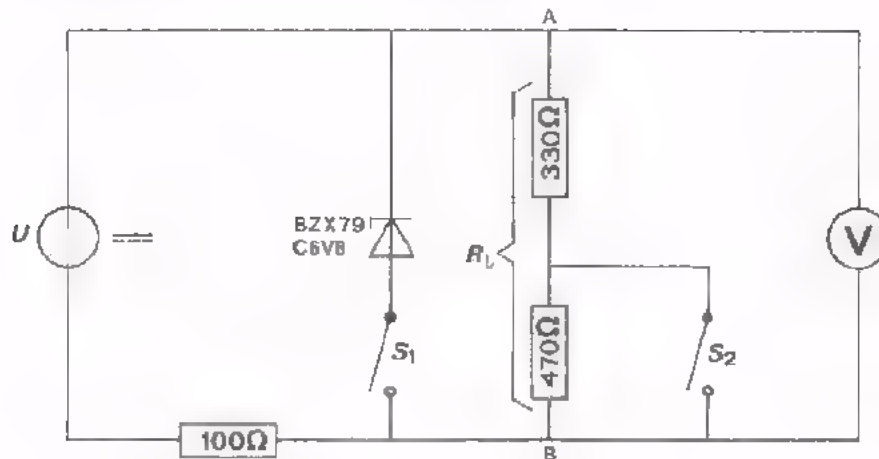
OPDRACHT: GELIJKRICHTEN MET EEN DIODE



- Bouw deze schakeling op uw paneel.
- Voer een wisselspanning toe van ongeveer 5 V bij een frequentie van 800 Hz.
- Bekijk met behulp van een oscilloscoop:
  - de spanning over de diode
  - de spanning over de weerstand
- Teken twee perioden van deze spanningen hieronder.

Is u het verloop van deze spanningen duidelijk?

OPDRACHT: STABILISEREN DOOR MIDDEL VAN EEN DIODE



- Bouw deze schakeling.
- Laat  $S_1$  open en  $S_2$  gesloten; varieer  $U$  van 10 V tot 15 V.
- $U_{AB}$  blijkt te variëren tussen:  en
- Sluit  $S_1$  en varieer  $U$  opnieuw van 10 V tot 15 V.  
Kom niet boven 15 V, anders wordt de diode te overbelast!
- $U_{AB}$  blijkt nu te variëren tussen:  en
- Open  $S_1$  en houd  $U$  constant op 15 V.
- Ga na hoe groot  $U_{AB}$  is bij open  $S_2$  en bij gesloten  $S_2$ .
 

open	$S_2$ :	$U_{AB} =$ <input type="text"/>
	gesloten $S_2$ :	$U_{AB} =$ <input type="text"/>
- Sluit  $S_1$  en houd  $U$  weer constant op 15 V.
- Ga opnieuw na hoe groot  $U_{AB}$  is bij open  $S_2$  en gesloten  $S_2$ .
 

open	$S_2$ :	$U_{AB} =$ <input type="text"/>
	gesloten $S_2$ :	$U_{AB} =$ <input type="text"/>

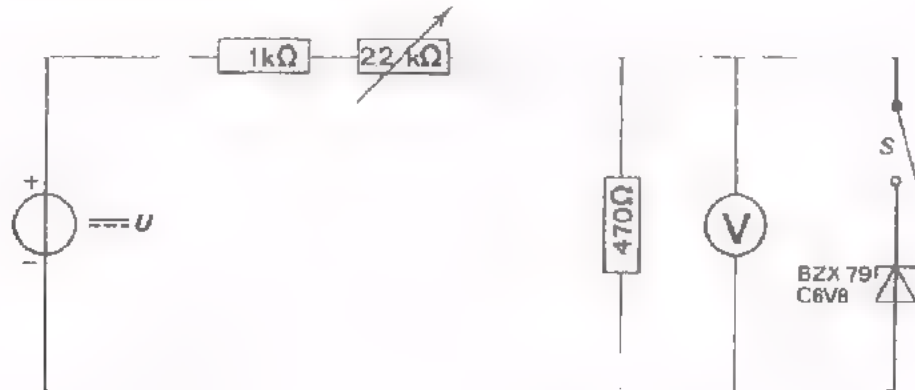
CONCLUSIE:

De zenerdiode werkt stabiliserend:

- als  $U$  varieert, varieert  $U_{AB}$  bijna niet.
- als de belasting  $R_L$  varieert, varieert  $U_{AB}$  bijna niet.

Ga aan de hand van de schakeling na hoe deze stabilisatie tot stand komt.

OPDRACHT: BEVEILIGING VAN EEN VOLTMETER



- Bouw deze schakeling.
- Stel de universeelmeter in op 30 V
- Voer met S open een spanning toe  $U = 30$  V.
- Varieer de potentiometer van 2200  $\Omega$  tot 0  $\Omega$  en noteer de aanwijzingen van de voltmeter:

$$U_{\text{MIN}} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$U_{\text{MAX}} = \boxed{\phantom{000}}$$

- Sluit S en noteer opnieuw de spanningsvariatie van de voltmeter.

$$U_{\text{MIN}} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$U_{\text{MAX}} = \boxed{\phantom{000}}$$

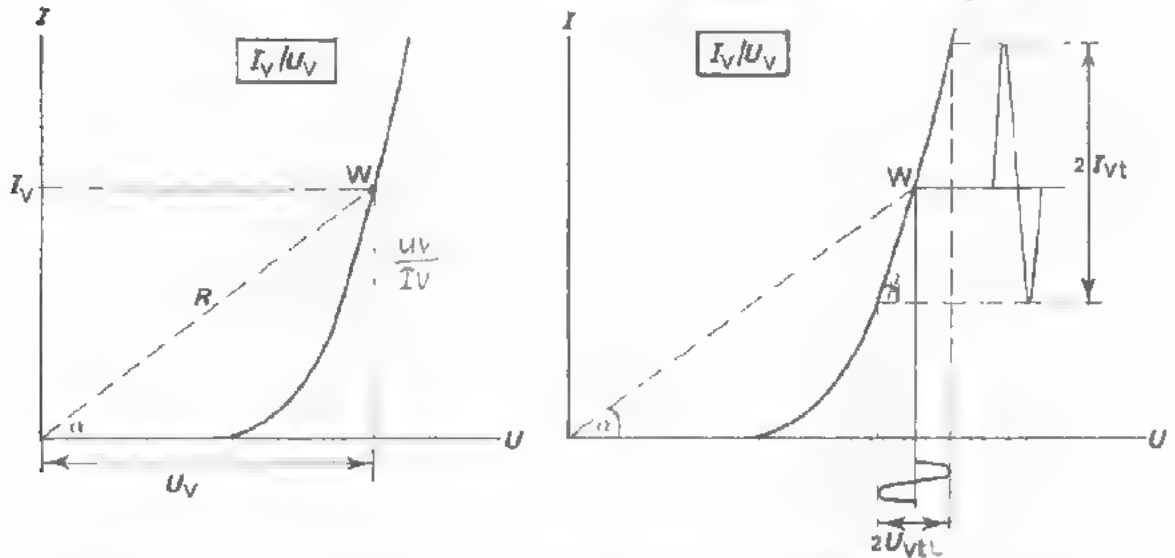
CONCLUSIE:

U ziet dat de spanning dankzij de zenerdiode niet meer boven 7 V uitkomt. De zenerdiode beveiligt de voltmeter tegen te grote spanning. Men kan nu de spanning ook meten met de voltmeter in het 12 V - bereik. Ga aan de hand van de schakeling na hoe deze beveiliging precies werkt.

**DE GELIJK- EN WISSELSTROOMWEERSTAND**

De weerstand die een diode aan stroom biedt is op zichzelf niet erg van belang. Zoals U weet bestaat de ingang van een transistor eigenlijk uit een halfgeleiderdiode. De ingangsweerstand van een transistor is wel van belang.

Weet men hoe het gesteld is met de weerstand van een halfgeleiderdiode, dan weet men meteen ook hoe het met de ingangsweerstand van een transistor zit. Vandaar dat we nu die weerstand van een diode bekijken.



Van belang is onderscheid te maken tussen de GELIJKSTROOM-weerstand en de WISSELSTROOM-weerstand.

De gelijkstroomweerstand:

$$R_{ig} = \frac{U_V}{I_V}$$

De wisselstroomweerstand:

$$R_i = \frac{U_{vt}}{I_{vt}}$$

VUL IN:

Hoe groter  $I_V$ , des te  de gelijkstroomweerstand is,

en des te  de wisselstroomweerstand is.

Over het algemeen is bij eenzelfde instelling de  $R_i$  voor wisselstroom

(kleine  $I$  variaties) veel  dan de  $R_i$  voor gelijkstroom:

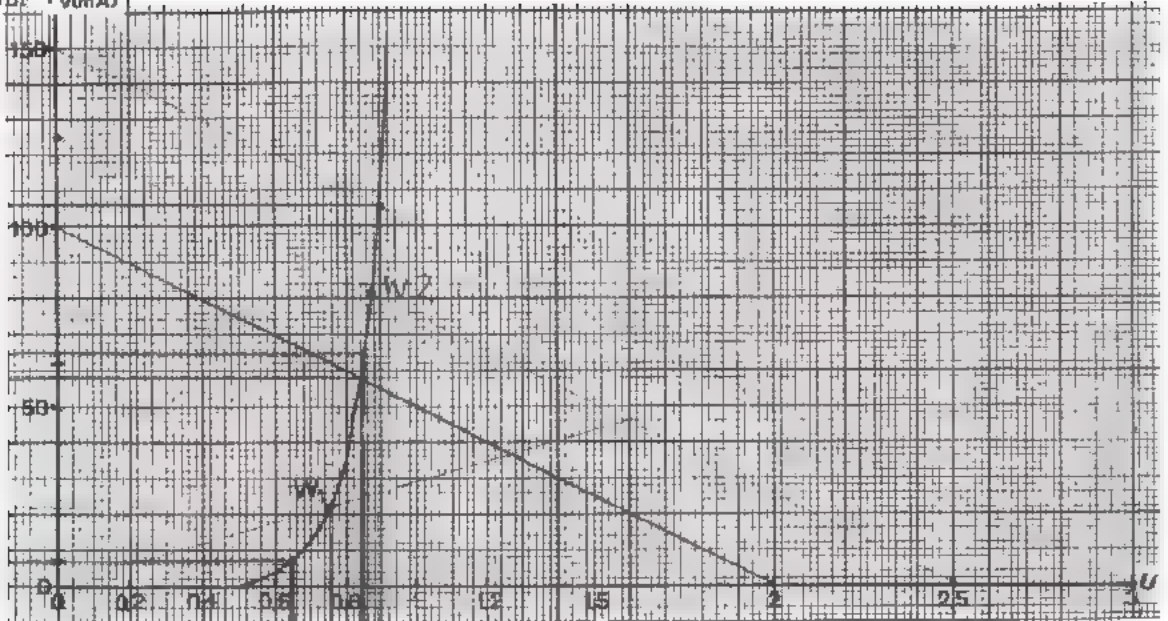
hoek  $\beta$  is  dan  $\alpha$ .

De waarde van  $R_i$  hangt  van de grootte van de te verwerken

wisselspanning af.

TEST UZELF  $I_V(\text{mA})$

5.



Bepaal de gelijkstroomweerstand in  $W_1$  van de grafiek.

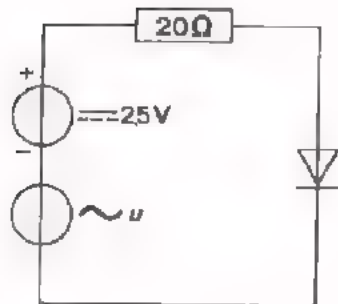
$$R_i = \boxed{\phantom{0000}}$$

Bepaal de wisselstroomweerstand in  $W_1$  voor  $U_{Vt} = 0,1 \text{ V}$ .

$$R_i = \boxed{\phantom{0000}}$$

6.

Voor de diode geldt bovengateken-  
de karakteristiek.



- Bepaal het werkpunt  $W_2$ .

$$I_V = \boxed{\phantom{0000}}$$

$$U_V = \boxed{\phantom{0000}}$$

- Bepaal  $R_i$  in  $W_2$  als  $U_t = 500\text{mV}$ .

$$R_i \approx \boxed{\phantom{0000}}$$

Trek hiervoor twee belastinglijnen vanaf  $U_V = 2 \text{ V}$  en  $U_V = 3 \text{ V}$ .

- Bereken nu de wisselspanningen over de  $R$  en over de diode.

$$U_{Vt} \approx \boxed{\phantom{0000}} \text{ mV}$$

$$U_{Rt} \approx \boxed{\phantom{0000}} \text{ mV}$$



## B 403

### HERHALING 3

#### HALFGELEIDERCOMPONENTEN WAARMEE MEN KAN VERSTERKEN

##### INLEIDING

In het B-deel van de cursus zijn we verschillende halfgeleidercomponenten tegengekomen die kunnen versterken. Het zijn de:

LAGENTRANSISTOR, kortweg TRANSISTOR,  
VELDEFFECTTRANSISTOR of FET,  
MOS-TRANSISTOR of MOST.

In deze en de volgende les komen de belangrijkste eigenschappen en toepassingen van deze componenten nogmaals aan de orde.

De buizen herhalen we afzonderlijk in een zesde herhalingsles B406.

Neem deze lessen met grote aandacht door.

Zijn er nog moeilijkheden, leg deze dan voor aan Uw leraar.

Lees eerst de GEHEUGENSTEUNEN B403.2, 3 en 4 en bekijk nog eens rustig wat daar allemaal op staat.

## GEHEUGENSTEUN

Siliciumhalfgeleiderdiode:

$$I_V = 1 \text{ mA} \quad \text{als} \quad U_V \approx 0,6 \text{ V.}$$

Temperatuurafhankelijkheid van  $U_V$  circa  $3 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ .

Germaniumhalfgeleiderdiode:

$$I_V = 1 \text{ mA} \quad \text{als} \quad U_V \approx 0,2 \text{ V.}$$

Temperatuurafhankelijkheid van  $U_V$  circa  $1 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ .

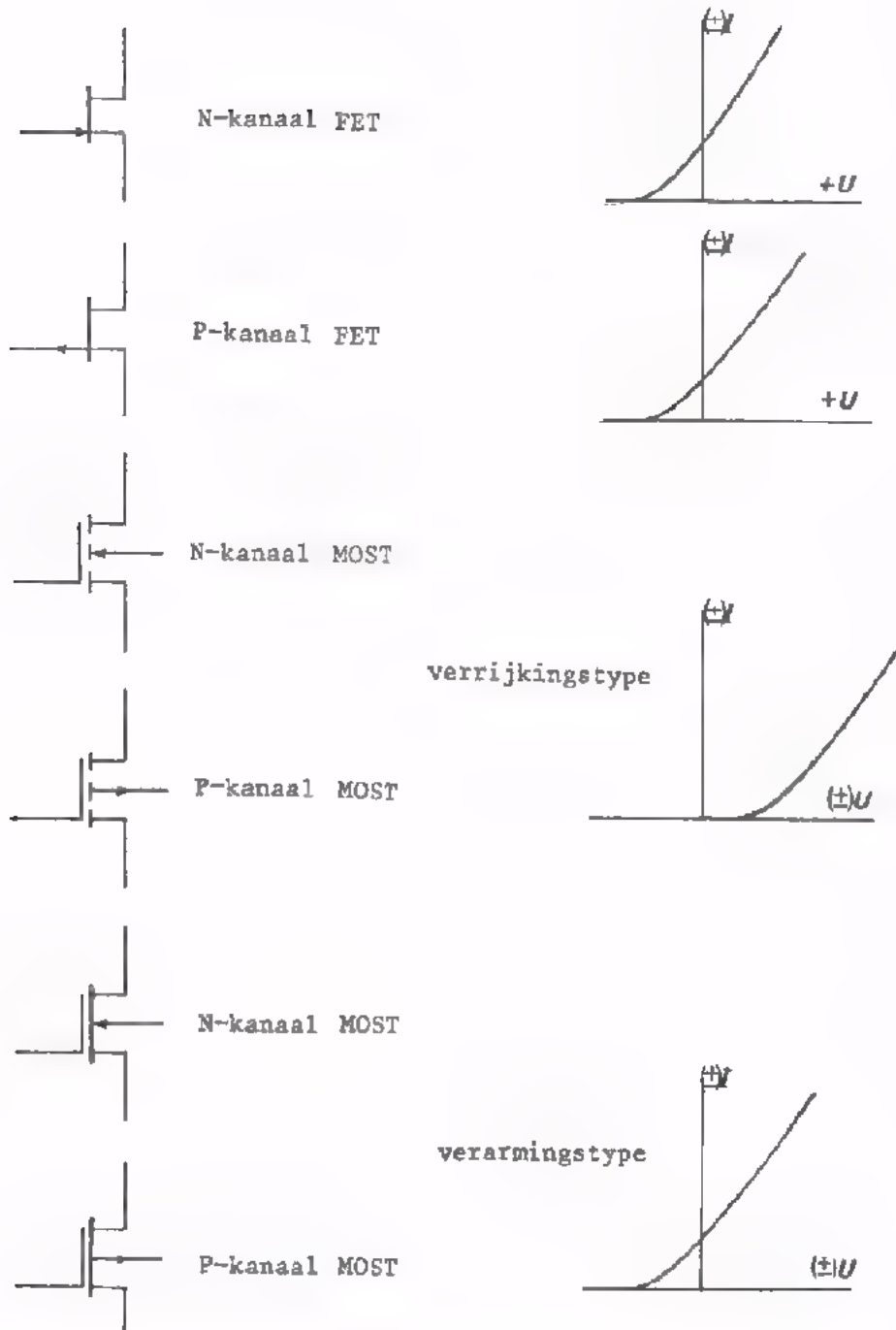
Transistorschakelingen.

	GFS	GBS	GCS
$R_{\text{ing}}$	$h_{ie} \approx \frac{1}{S} \cdot h_{fe}$	$h_{ib} \approx \frac{1}{S}$	$h_{fe} \cdot R_E$
$R_{\text{uit}}$	$R_C$	$R_C$	$\approx \frac{1}{S}$
stroom- versterking	$A_i \approx h_{fe}$	$A_i \approx 1$	$A_i \approx h_{fe}$
spannings- versterking	$S \cdot R_C$	$\frac{R_C}{h_{ib}} \approx SR_C$	$\frac{SR_E}{1 + SR_E} \approx 1$

De versterkingsfactoren in bovenstaande tabel gelden alleen als de instelweerstand en/of belastingsweerstand buiten beschouwing blijven.

# GEHEUGENSTEUN

## FET en MOST



De N-kanaal transistors hebben symbolen waarin de pijl naar het symbool toe wijst, de pijlen in de symbolen van de P-kanaal transistors wijzen naar buiten.

Voor alle in dit traject besproken transistors geldt:

*g<sub>ee</sub>* hoge ingangsweerstand

*g<sub>ds</sub>* lage uitgangsweerstand

# GEHEUGENSTEUN

## CODERING VAN HALFGELEIDERS

### TYPEAANDUIDING

bestaat uit 2 letters + serienummer.

- EERSTE LETTER           A           germanium  
                                  B           silicium
  
- TWEEDE LETTER           geeft toepassing.

- A       diode voor kleine signalen.
- B       variabele capaciteitsdiode.
- C       LF-transistor voor kleine vermogens.
- D       LF-transistor voor grote vermogens.
- F       HF-transistor voor kleine vermogens.
- G       Combinatie van actieve componenten.
- L       HF-transistor voor grote vermogens.
- P       component gevoelig voor licht of warmte.
- R       diac of soortgelijke component.
- S       transistor voor schakeltoeleinden en kleine vermogens.
- T       thyristor of triac.
- U       schakeltransistor voor grote vermogens.
- Y       gelijkrichtdiode.
- Z       zenerdiode.

### SERIENUMMER.

3 cijfers: component voor toepassing in massaproductie.

letter + 2 cijfers: professionele component.

Het serienummer wordt soms gevolgd door een VIERDE LETTER. Deze duidt op een afwijking (andere "versie") van een reeds bestaand type.

TEST UZELF

1. De lagentransistor komt in twee typen voor:

het  - en het  - type.

De elektroden heten: ,   
en

2. De FET komt in twee typen voor.

het  - en het  type.

De elektroden heten: ,   
en

3. De MOST komt in vier typen voor; namelijk het:

-  -  
 - en  type.

4. Met de lagentransistor, de FET en de MOST zijn drie grondschakelingen mogelijk. De meest toegepaste is de

, respectievelijk de

5. De meest toegepaste grondschakeling geeft

wel / geen

spanningsversterking groter dan 1.

wel / geen

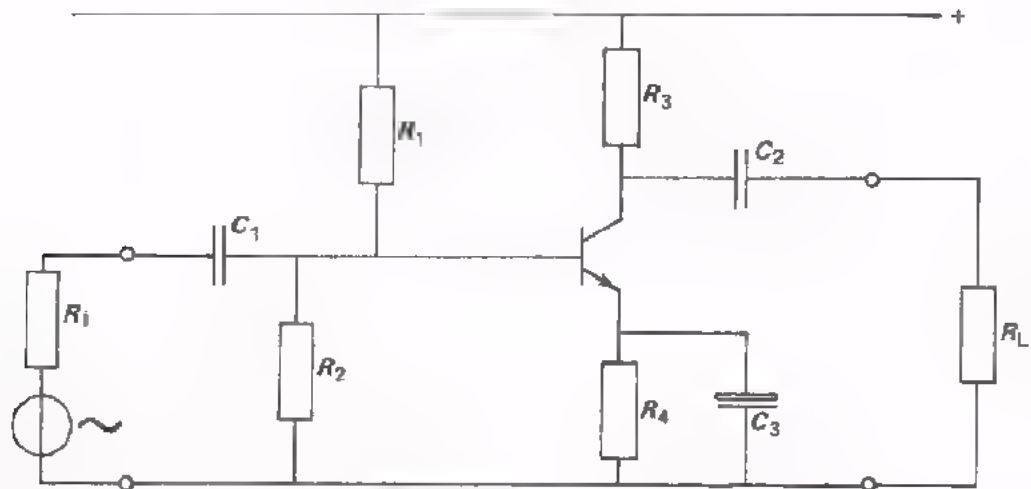
stroomversterking groter dan 1.

wel / geen

180° fasedraaiing.

DE GES

Hier ziet U het volledig schema van een GES nog eens.



De weerstanden  $R_1$  en  $R_2$  dienen om:

---

---

---

Waarvoor dient  $R_3$ ?

---

---

---

Waarvoor dient  $R_4$ ?

---

---

---

De condensatoren  $C_1$  en  $C_2$  heten  condensatoren.

Zij dienen om:

---

---

---

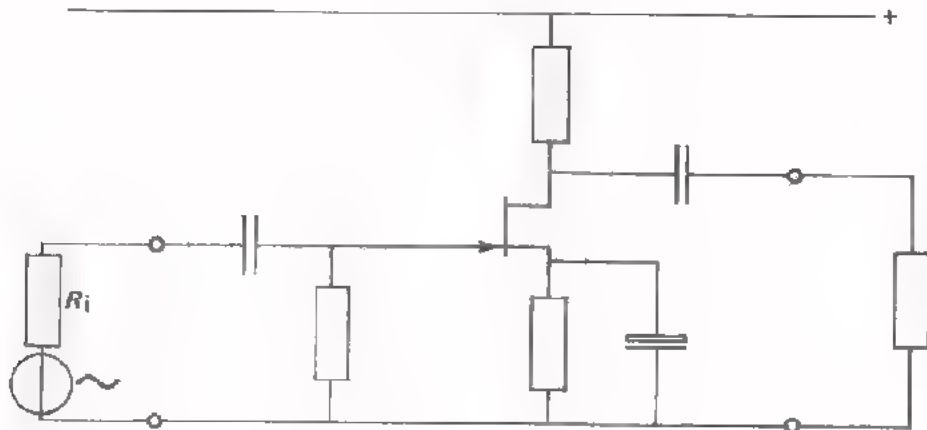
$C_3$  is een  condensator. Deze dient om:

---

---

---

- Volgende schakeling laat een GSS zien met een N-kanaal FET.



Wat moet er aan de schakeling veranderen als we de N-kanaal- door een P-kanaal-FET vervangen?

---



---

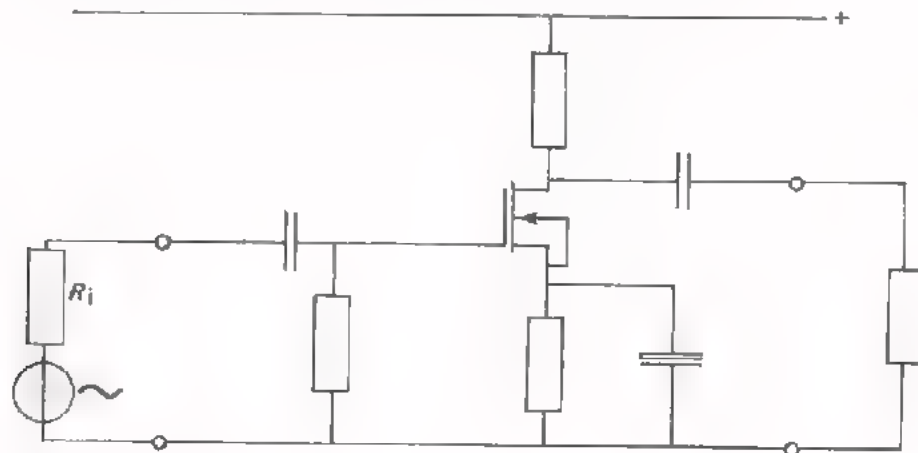


---



---

- Tenslotte ziet U nogmaals een GSS, maar nu met een MOST. De schakeling vertoont sterke overeenkomsten met de bovenstaande.



De gebruikte MOST is een:

**P/N-kanaal, verrijgings/verarmings** - type

# GELIJKSTROOM- EN WISSELSTROOMSCHEMA'S

Bij schakelingen als die op de vorige bladen hebben we te maken met een GELIJKSTROOM instelling en met een WISSELSTROOM gedrag. Deze twee moet men goed uit elkaar houden. Het is daarbij nuttig afzonderlijk een gelijkstroomschema en een wisselstroomschema te tekenen.  
Doe dit hieronder nog eens voor de complete schema's

	GELIJKSTROOMSCHEMA	WISSELSTROOMSCHEMA
NPN transistor		
N-kanaal FET		
N-kanaal verarmings-MOST		



DE INSTELLING VAN DE STUURELEKTRODE

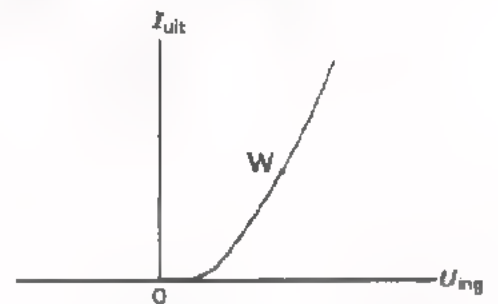
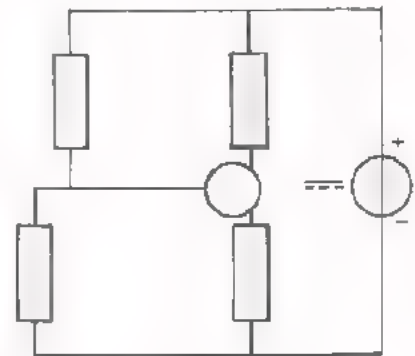
De GELIJKspanning van de sturelektrode ligt soms tussen die van de twee andere elektroden in.

Dan ziet het gelijkstroomschema er uit zoals hiernaast is getekend.

Dit is het geval bij de

en bij de

De overdrachtskarakteristiek heeft dan dit verloop.



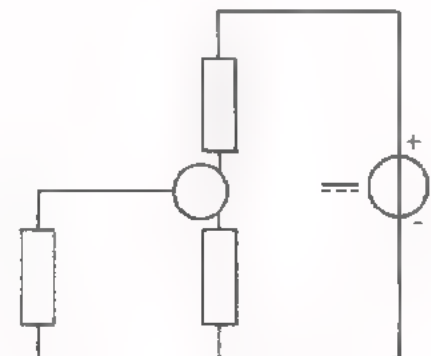
De GELIJKSPANNING van de sturelektrode ligt in de andere gevallen NIET tussen die van de andere elektroden in.

Dan ziet het gelijkstroomschema er uit zoals hiernaast is getekend.

Dit is het geval bij de

en bij de

De overdrachtskarakteristiek heeft nu naaststaand verloop.



Uit het bovenstaande volgt dat men de NPN transistor kan vergelijken met een

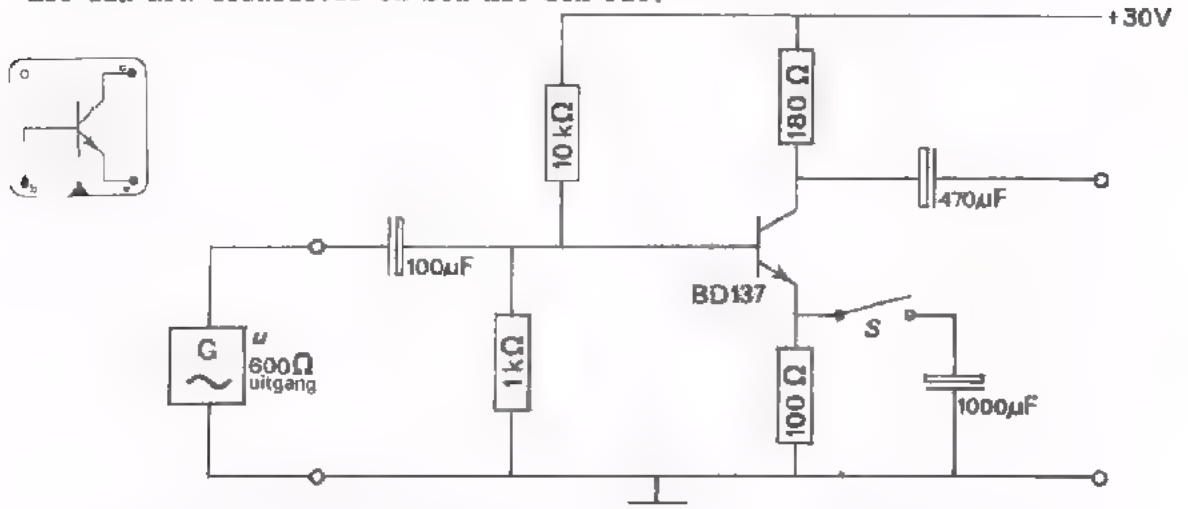
**verrijkings / verarmings** - MOST

en een FET kan vergelijken met een

**verrijkings / verarmings** - MOST.

OPDRACHT: METEN AAN EEN GES

Na herhaling van enige theorie gaan we nu meten aan een schakeling met een NPN transistor en een met een FET.



- Bouw bovenstaande schakeling. Sluit ook de wisselspanningsbron reeds aan.

- Houd S open en stel de voedingsspanning in op 30 V. Stel  $u$  in op 0 V.

- Bepaal met de universeelmeter  $U_{BE}$ ,  $U_{CE}$  en  $I_E$ .

$$U_{BE} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V} \quad U_{CE} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V} \quad I_E = \boxed{\phantom{000}} \text{ mA}$$

- Houd S nog open. Voer toe  $U_t = 50 \text{ mV}$  bij  $f = 1 \text{ kHz}$ .

- Bepaal, met de oscilloscoop:

$$U_{et} = \boxed{\phantom{000}} \text{ mV} \quad U_{ct} = \boxed{\phantom{000}} \text{ mV}$$

- Bereken:

$$U_{cet} = \boxed{\phantom{000}} \text{ mV} \quad A_u = \boxed{\phantom{000}}$$

- Sluit S. Voer toe  $U_t = 10 \text{ mV}$  bij  $f = 1 \text{ kHz}$ .

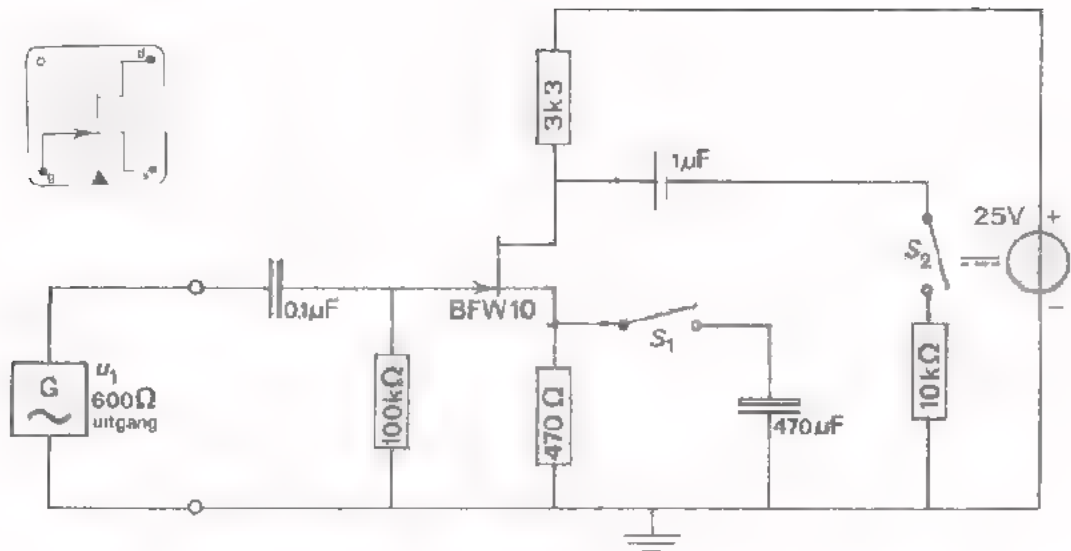
- Bepaal, met de oscilloscoop:

$$U_{cet} = \boxed{\phantom{000}} \text{ mV}$$

- Bereken:

$$S = \boxed{\phantom{000}} \text{ mA/V} \quad A_u = \boxed{\phantom{000}}$$

OPDRACHT: METEN AAN EEN GSS



- Bouw bovenstaande schakeling. Sluit ook de wisselspanningsbron reeds aan.
- Houd  $S_1$  en  $S_2$  open, stel de voedingsspanning in op 25 V en  $u_1$  op 0 V.
- Bepaal  $U_{GS}$ ,  $U_{DS}$  en  $I_D$ .

$$U_{GS} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V} \quad U_{DS} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V} \quad I_D = \boxed{3,5} \text{ mA}$$

- Houd  $S_1$  en  $S_2$  nog open. Voer  $U_{lt} = 100 \text{ mV}$  toe bij  $f = 1 \text{ kHz}$ .
- Meet met de oscilloscoop: oop:

$$U_{st} = \boxed{\phantom{000}} \text{ mV} \quad U_{dt} = \boxed{\phantom{000}} \text{ mV}$$

- Bepaal:  $U_{dst} = \boxed{\phantom{000}} \text{ mV}$

- Sluit  $S_1$  en bepaal, weer bij  $U_{lt} = 100 \text{ mV}$ :

$$U_{dst} = \boxed{\phantom{000}} \text{ mV} \quad S = \boxed{\phantom{000}} \text{ mA/V}$$

- Sluit ook  $S_2$  en bepaal bij  $U_{lt} = 100 \text{ mV}$ :

$$U_{dst} = \boxed{\phantom{000}} \text{ mV} \quad S = \boxed{\phantom{000}} \text{ mA/V}$$

## OEFENINGEN

### DE KARAKTERISTIEKEN VAN TRANSISTORS

Bij transistors hebben we te maken met de ingangs- en de uitgangstroom, en met de ingangs- en de uitgangsspanning.

Het verband tussen deze grootheden wordt vastgelegd in grafieken.

De voornaamste zijn:

- de INGANGSkarakteristiek,
- de OVERDRACHTSkarakteristiek,
- de UITGANGSkarakteristiek.

Bij een lagentransistor legt de eerste karakteristiek een verband tussen:

en

De tweede tussen:

en

De derde tussen :

en

De grootte van de INGANGS-weerstand van een transistor kan men afleiden uit de

- karakteristiek(en)

De grootte van de STEILHEID van een versterkende component volgt uit de

- karakteristiek(en).

De grootte van de maximale uitgangswisselspanning kan men bepalen uit de

- karakteristiek(en)

als men daarin de

- lijn en het  - punt aanbrengt.

TEST UZELF

Tracht eens uit Uw hoofd te schetsen hoe volgende karakteristieken verlopen.

Zat bij de assen telkens de juiste grootheden.

ingangskarakteristiek	overdrachtskarakteristiek	uitgangskarakteristiek
NPN-transistor	NPN-transistor	NPN-transistor

overdrachtskarakteristiek  
N-kanaal FET

uitgangskarakteristiek  
N-kanaal FET

overdrachtskarakteristiek  
N-kanaal verarmingsMOST

uitgangskarakteristieken  
N-kanaal verarmingsMOST

overdrachtskarakteristiek  
N-kanaal verrijkingMOST

uitgangskarakteristieken  
N-kanaal verrijkingMOST

Controleer nu eens of U zich ergens vergist heeft.



B 404

HERHALING 4

NOGMAALS VERSTERKENDE HALFGELEIDER COMPONENTEN

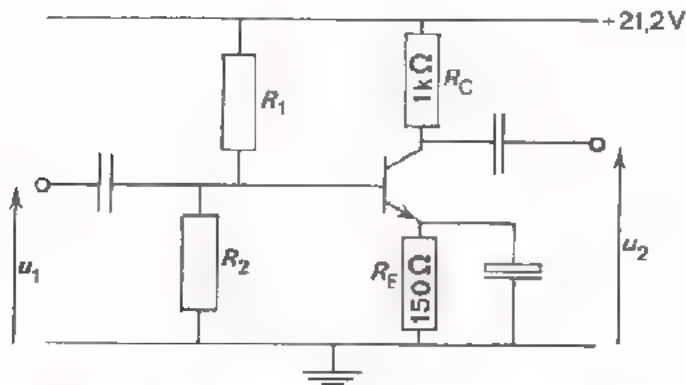
#### INLEIDING

We gaan in deze les verder met een herhaling van de lagetransistor, de FET en de MOST. We doen dit vooral aan de hand van een aantal oefenopgaven.

- Probeer deze opgaven zelfstandig te maken.
- Tracht uit te vinden waar Uw moeilijkheden zitten en leg deze voor aan Uw leraar.

DE BELASTINGLIJN

Bij transistors hebben we regelmatig gebruik gemaakt van de belasting lijn. In volgende oefening gaan we deze gebruiken.



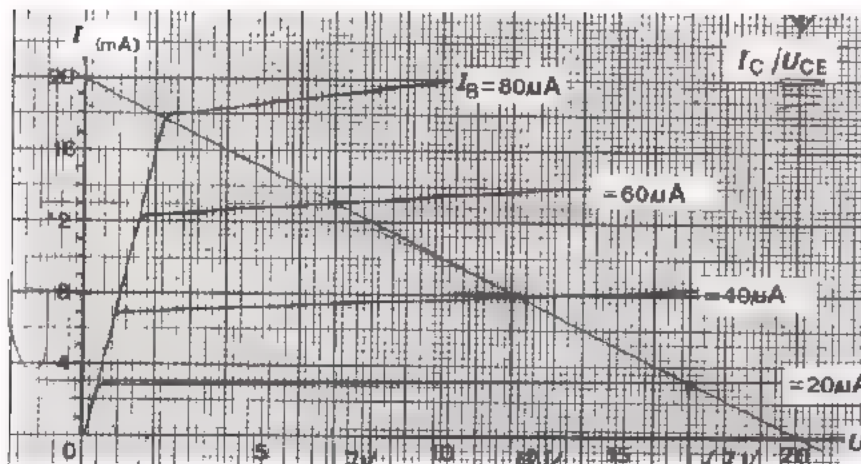
$$U_B = 1,9 \text{ V}$$

$$U_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

$$U_{1t} = 20 \text{ mV}$$

$$S = 250 \text{ mA/V}$$

Onderstaande karakteristieken behoren bij de gebruikte





- Bepaal  $I_C$  en  $U_{CE}$ .

$$I_C = \boxed{\phantom{000}} \text{ mA} \qquad U_{CE} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

- Teken het werkpunt in de karakteristieken en trek de belastinglijn.

- Bereken  $I_{ct}$ ,  $U_{cet}$  en  $A_u$ .

$$I_{ct} = \boxed{\phantom{000}} \text{ mA} \qquad U_{cet} = \boxed{\phantom{000}} \text{ V}$$

$$A_u = \boxed{\phantom{000}}$$

- Bereken  $h_{ie}$ .

$$h_{ie} = \boxed{\phantom{000}}$$

- Hoe groot is de ingangsgELIJKSTROOM-weerstand van de transistor in deze instelling?

$$R_{ing} = \boxed{\phantom{000}}$$

- Teken de grafieken van het verloop van  $I_C$  en  $U_{CE}$  bij de uitgangskarakteristieken.

UITWERKING

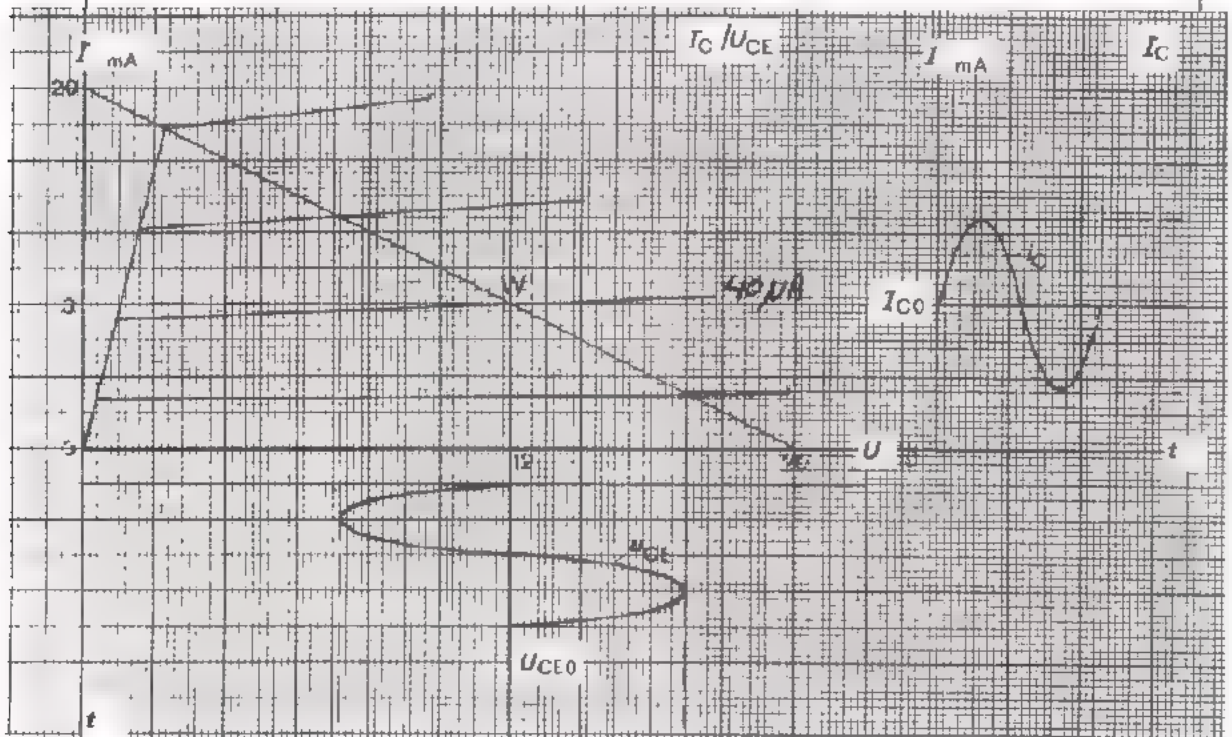
De uitwerking van de voorafgaande opgave vindt U hieronder. Vergelijk Uw uitwerking hiermee.

Ging U hier of daar "de mist in", ga dan na hoe dit kwam. Fouten maken is niet erg, als U er maar van leert.

$$U_{RE} = U_B - U_{BE} = 1,9 - 0,7 = 1,2 \text{ V}$$

$$I_C = I_E = \frac{U_{RE}}{R_E} = \frac{1,2}{150} \text{ A} = 8 \text{ mA}$$

$$U_{CE} = 21,2 - R_C \cdot I_C - U_{RE} = 21,2 - 10^3 \cdot \frac{8}{1000} - 1,2 = 12 \text{ V}$$



$$I_{ct} = S \cdot U_{it} = \frac{250}{1000} \cdot \frac{20}{1000} \text{ A} = 5 \text{ mA}$$

$$U_{cet} = R_C \cdot I_{ct} = 1000 \cdot \frac{5}{1000} = 5 \text{ V}$$

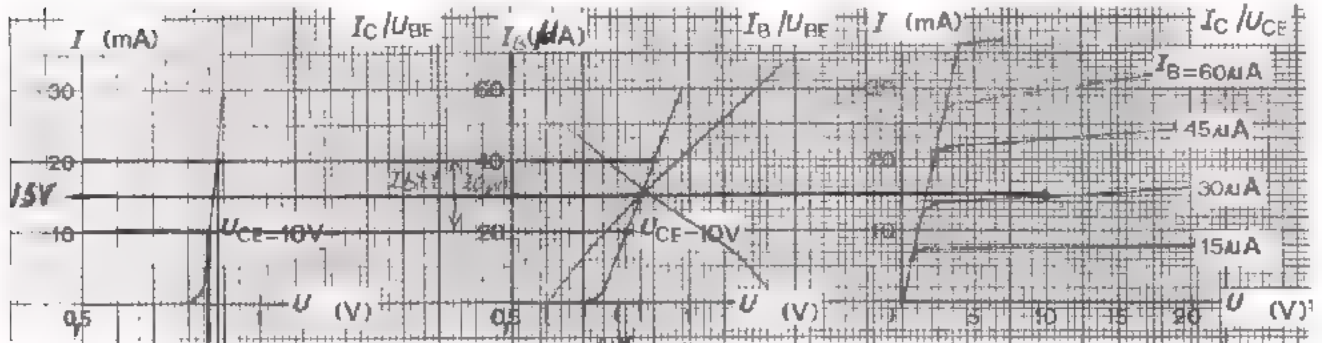
$$A_u = \frac{U_{cet}}{U_{it}} = \frac{5}{0,02} = 250$$

$$h_{ie} = \frac{u_1}{i_b} = \frac{20}{0,02} = 1000 \Omega, \text{ (zie karakteristieken)}$$

$$R_{ing} = \frac{U_B}{I_B} = \frac{19 \cdot 10^{-1}}{4 \cdot 10^{-5}} = \frac{19}{4} \cdot 10^4 = 47,5 \text{ k}\Omega$$

TEST UZELF

1. Van een transistor beschikt U over onderstaande transistorkarakteristieken. Hij is ingesteld bij  $I_C = 15 \text{ mA}$ ,  $U_{CE} = 10 \text{ V}$ . Verder is  $I_{ct} = 5 \text{ mA}$ .



$\frac{860}{880} \text{ mV}$   
 $\Delta 20 \text{ mV}$

$h_{fe} =$

$h_{ie} \approx$    $\Omega$

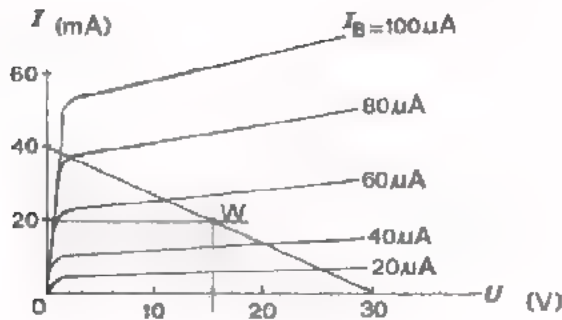
$I_B =$    $\mu\text{A}$

$U_{BE} =$    $\text{mV}$

$S \approx$    $\text{mA/V}$

2.

$I_C / U_{CE}$



Hiernaast is de belastinglijn van een GES gegeven.

Hoeveel vermogen wordt aan de transistor toegevoerd als hij in W is ingesteld?

$P =$    $\text{mW}$

Hoe groot zijn in W:

$I_B =$    $\mu\text{A}$

$I_C =$    $\text{mA}$

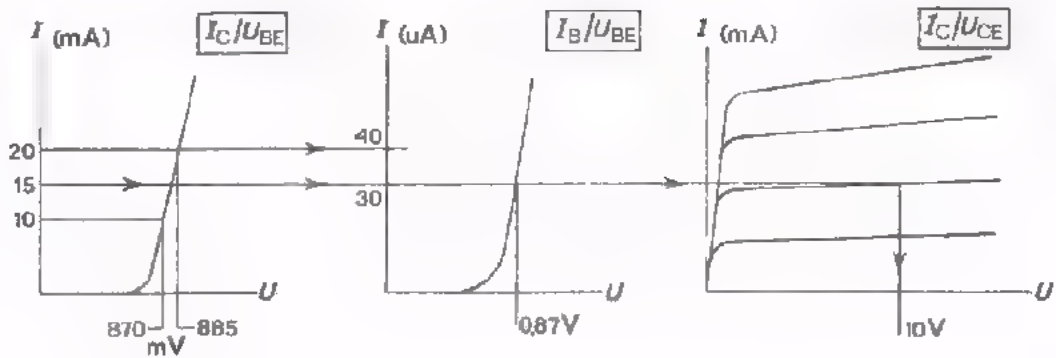
$U_{CE} =$    $\text{V}$

Hoe groot is  $R_C$ ?

$R_C =$

UITWERKINGEN

1.



Uit de karakteristieken volgt ongeveer:

$$I_B = 30 \mu A, U_{BE} = 0,87 V$$

Als  $I_{ct} = 5000 \mu A$ , dan  $I_{bt} = 10 \mu A$ , zodat  $h_{fe} = \frac{i_c}{I_b} = 500$

Als  $I_{ct} = 5 mA$ , dan  $U_{bett} \approx 15 mV$  dus  $U_{bet} = 7,5 mV$

$$S = \frac{i_c}{u_{be}} \approx \frac{5 \cdot 10^{-3}}{7,5 \cdot 10^{-3}} = \frac{2}{3} A/V = 660 mA/V$$

$$2. P = I_C \cdot U_{CE} = \frac{20}{1000} \cdot 15 W = 300 mW$$

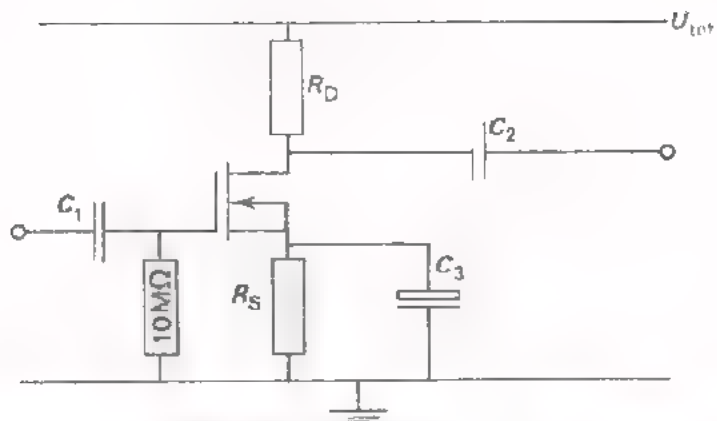
$$I_B = 50 \mu A$$

$$I_C = 20 mA$$

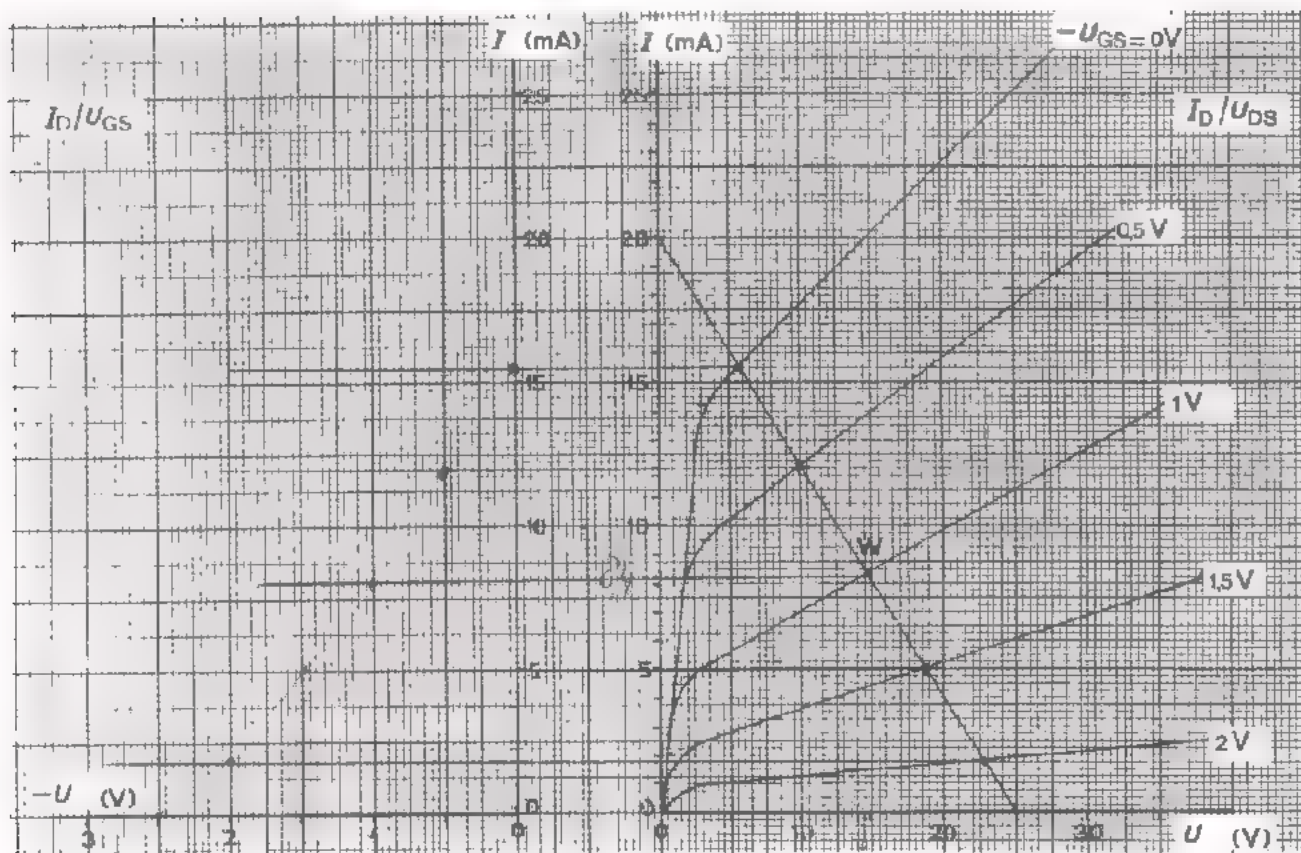
$$U_{CE} = 15 V$$

$$R_C = \frac{30}{40 \cdot 10^{-3}} = \frac{3}{4} 10^3 = 750 \Omega$$

TEST UZELF

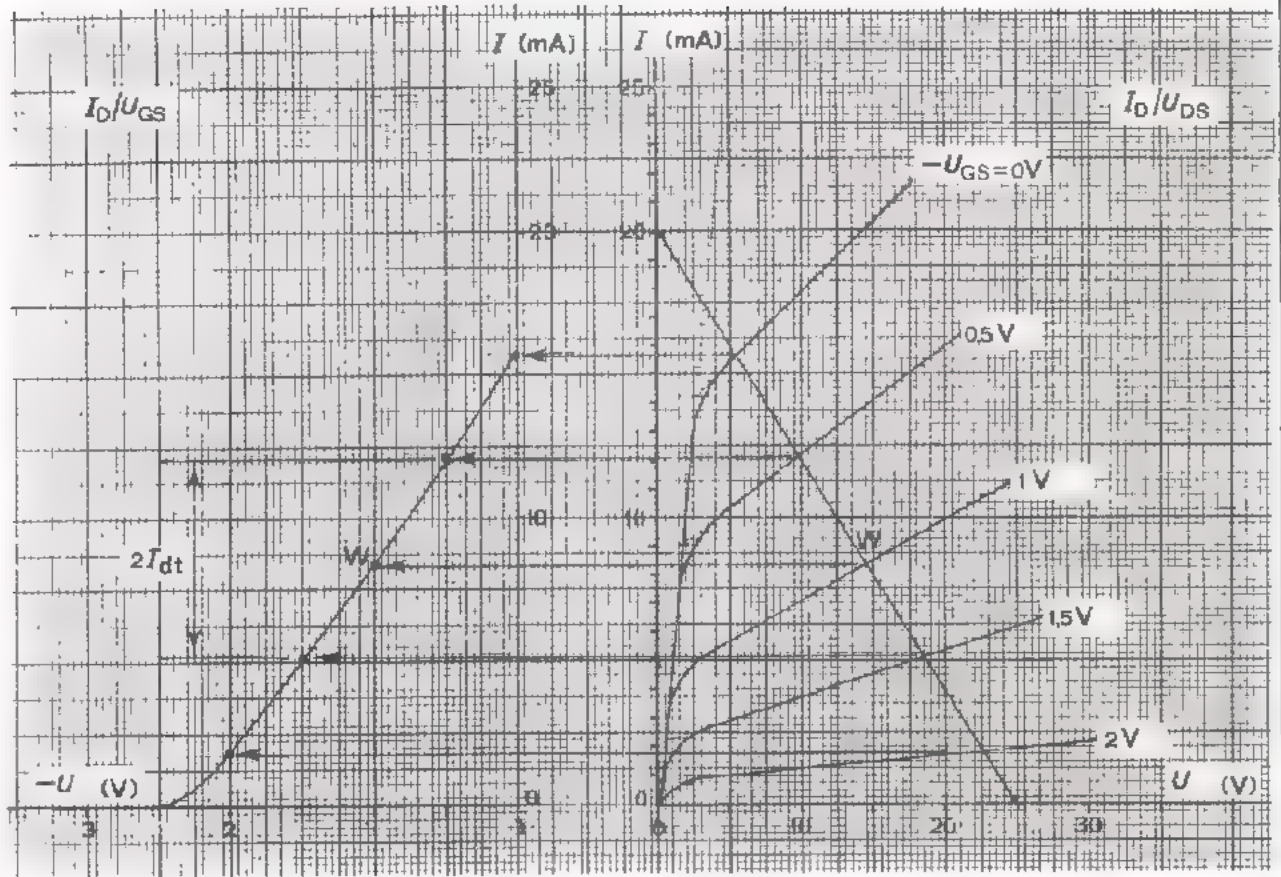


Gegeven is  
naaststaande  
schakeling.



- Hoe groot is  $R_D$ ?  $R_D =$
- Hoe groot is  $R_S$ ?  $R_S =$
- Hoe groot is  $U_{tot}$ ?  $U_{tot} =$   V
- Teken de overdrachtskarakteristiek.
- Bepaal  $S_d$  als  $U_{gst} = 0,5$  V.  $S =$   mA/V

UITWERKING



$$R_D = \frac{U}{I} = \frac{25}{20 \cdot 10^{-3}} = 1250 \Omega$$

$$R_S = \frac{U_{RS}}{I_D} = \frac{1}{8,4 \cdot 10^{-3}} = \frac{1000}{8,4} = 119 \Omega$$

$$U_{tot} = U_{RS} + U = 1 + 25 = 26 \text{ V}$$

$$S_d = \frac{i_d}{u_{gs}} = \frac{7}{1} = 7 \text{ mA/V}$$

U snapt het nu toch?

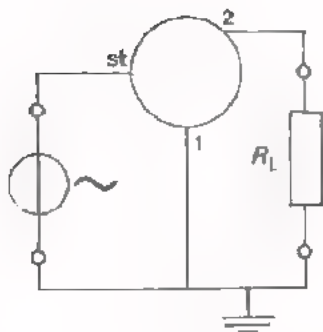
Bent U daar niet zeker van, stel vragen aan Uw leraar!



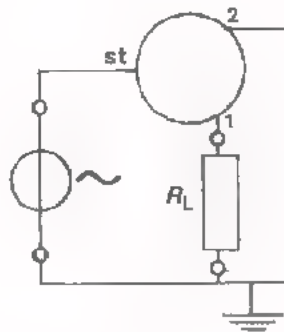
DE DRIE GRONDSCHAKELINGEN

Tot nu toe is vooral de GES, respectievelijk de GSS aan de orde geweest. Deze grondschakeling wordt ook verreweg het meest toegepast. Er zijn echter nog twee andere grondschakelingen. Schematisch geven we de drie grondschakelingen hieronder nog eens naast elkaar.

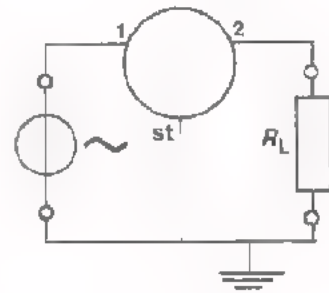
GES, GSS



GCS, GDS



GBS, GGS



- st = stuuerelektrode (basis of gate)
- 1 = toevoer elektrode (emitter of source)
- 2 = afvoer elektrode (collector of drain)

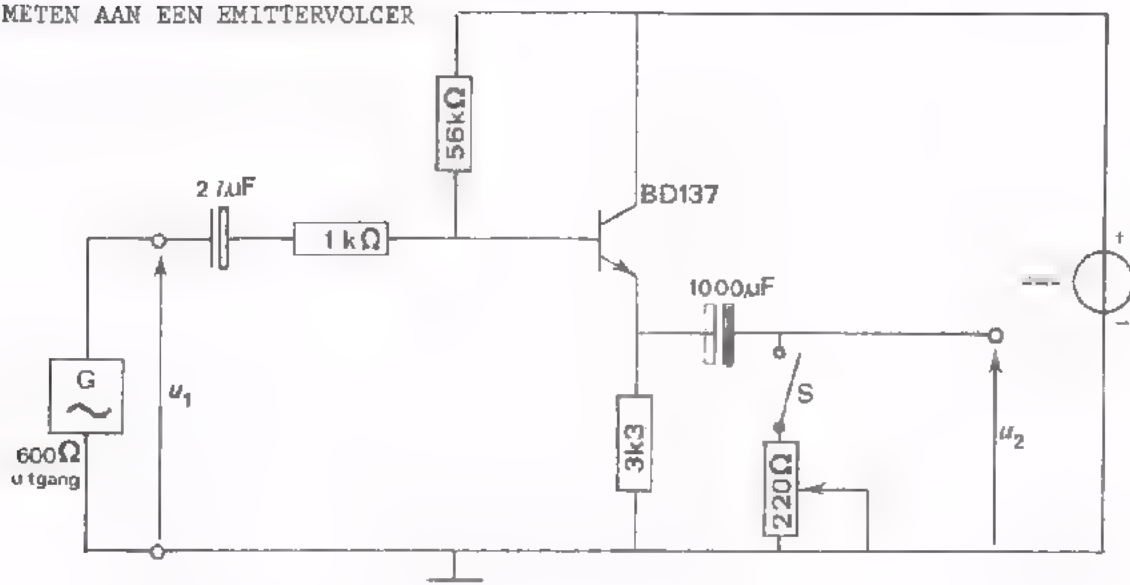
Hoe heet de GCS meestal?

En de GDS?

De GGS wordt bij de FET en de MOST vrijwel niet toegepast.

Om er weer even in te komen gaan we nu een opdracht uitvoeren met een emittervolger.

OPDRACHT: METEN AAN EEN EMITTERVOLGER



- Bouw deze schakeling en houd S geopend.
- Stel de voedingsspanning in op 30 V.
- Voer  $U_{1t} = 100 \text{ mV}$  toe bij  $f = 1 \text{ kHz}$  en meet met de oscilloscoop.

$$A_u = \frac{u_2}{u_1} = \boxed{\phantom{000}}$$

- Bepaal de uitgangsweerstand als  $U_{1t} = 100 \text{ mV}$  bij  $f = 1 \text{ kHz}$  wordt toegevoerd. Beschrijf in het kort hoe U dit doet:

---



---



---



---



---

$$R_{\text{uit}} = \boxed{\phantom{000}}$$

- Bepaal uit deze meting en de formule voor  $R_{\text{uit}}$  de steilheid van de transistor.

$$S = \boxed{\phantom{000}} \text{ mA/V}$$



**EIGENSCHAPPEN VAN SCHAKELINGEN**

1. Neem aan dat de weerstand waarover  $u_u$  wordt bepaald voldoende groot is. Streep de ONJUISTE antwoorden door.

$A_u > 1$  bij een GES, GBS, GCS, GSS, GDS, GGS.

Zoek bij volgende vraag zonodig het principeschema van de schakeling op.

$\frac{i_u}{i_i} = A_i > 1$  bij een GES, GBS, GCS, GSS, GDS, GGS.

$180^\circ$  faseverandering tussen  $u_i$  en  $u_u$  treedt op bij een GES, GBS, GCS, GSS, GDS, GGS.

2. Vul het juiste antwoord in:

Bij welke schakeling treedt een grote tot zeer grote  $R_{ing}$  op?

Bij  en met een NPN transistor en

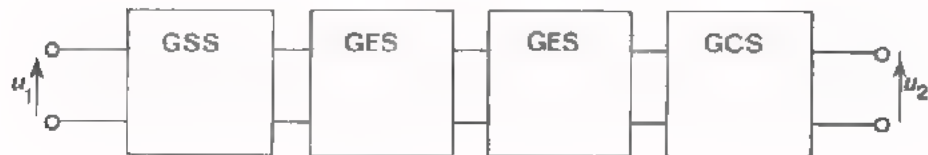
bij  en met een FET of MOST

Een kleine  $R_{uit}$  vinden we bij een:

met een NPN transistor en

een  met een FET of MOST

3.



De hoek  $\varphi$  tussen  $u_1$  en  $u_2$  is:

De ingangsweerstand van deze versterker is:  groot / klein

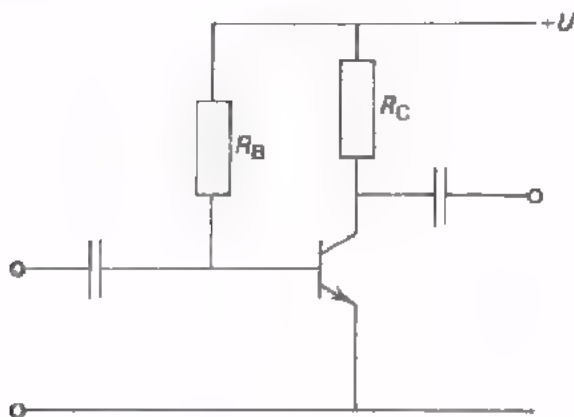
De uitgangsweerstand is:  groot / klein

TEST UZELF

We besluiten deze herhalingsles met een aantal vraagstukken over versterkende halfgeleider componenten, zoals U die ook op de eindtest kunt verwachten.

Bedenk dat U in sommige gevallen rekening moet houden met de belastingsweerstand  $R_L$ .

1.

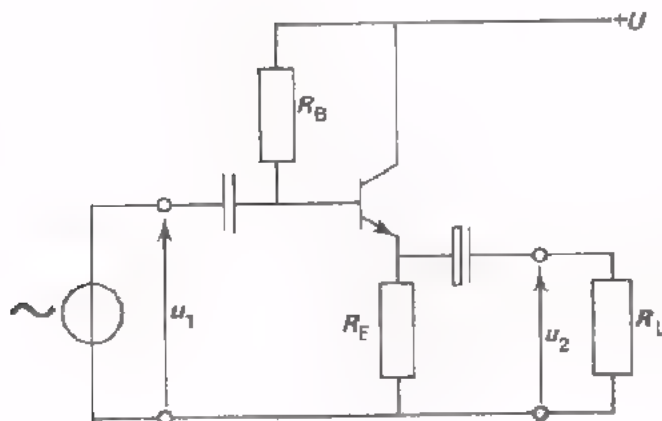


- $R_B = 100 \text{ k}\Omega$
- $R_C = 1,2 \text{ k}\Omega$
- $h_{ie} = 2 \text{ k}\Omega$
- $S = 200 \text{ mA/V}$

Hoe groot is  $A_u$ ?

$A_u =$

2.



- $R_B = 100 \text{ k}\Omega$
- $h_{fe} = 500$
- $R_E = 1 \text{ k}\Omega$
- $R_L = 250\Omega; S = 500 \text{ mA/V}$

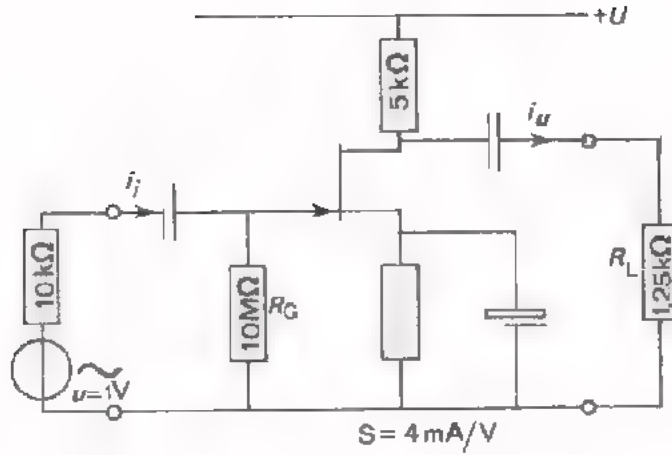
Bereken nu:  
de spanningsversterking

$A_u =$

De ingangsweerstand

De uitgangsweerstand

3.



Bepaal volgende grootheden:

$$R_{ing} = \boxed{\phantom{00000}}$$

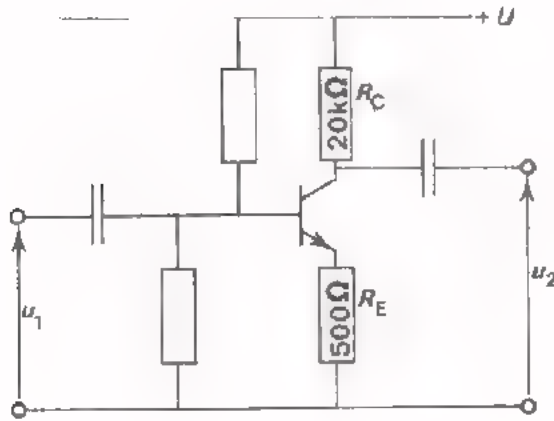
$$R_{uit} = \boxed{\phantom{00000}}$$

$$A_u = \boxed{\phantom{00000}}$$

$$A_i = \frac{i_u}{i_i} = \boxed{\phantom{00000}}$$

$$A_p = \boxed{\phantom{00000}}$$

4.



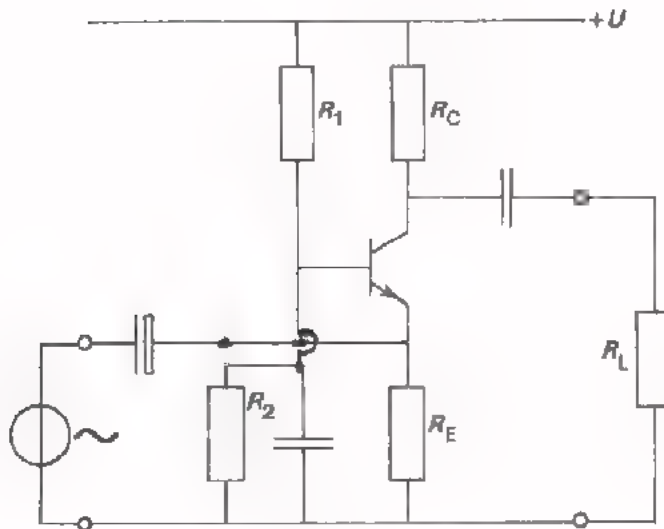
Druk  $A_u$  uit in  $R_C$  en  $R_E$ .

$$A_u = \frac{u_2}{u_1} \approx \boxed{\phantom{00000}}$$

Hoe groot wordt  $A_u$  als men de GES belast met een weerstand van 5 kΩ?

$$A_u = \boxed{\phantom{00000}}$$

5.



In deze schakeling is:

$$A_u = \begin{cases} \text{groter dan} \\ \text{kleiner dan} \\ \text{gelijk aan} \end{cases} 1.$$

$$A_i = \begin{cases} \text{groter dan} \\ \text{kleiner dan} \\ \text{gelijk aan} \end{cases} 1.$$

$$R_{ing} = \begin{cases} \text{groot} \\ \text{klein} \end{cases}$$

UITWERKINGEN

Vergelijk volgende uitwerking nauwkeurig met Uw prestaties.

$$1. \quad A_u = S \cdot R_C = \frac{200}{1000} \times 1200 = 240$$

2. De vervangingsweerstand van  $R_E$  en  $R_L$  is:

$$R_V = \frac{R_E \cdot R_L}{R_E + R_L} = \frac{1000 \cdot 250}{1250} = 200 \Omega$$

$$A_u = \frac{S \cdot R_V}{1 + S R_V} = \frac{500/1000 \times 200}{1 + 500/1000 \times 200} = 0,99$$

$R_B = 100 \text{ k}\Omega$  en  $h_{fe} \cdot R_V = 500 \cdot 200 = 100 \text{ k}\Omega$   
 $R_{ing}$  is de parallelschakeling van  $R_B$  en  $h_{fe} \cdot R_V$ , en  
 dus  $R_{ing} = 50 \text{ k}\Omega$

$$R_{uit} \approx 1/S = \frac{1000}{500} = 2 \Omega$$

3.  $R_{ing} = R_G = 10 \text{ M}\Omega$   
 $R_{uit} = R_d = 5 \text{ k}\Omega$

$$A_u = S \cdot R_V, \text{ waarin } R_V = \frac{R_D \cdot R_L}{R_D + R_L} = \frac{5 \cdot 1,25}{6,25} = 1 \text{ k}\Omega$$

$$A_u = S \cdot R_V = \frac{4}{1000} \cdot 1000 = 4 \quad \left| \quad i_u = \frac{u_{dB}}{R_L} = \frac{4}{1250} \text{ A} \right.$$

$$i_i = \frac{u}{R_G} = \frac{1}{10^7} = 10^{-7} \text{ A} \quad \left| \quad A_i = \frac{i_u}{i_i} = \frac{4/1250}{10^{-7}} = 32000 \right.$$

$$u_{dB} = A_u \cdot u_{gs} = 4 \cdot 1 = 4 \text{ V} \quad \left| \quad A_P = A_u \cdot A_i = 4 \cdot 32000 = 128000 \right.$$

4.  $A_u \approx \frac{R_C}{R_E} = \frac{20000}{500} = 40$

Aan  $R_C$  komt  $R_L$  parallel te staan, zodat:

$$R_V = \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L} = \frac{20 \cdot 5}{25} = 4 \text{ k}\Omega$$

$$A_u \approx \frac{R_V}{R_E} = \frac{4000}{500} = 8$$

5.  $A_u > 1$   
 $A_i < 1$                        $R_{ing}$  is klein

OEFENINGEN

1. Het substraat van een MOST wordt meestal doorverbonden met

- de source
- de drain
- de gate
- wordt nergens mee verbonden

2. De grootste spanningsversterking kan men bereiken met:

- Een FET in GSS
- Een MOST in GSS
- Een transistor in GES

3. Een versterker A moet een signaal toevoeren aan een 70 ohm - coaxiale kabel. Aan het eind moet de kabel op een versterker B worden aangesloten. Versterker A kan dan het beste als laatste transistortrap

een  hebben.

Versterker B kan het beste beginnen met als transistortrap een

4. Men versterkt een wisselspanning met een GES, waarin een NPN-transistor wordt toegepast. De uitgangswisselspanning blijkt als volgt te verlopen: Wat is de oorzaak van de vervormingen?

---

---

---

---

---

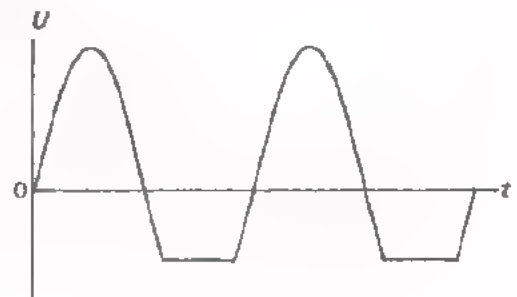
---

---

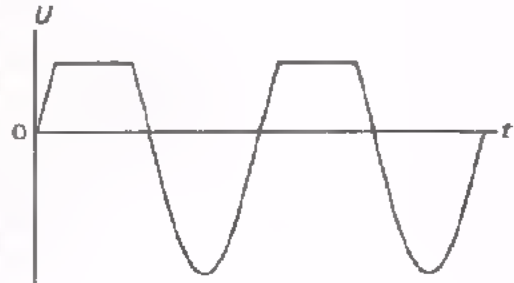
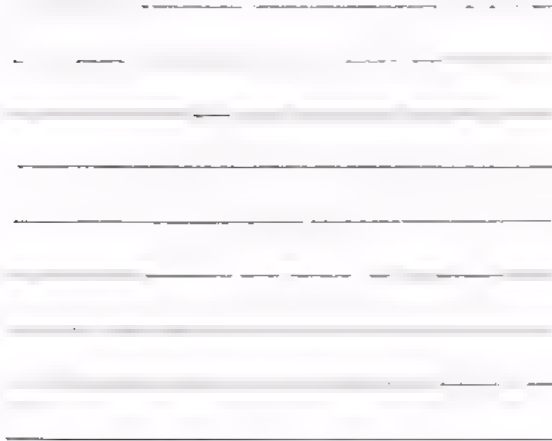
---

---

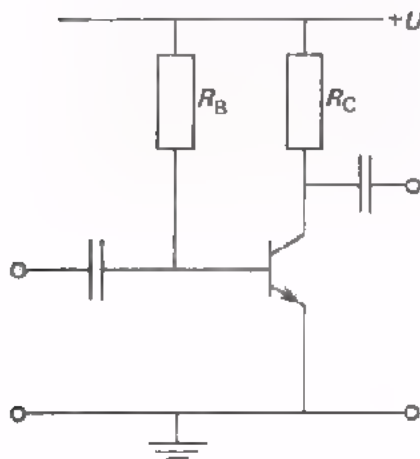
---



5. Men versterkt een wisselspanning met een NPN-transistor in GES.  
 De uitgangsspanning blijkt als volgt te verlopen:  
 Wat is nu de oorzaak van de vervorming?



6.



In de naaststaande eenvoudigste schakeling van een NPN silicium transistor in GES is

$I_C / I_B$  vrijwel constant.

$I_B$  wordt ongeveer bepaald uit:

$I_B =$

Vervangt men de transistor door een nieuwe met een  $h_{FE}$  die tweemaal zo GROOT is, dan zal hier de  $I_B$ :

2 x zo klein worden  
 gelijk blijven  
 2 x zo groot worden

De  $I_C$

2 x zo klein worden  
 gelijk blijven  
 2 x zo groot worden

Deze schakeling geeft dus

wel / geen

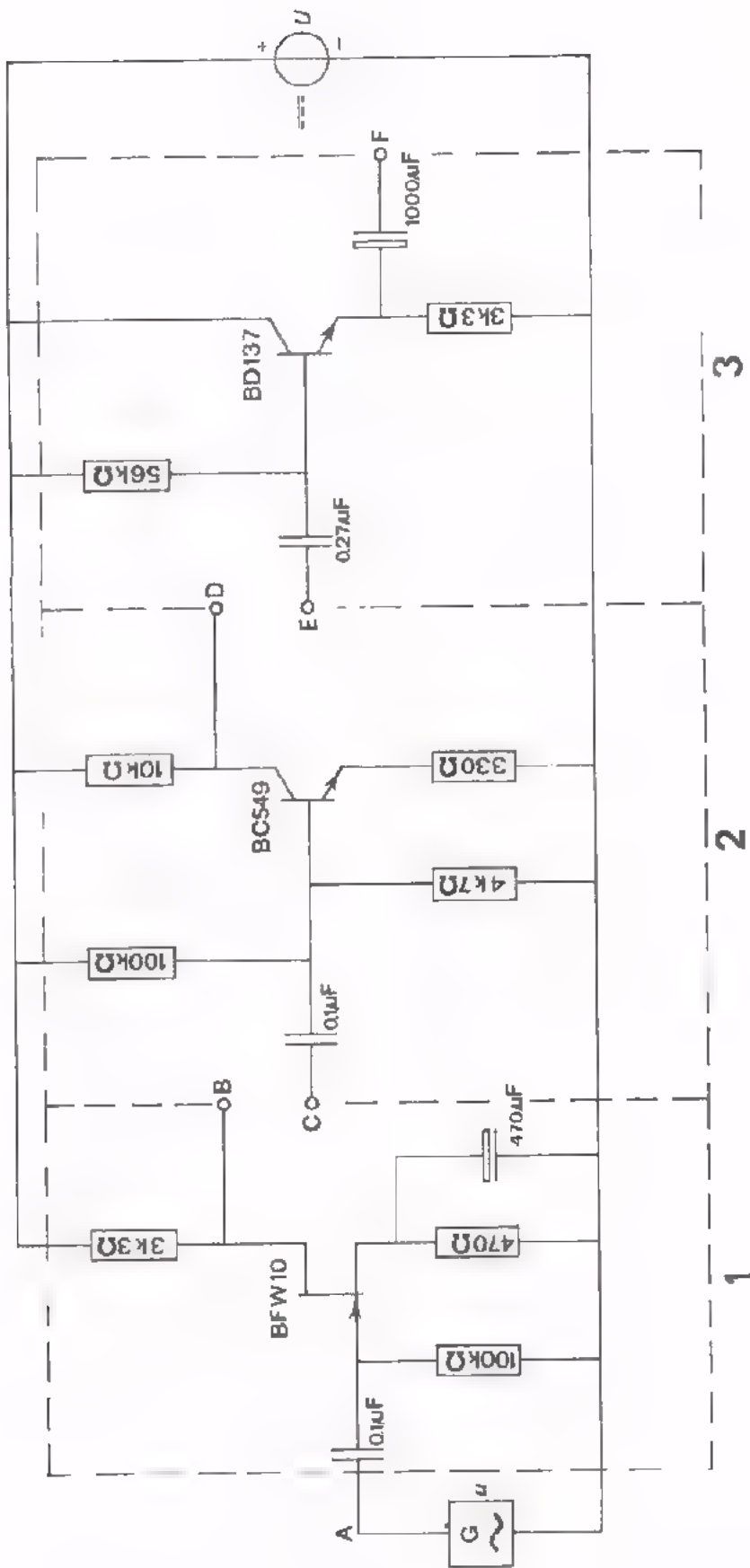
stabilisatie van  $I_C$ .

HERHALING 5  
HALFGELEIDER COMPONENTEN

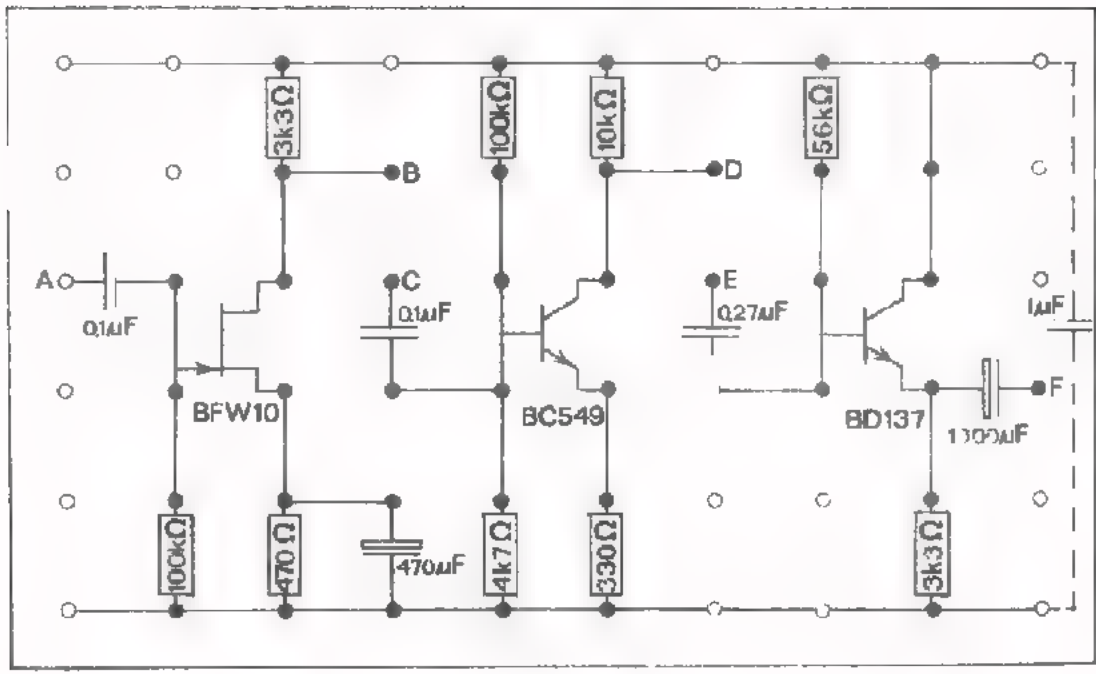
INLEIDING

In deze les herhalen we de belangrijkste eigenschappen van de versterkende halfgeleidercomponenten nogmaals aan de hand van een meertrapsversterker. Op het volgend blad ziet U het volledige schema en op blad B405.3 de wijze waarop U de schakeling op Uw paneel moet monteren. Wijk hier niet vanaf, anders komt U in moeilijkheden. De beschikbare ruimte voor al de onderdelen is namelijk nog al klein en moet daarom zo goed mogelijk benut worden.

In het laatste deel wordt nog even de aandacht gevraagd voor de diac, thyristor en triac.







OPDRACHT

EERSTE TRAP

- Bouw op Uw paneel het gedeelte van het schema dat zich in de gestreepte rechthoek 1 van blad B405.2 bevindt.

- Voer een voedingsspanning toe van 25 V.

- Meet de instelling van de FET:

$$- U_{GS} = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$U_{DS} = \boxed{\phantom{000000}}$$

- Ga voor U zelf na of U deze waarden zou verwachten.

- Voer een ingangswisselspanning 20 mV bij 1 kHz toe.

- Meet de uitgangswisselspanning en bepaal de versterking van deze trap.

$$A_{ul} = \boxed{\phantom{000000}}$$

- Bepaal de fase van de uitgangswisselspanning ten opzichte van de ingangswisselspanning.

De uitgangswisselspanning blijkt

in fase /  niet in fase met de ingangswisselspanning.

- Waarvoor dient  $R_G$ ?

---

---

---

---

- Schakel de voedingsspanning uit!

OPDRACHT (VERVOLG)

DE TWEEDE TRAP

- Breid de schakeling op Uw paneel uit met het deel dat zich in het schema op blad B405.2 in de gestreepte rechthoek 2 bevindt.
- Breng de verbinding tussen B en C (zie schema) nog niet aan. Schakel de voedingsspanning van 25 V weer in en meet de instelling van de transistor in deze tweede trap.

$$U_{BE} = \boxed{\phantom{000000}}$$

$$U_{CE} = \boxed{\phantom{000000}}$$

- Ga voor U zelf na of U deze waarden zou verwachten.
- Sluit een wisselspanning  $U_t = 20 \text{ mV} - 1 \text{ kHz}$  aan op de ingang van DEZE trap. Bepaal de versterking van deze trap.

$$A_{u2} = \boxed{\phantom{000000}}$$

- De uitgangswisselspanning van deze trap is  wel /  niet in fase met de ingangswisselspanning.
- De versterking van deze trap is veel groter dan die van de eerste. Dit komt, omdat  van de transistor veel groter is dan die van de FET.
- Verwijder de wisselspanningsbron van de ingang van de tweede versterkertrap.

OPDRACHT (VERVOLG)

DE EERSTE EN TWEDE TRAP SAMEN

We gaan nu de beide trappen achter elkaar schakelen.

- Verbind de punten B en C (zie schema).

Vraag: Welke spanningsversterking verwacht U nu totaal?

$$A_{u1} \times A_{u2} = \boxed{\phantom{00000}}$$

- Voer een wisselspanning  $U_t = 20 \text{ mV} - 1 \text{ kHz}$  toe aan de eerste trap. Meet de uitgangsspanning van de tweede trap en bepaal de totale spanningsversterking.

$$A_{u1,2} = \boxed{\phantom{00000}}$$

Deze is kleiner dan de boven berekende.

- Meet nogmaals de uitgangsspanning van de eerste trap, maar nu met doorverbonden punten B en C.

$$\text{Nu blijkt } A_{u1} = \boxed{\phantom{00000}}$$

- Meet de wisselspanning op punt B, terwijl U de verbinding tussen B en C enige malen snel achter elkaar verbreekt en weer aanbrengt. Door verbinden van B en C blijkt  $A_{u1}$  te verminderen.

Hoe komt dit?

---

---

---

---

---

---

---

---

- Schakel de voedingsspanning uit!

OPDRACHT (VERVOLG)

DE DERDE TRAP

- Voeg nu de derde trap aan de schakeling toe.  
Zie schema blad B405.2 en volg het voorschrift van blad B405.3.

- Men noemt de schakeling van deze derde trap:

of

- Hoe groot verwacht U dat  $A_{u3}$  ongeveer is?

$A_{u3} \approx$

- De uitgangswisselspanning van deze trap is  in fase met de ingangswisselspanning.

- Is  $R_{uit}$  groot of klein?  $R_{uit} =$

- Schakel de voedingsspanning  $U = 25$  V weer in.  
Meet de instelling:

$U_E =$

- Bereken  $I_E$ :  $I_E =$

- Voer aan de ingang van deze trap  $U_t = 20$  mV - 1 kHz toe en bepaal de versterking.

$A_{u3} =$

- Verwijder de wisselspanningsbron van de ingang van de derde trap.

OPDRACHT (VERVOLG)

DE DRIE TRAPPEN SAMEN

- Verbind de punten B en C en ook de punten D en E.
- Schakel de voedingsspanning  $U = 25 \text{ V}$  in.
- Voer een wisselspanning  $U_t = 20 \text{ mV} - 1 \text{ kHz}$  toe aan de ingang van de eerste trap. Meet de uitgangsspanning van de derde trap en bepaal hieruit de totale versterking.

$$A_{u1,2,3} = \boxed{\phantom{000000}}$$

- Op blad B405.6 hebt U  $A_{u1,2}$  door meting gevonden en op blad B405.7  $A_{u3}$ .

Vermenigvuldig nu:  $A_{u1,2} \times A_{u3} = \boxed{\phantom{000000}}$

Klopt dit met de boven gemeten totale versterking?

- Beredeneer voor Uzelf het antwoord op volgende vraag.  
Is de uitgangswisselspanning van de drietrapsversterker in fase of in tegenfase met de ingangswisselspanning?

In  fase / tegenfase

Ga door meting na of Uw antwoord juist is.

- Schakel de voedingsspanning uit.

Vraag 1:

Waarom is in de eerste trap een FET gebruikt?

---

---

---

---

---

Vraag 2:

Waarom is in de derde trap een emittervolger toegepast?

---

---

---

---

---

---

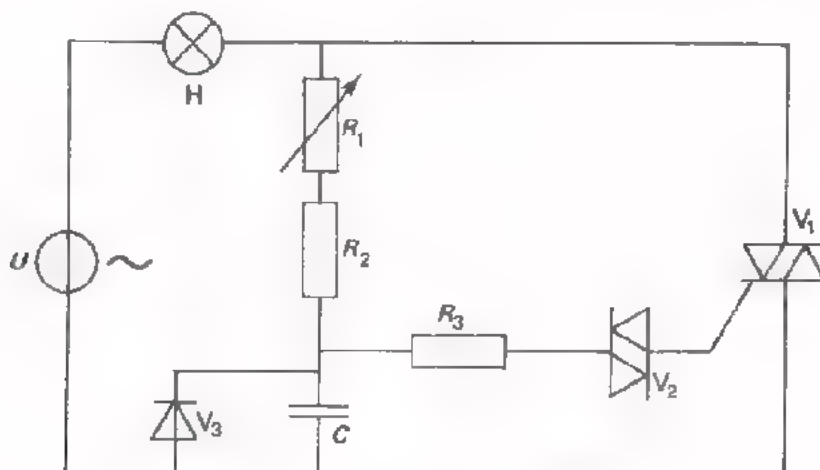
---

- Breek de schakeling af.

DIAC, THYRISTOR EN TRIAC

In het laatste deel van deze les herhalen we in het kort de halfgeleidercomponenten diac, thyristor en triac. Deze componenten zijn we tegengekomen bij het regelen van vermogen.

TEST UZELF



- In deze schakeling is component  $V_1$  een

en component  $V_2$  een

- De schakeling is een  perioderegeling.

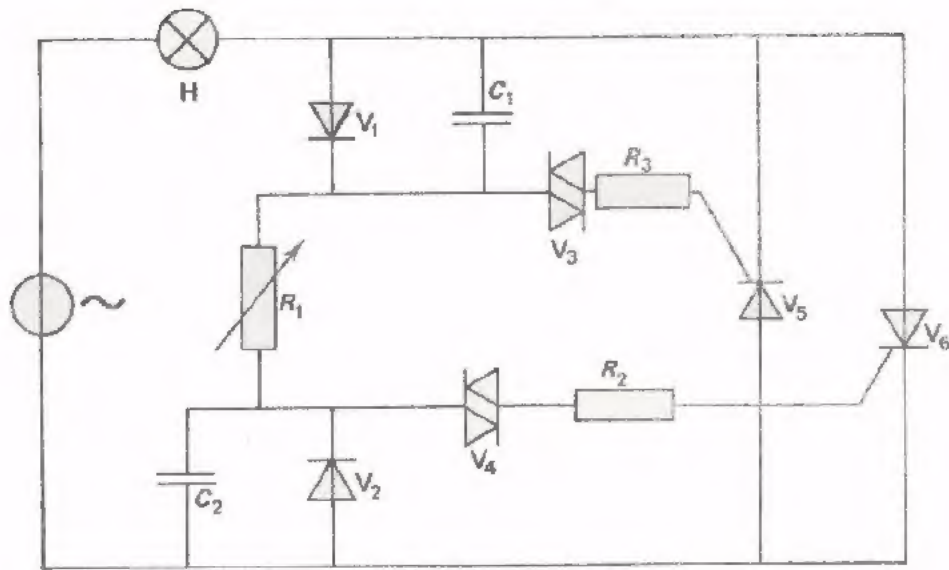
- Het vermogen dat aan de lamp wordt geleverd kan geregeld worden door middel van

- Als men component  $V_1$  vervangt door een thyristor, wat verandert er dan aan de regeling?

- Als in bovenstaand schema component  $V_3$  wordt weggenomen, wat verandert er dan aan de regeling?



TEST UZELF



- Wat voor regeling is dit?

- Als  $V_3$  onderbroken raakt, wat gebeurt er dan met de regeling?

---



---



---

- Als  $V_1$  defect (onderbroken) raakt, wat gebeurt er dan met de regeling?

---



---



---

- Als  $V_1$  en  $V_3$  defect (onderbroken) raken, wat gebeurt er dan met de regeling?

---

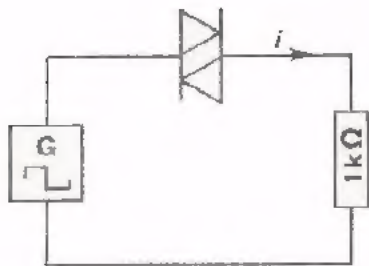


---

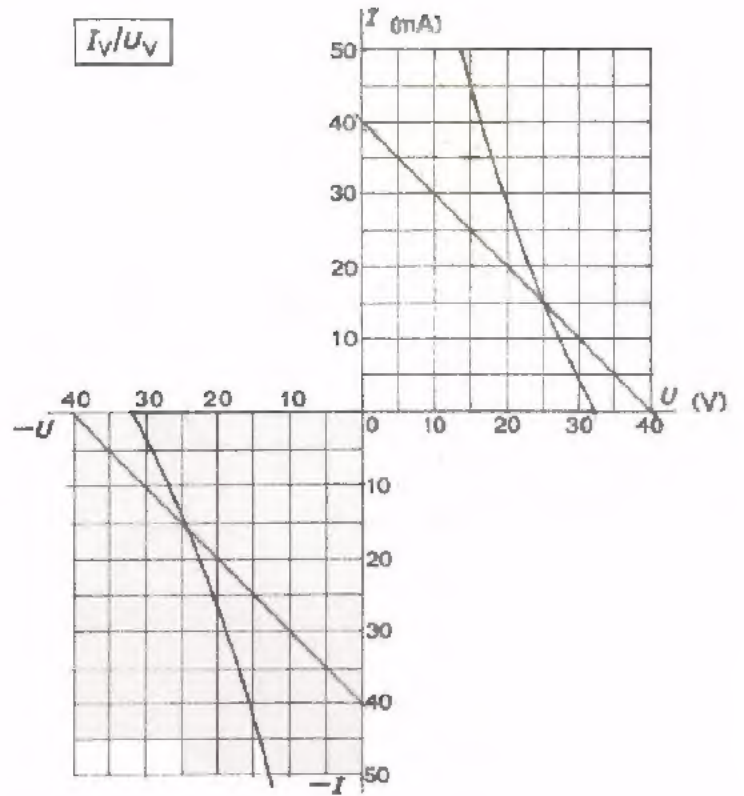


---

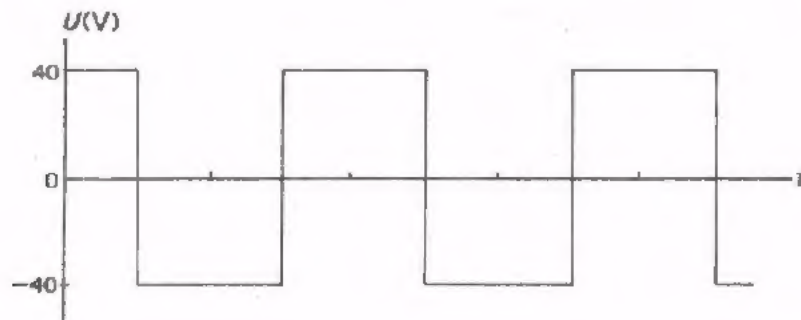
TEST UZELF



$I_V/U_V$



Aan deze schakeling wordt onderstaande blokspanning toegevoerd.



- Teken in bovenstaande karakteristiek de belastinglijnen.
- Schets hieronder het verloop van de stroom  $i$  op schaal.



the 1990s, the number of people in the UK who are employed in the public sector has increased from 10.5 million to 12.5 million, and the number of people in the public sector who are employed in health care has increased from 1.5 million to 2.5 million (Department of Health 2000).

There are a number of reasons for this increase. One of the main reasons is the increasing demand for health care services. The population of the UK is increasing, and the number of people who are aged 65 and over is increasing rapidly. This has led to an increase in the number of people who are in need of health care services, and this has led to an increase in the number of people who are employed in health care.

Another reason for the increase is the increasing demand for health care services from the private sector. The private sector is becoming an increasingly important part of the health care system, and this has led to an increase in the number of people who are employed in the private sector. This has led to an increase in the number of people who are employed in health care.

A third reason for the increase is the increasing demand for health care services from the voluntary sector. The voluntary sector is becoming an increasingly important part of the health care system, and this has led to an increase in the number of people who are employed in the voluntary sector. This has led to an increase in the number of people who are employed in health care.

There are a number of challenges that the health care system faces in the future. One of the main challenges is the increasing demand for health care services. The population of the UK is increasing, and the number of people who are aged 65 and over is increasing rapidly. This has led to an increase in the number of people who are in need of health care services, and this has led to an increase in the number of people who are employed in health care.

Another challenge is the increasing demand for health care services from the private sector. The private sector is becoming an increasingly important part of the health care system, and this has led to an increase in the number of people who are employed in the private sector. This has led to an increase in the number of people who are employed in health care.

A third challenge is the increasing demand for health care services from the voluntary sector. The voluntary sector is becoming an increasingly important part of the health care system, and this has led to an increase in the number of people who are employed in the voluntary sector. This has led to an increase in the number of people who are employed in health care.

There are a number of ways in which the health care system can meet these challenges. One of the main ways is to increase the number of people who are employed in health care. This can be done by increasing the number of people who are employed in the public sector, the private sector, and the voluntary sector. This can be done by increasing the number of people who are employed in health care.

Another way is to increase the efficiency of the health care system. This can be done by increasing the number of people who are employed in health care, and by increasing the number of people who are employed in health care.

A third way is to increase the quality of the health care system. This can be done by increasing the number of people who are employed in health care, and by increasing the number of people who are employed in health care.

the 1990s, the number of people with a diagnosis of schizophrenia has increased in many countries, including the United Kingdom (Murray & Lewis, 1998). The prevalence of schizophrenia is estimated to be 1% of the population (Murray & Lewis, 1998). The illness is a chronic condition with a high relapse rate, and it is associated with significant disability and social stigma. The illness is often associated with a high level of unemployment and social isolation. The illness is also associated with a high level of hospitalization and institutionalization. The illness is often associated with a high level of homelessness and poverty. The illness is also associated with a high level of violence and criminality. The illness is often associated with a high level of substance abuse and self-harm. The illness is also associated with a high level of suicide risk. The illness is often associated with a high level of family conflict and social stigma. The illness is also associated with a high level of social isolation and loneliness. The illness is often associated with a high level of physical and mental health problems. The illness is also associated with a high level of financial difficulties and social exclusion. The illness is often associated with a high level of homelessness and poverty. The illness is also associated with a high level of violence and criminality. The illness is often associated with a high level of substance abuse and self-harm. The illness is also associated with a high level of suicide risk. The illness is often associated with a high level of family conflict and social stigma. The illness is also associated with a high level of social isolation and loneliness. The illness is often associated with a high level of physical and mental health problems. The illness is also associated with a high level of financial difficulties and social exclusion.

The illness is often associated with a high level of physical and mental health problems. The illness is also associated with a high level of financial difficulties and social exclusion.

The illness is often associated with a high level of homelessness and poverty. The illness is also associated with a high level of violence and criminality.

The illness is often associated with a high level of substance abuse and self-harm. The illness is also associated with a high level of suicide risk.

The illness is often associated with a high level of family conflict and social stigma. The illness is also associated with a high level of social isolation and loneliness.

The illness is often associated with a high level of physical and mental health problems. The illness is also associated with a high level of financial difficulties and social exclusion.

The illness is often associated with a high level of homelessness and poverty. The illness is also associated with a high level of violence and criminality.

The illness is often associated with a high level of substance abuse and self-harm. The illness is also associated with a high level of suicide risk.

The illness is often associated with a high level of family conflict and social stigma. The illness is also associated with a high level of social isolation and loneliness.

The illness is often associated with a high level of physical and mental health problems. The illness is also associated with a high level of financial difficulties and social exclusion.

The illness is often associated with a high level of homelessness and poverty. The illness is also associated with a high level of violence and criminality.

The illness is often associated with a high level of substance abuse and self-harm. The illness is also associated with a high level of suicide risk.

The illness is often associated with a high level of family conflict and social stigma. The illness is also associated with a high level of social isolation and loneliness.

The illness is often associated with a high level of physical and mental health problems. The illness is also associated with a high level of financial difficulties and social exclusion.

The illness is often associated with a high level of homelessness and poverty. The illness is also associated with a high level of violence and criminality.

The illness is often associated with a high level of substance abuse and self-harm. The illness is also associated with a high level of suicide risk.

The illness is often associated with a high level of family conflict and social stigma. The illness is also associated with a high level of social isolation and loneliness.

The illness is often associated with a high level of physical and mental health problems. The illness is also associated with a high level of financial difficulties and social exclusion.

The illness is often associated with a high level of homelessness and poverty. The illness is also associated with a high level of violence and criminality.

The illness is often associated with a high level of substance abuse and self-harm. The illness is also associated with a high level of suicide risk.

The illness is often associated with a high level of family conflict and social stigma. The illness is also associated with a high level of social isolation and loneliness.

The illness is often associated with a high level of physical and mental health problems. The illness is also associated with a high level of financial difficulties and social exclusion.

The illness is often associated with a high level of homelessness and poverty. The illness is also associated with a high level of violence and criminality.