



# Inhoudsopgave

8	Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 8, deel B (51-64).....	8-3
8.1	Waar toe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?.....	8-3
8.2	Enkele opmerkingen .....	8-4
8.3	Formularium .....	8-4
8.3.1	Soorten versterkende elementen.....	8-4
8.3.2	Overeenkomsten .....	8-5
8.3.3	Verschillen.....	8-5
8.3.4	De drie basisschakelingen in schemavorm .....	8-6
8.3.5	De drie basisschakelingen samengevat in tabelvorm en per element. ....	8-8
8.3.6	Spanningsverdeling over een versterkend element. ....	8-9
8.4	Opgaven .....	8-11
8.4.51	Opgave 8-51 .....	8-12
8.4.52	Opgave 8-52 .....	8-13
8.4.53	Opgave 8-53 .....	8-14
8.4.54	Opgave 8-54 .....	8-15
8.4.55	Opgave 8-55 .....	8-16
8.4.56	Opgave 8-56 .....	8-17
8.4.57	Opgave 8-57 .....	8-18
8.4.58	Opgave 8-58 .....	8-19
8.4.59	Opgave 8-59 .....	8-20
8.4.60	Opgave 8-60 .....	8-21
8.4.61	Opgave 8-61 .....	8-22
8.4.62	Opgave 8-62 .....	8-23
8.4.63	Opgave 8-63 .....	8-24
8.4.64	Opgave 8-64 .....	8-25
8.5	Uitwerkingen.....	8-26
8.5.51	Uitwerking van Opgave 8-51 .....	8-27
8.5.52	Uitwerking van Opgave 8-52 .....	8-28
8.5.53	Uitwerking van Opgave 8-53 .....	8-29



8.5.54	Uitwerking van Opgave 8-54.....	8-30
8.5.55	Uitwerking van Opgave 8-55.....	8-31
8.5.56	Uitwerking van Opgave 8-56.....	8-32
8.5.57	Uitwerking van Opgave 8-57.....	8-33
8.5.58	Uitwerking van Opgave 8-58.....	8-34
8.5.59	Uitwerking van Opgave 8-59.....	8-35
8.5.60	Uitwerking van Opgave 8-60.....	8-36
8.5.61	Uitwerking van Opgave 8-61.....	8-37
8.5.62	Uitwerking van Opgave 8-62.....	8-38
8.5.63	Uitwerking van Opgave 8-63.....	8-39
8.5.64	Uitwerking van Opgave 8-64.....	8-40

## 8 Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 8, deel B (51-64)

### 8.1 Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?


De voornaamste functie van deze bundel is dat je de kennis die je in cursushoofdstuk 8 hebt opgedaan, kunt toetsen aan echte examenvragen. Het is daarom examentraining.

Het is niet de bedoeling, maar ook niet verboden, om te proberen het examen te halen door je enkel te trainen met examenvragen. Er bestaan mensen die op die manier het examen hebben gehaald, maar veel zijn het er niet. Bedenk dat tussen 2000 en 2020 ongeveer 1400 examenvragen zijn gesteld. Die weg is daarom tijdrovend en de slagingskans niet groot. Bedenk ook dat examenvragen die op elkaar lijken, vaak niet precies gelijk zijn en dat de antwoorden op meerkeuzevragen niet altijd in dezelfde volgorde staan of precies gelijk zijn aan hun voorgangers. Of snappen sommigen de stof geleidelijk aan toch als ze maar heel veel examenvragen maken? Wie het weet, mag het zeggen.

De schrijvers verwachten dat de opgedane kennis door het bestuderen en maken van de vragen scherper in je hoofd wordt geprent dan zonder examentraining.

Advies: maak in elk geval eerst de opgaven die in de tekst van het eigenlijke leerhoofdstuk staan, loop daarna de verkorte versie nog een keer door om te zien of alles bekend is en begin pas daarna aan de examenvragen in deze bundel.

De opgaven zitten in twee paragrafen. De eerste geeft alleen de opgaven. Zo kun je die maken zonder ongewild toch het antwoord te zien. Een gele pijl in een blauw veld aan het eind van elke opgave brengt je naar de uitwerking. Deze:

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

De uitwerking begint met de opgave. Dat voorkomt uitvoerig terugscrollen. Het goede antwoord is **vetgedrukt**. Daarna volgt de eigenlijke uitwerking, soms gevolgd door een of meer opmerkingen. De uitwerking hoeft niet de enig juiste te zijn. Het is niet ongevoerd dat je via een andere weg ook tot een goed antwoord komt. Leg dan beide antwoorden naast elkaar en vergelijk. Soms geven we zelf meer dan één uitwerking.

Bij sommige opgaven begint de uitwerking met een korte analyse. Tenslotte is de eerste vraag die een examenkandidaat zich bij elke examenvraag moet stellen er één van “hoe zit dit precies in elkaar?”. Kort gezegd: begrijp wat je doet.


Aan het eind van een uitwerking kun je via een rode pijl in een blauw veld terug naar de opgave.

Dat is deze:



Terug naar de opgave

Via eenzelfde pijl, maar dan groen, kom je vanaf de uitwerking bij de volgende opgave. Dat is deze:

Naar de volgende opgave 

De cursusredactie beveelt elke cursist aan, de opgaven te maken langs de route van de pijlen. Dan weet je zeker dat je niets overslaat. Noteer het nummer van de laatst bekeken opgave als je stopt om wat anders te doen. Via de inhoudsopgave aan het begin kun je er met één muisklik weer naartoe. Voor wie alleen geïnteresseerd is in de uitwerkingen: je kunt alle uitwerkingen ook achter elkaar doorlezen in paragraaf 8.5.

## 8.2 Enkele opmerkingen

Omdat het aantal examenvragen bij Hoofdstuk 8 ruim meer dan 50 is, is deze bundel gesplitst in twee delen. Dit is deel B met 14 examenvragen. Deel A bevat de overige 50.

Bij elke opgave is vermeld, in welk examen de opgave voorkomt. Voorbeeld: F-examen mei 2011 (1). De opgave is dan onderdeel geweest van het eerste examen in mei 2011. Gaat het om het tweede examen, dan staat er (2) in plaats van (1). Als er in een maand maar één examen is geweest, is er geen aanduiding (1) of (2). Soms staat er in plaats daarvan een volledige datum. Vóór het jaar 2008, waren er maar twee examens per jaar, het voorjaars- en het najaarsexamen.

Het kan zijn dat een opgave jarenlang niet meer is gebruikt en bijvoorbeeld 10 jaar of nog meer later, weer opduikt. Denk dus niet dat een opgave die 15 jaar geleden voor het laatst in een examen zat, nu niet meer zal voorkomen. Maar een opgave die vaak voorkomt, zal een grotere kans hebben om weer op te duiken dan één die maar één of twee keer is voorgekomen.

Voorafgaand aan de opgaven volgt nu een formularium. Dat is een sterk ingedikt overzicht van de leerstof met vergelijkingen, schema's, tabellen en andere zaken met soms wat handigheidjes. We raden aan, dit eerst door te nemen, maar wie zich zeker genoeg voelt, kan natuurlijk ook meteen naar de opgaven gaan.

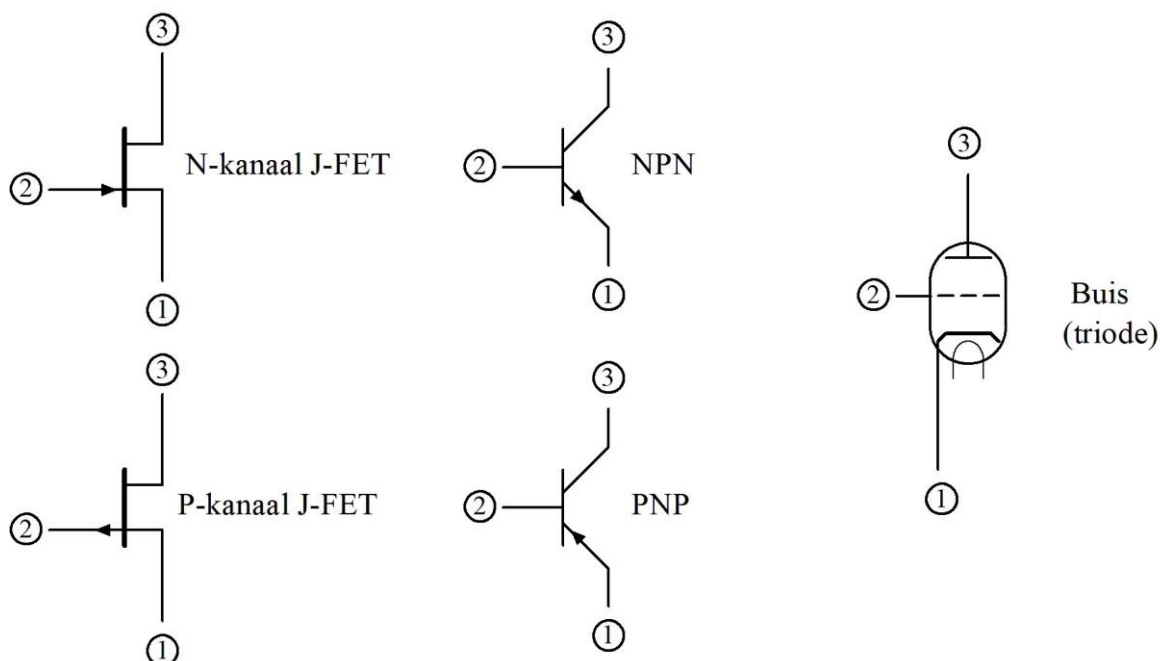
## 8.3 Formularium

### 8.3.1 Soorten versterkende elementen

Het zijn

- (bipolaire) transistor: NPN en PNP
- Veldeffect-transistor (FET): N-kanaal en P-kanaal
- Elektronenbuis (buis): triode en penthode

De staan allemaal in beeld met schemasymbolen in Figuur 8.3-1.



Figuur 8.3-1. De versterkende elementen

### 8.3.2 Overeenkomsten

Alle behandelde elementen hebben drie elektroden: een laagohmige en een hoogohmige waartussen de stroomdoorgang plaatsvindt en een sturelektrode die de stroomdoorgang beïnvloedt. Tabel 8.3-1 geeft een overzicht van de namen.

Tabel 8.3-1. De drie versterkende elementen en hun elektroden. De nummers tussen haakjes verwijzen naar Figuur 8.3-1.

	FET	Buis	Transistor
<b>Laagohmig</b>	Source (1)	Kathode (1)	Emitter (1)
<b>Stuurelektrode</b>	Gate (2)	(Stuur)rooster (2)	Basis (2)
<b>Hoogohmig</b>	Drain (3)	Anode (3)	Collector (3)

### 8.3.3 Verschillen

Buis en FET hebben een een sturelektrode met heel hoge weerstand. Het zijn spanninggestuurde elementen.

De basis van een transistor wordt met een stroom aangestuurd. Een transistor is dan ook een stroomversterker, maar kan zo worden geschakeld dat de totale schakeling enigszins lijkt op een spanninggestuurd element.

Schakelingen met FET's en transistoren werken op relatief lage spanning (grotendeels 40 V of minder, maar er zijn uitzonderingen)

Schakelingen met buizen werken op hoge spanning, meestal 250 V of meer.

De ladingdragers in FET's en bipolaire transistoren kunnen elektronen of "gaten" zijn; in buizen zijn het altijd elektronen (Tabel 8.3-2)

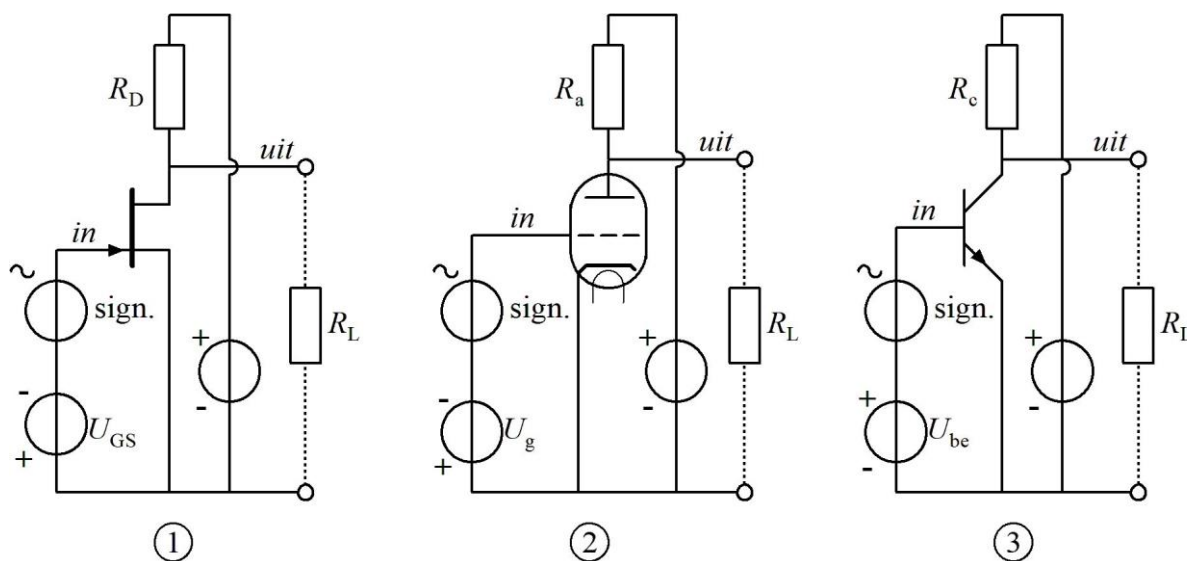
Tabel 8.3-2. Ladingdragers en soort versterkend element

	FET	Buis	Transistor
<b>Elektronen</b>	N-kanaals FET	Buis	NPN
<b>Gaten</b>	P-kanaals FET	-	PNP

### 8.3.4 De drie basisschakelingen in schemavorm

We laten de schakelingen per soort schakeling zien; in de volgende sub-paragraaf vatten we de eigenschappen samen per soort element.

Om te beginnen de gemeenschappelijke source-, kathode- en emitterschakeling, afgekort resp. GDS, GKS en GES (Figuur 8.3-2).

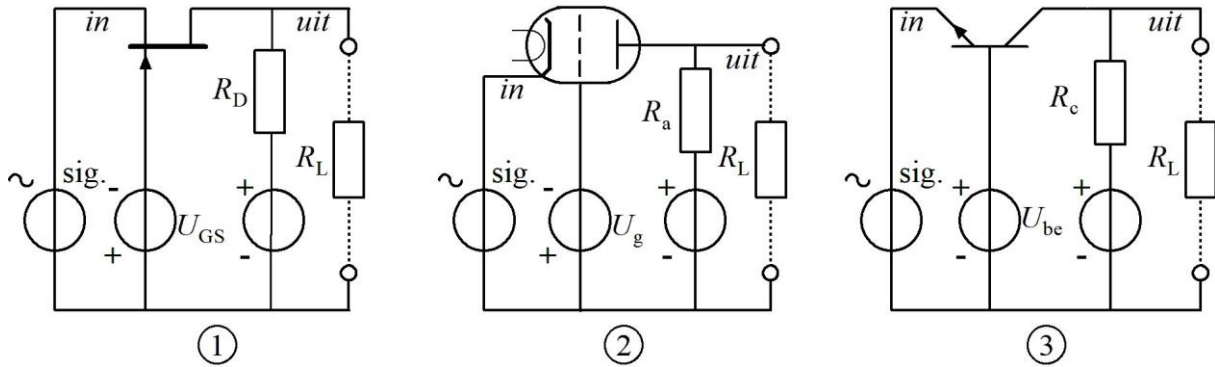


Figuur 8.3-2. (1) Gemeenschappelijke drainschakeling (GDS), (2) gemeenschappelijke kathodeschakeling (GKS) en (3) gemeenschappelijke emitterschakeling (GES). Signaalin- en uitgang aangegeven met "in" en "uit".

Vaak zit in de source-, kathode- of emitterleidingen een weerstand. Bij FET en buis maakt die source of kathode positief ten opzichte van gate of rooster. Gate of rooster zijn dan negatief ten opzichte van source of kathode. De weerstand vervangt zo de negatieve spanningsbron ( $U_{GS}$ , respectievelijk  $U_g$ ). Bij de transistor wordt dan meestal een weerstand

in de emitterleiding met spanningsdeler op de basis toegepast of enkel een weerstand van basis naar de plus- of de minleiding (NPN, resp. PNP).

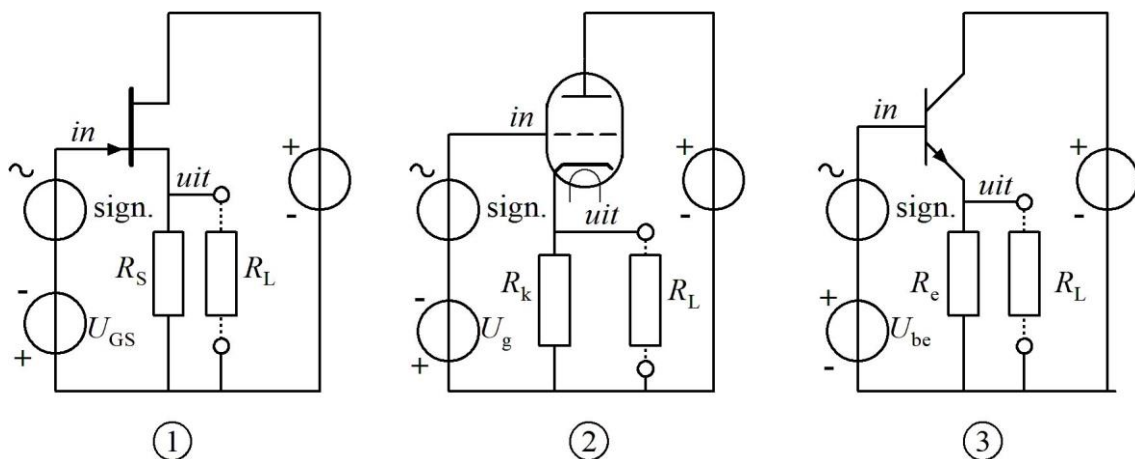
Nu de gemeenschappelijke gate-, rooster- en basisschakeling, afgekort resp. GGS, GRS en GBS (Figuur 8.3-3).



Figuur 8.3-3. (1) Gemeenschappelijke gateschakeling (GGS), (2) gemeenschappelijke roosterschakeling (GRS) en (3) gemeenschappelijke basisschakeling (GBS). Signaalin- en uitgang aangegeven met “in” en “uit”.

Hier geldt hetzelfde voor weerstanden in respectievelijk de source- kathode- en emitterleidingen als bij Figuur 8.3-2. Gate, respectievelijk rooster en basis kunnen ook via een weerstand zijn verbonden met de nulleiding (de onderste in de figuren) en ontkoppeld via een condensator, parallel aan die weerstand.

Tenslotte in de gemeenschappelijke drain-, anode- en collectorschakelingen, afgekort GDS, GAS en GCS. Dit drietal staat ook bekend onder de respectieve namen *sourcevolger*, *kathodevolger* en *emittervolger*. De *volger* heeft betrekking op het feit dat het signaal op de uitgang dat op de ingang bijna 1:1 volgt.



Figuur 8.3-4. (1) Gemeenschappelijke drainschakeling (GDS), (2) gemeenschappelijke anodeschakeling (GAS) en (3) gemeenschappelijke collectorschakeling (GCS). Signaalin- en uitgang aangegeven met “in” en “uit”.

In de plusleiding kan soms een weerstand zijn opgenomen. Dat doet niets af aan de werking en de benaming van een schakeling.

### 8.3.5 De drie basisschakelingen samengevat in tabelvorm en per element.

De drie basisschakelingen voor de FET zijn samengevat in Tabel 8.3-3; die voor een buis (triode) in Tabel 8.3-4 en die voor een transistor in Tabel 8.3-5.

Tabel 8.3-3. Samenvatting van de eigenschappen van de drie basisschakelingen voor de FET.  $R_D$  is drainweerstand,  $R_S$  is sourceweerstand.

Soort	Signaal in en uit	Weerstand ingang → uitgang	Spannings- versterking	Stroom- versterking	Vermogens- versterking	Fase- verschil in en uit
GSS	In: Gate Uit: Drain	In: zeer hoog Uit: hoog	Iets minder dan $R_D/R_S$	Zeer groot	Zeer groot	Tegenfase
GGs	In: Source Uit: Drain	In: laag Uit: hoog	Iets minder dan $R_D/R_S$	1	Iets minder dan $R_D/R_S$	In fase
GDS	In: Gate Uit: Source	In: zeer hoog Uit: laag	Iets minder dan 1	Zeer groot	Groot	In fase

GDS heet ook *sourcevolger*.

Een vergelijkbare tabel voor buizen verschilt afgezien van de benamingen nauwelijks van die voor de FET. Volledigheidshalve geven we hem hieronder.

Tabel 8.3-4. Samenvatting van de eigenschappen van de drie basisschakelingen voor de buis (triode).  $R_a$  is anodeweerstand,  $R_k$  is kathodeweerstand.

Soort	Signaal in en uit	Weerstand ingang → uitgang	Spannings- versterking	Stroom- versterking	Vermogens- versterking	Fase- verschil in en uit
GKS	In: Rooster Uit: Anode	In: zeer hoog Uit: hoog	Iets minder dan $R_a/R_k$	Zeer groot	Zeer groot	Tegenfase
GRS	In: Kathode Uit: Anode	In: laag Uit: hoog	Iets minder dan $R_a/R_k$	1	Iets minder dan $R_a/R_k$	In fase
GAS	In: Rooster Uit: Kathode	In: zeer hoog Uit: laag	Iets minder dan 1	Zeer groot	Groot	In fase

GAS heet ook *kathodevolger*. Lees voor een penthode *stuurrooster* in plaats van *rooster*. Voor de rest geen verschillen.



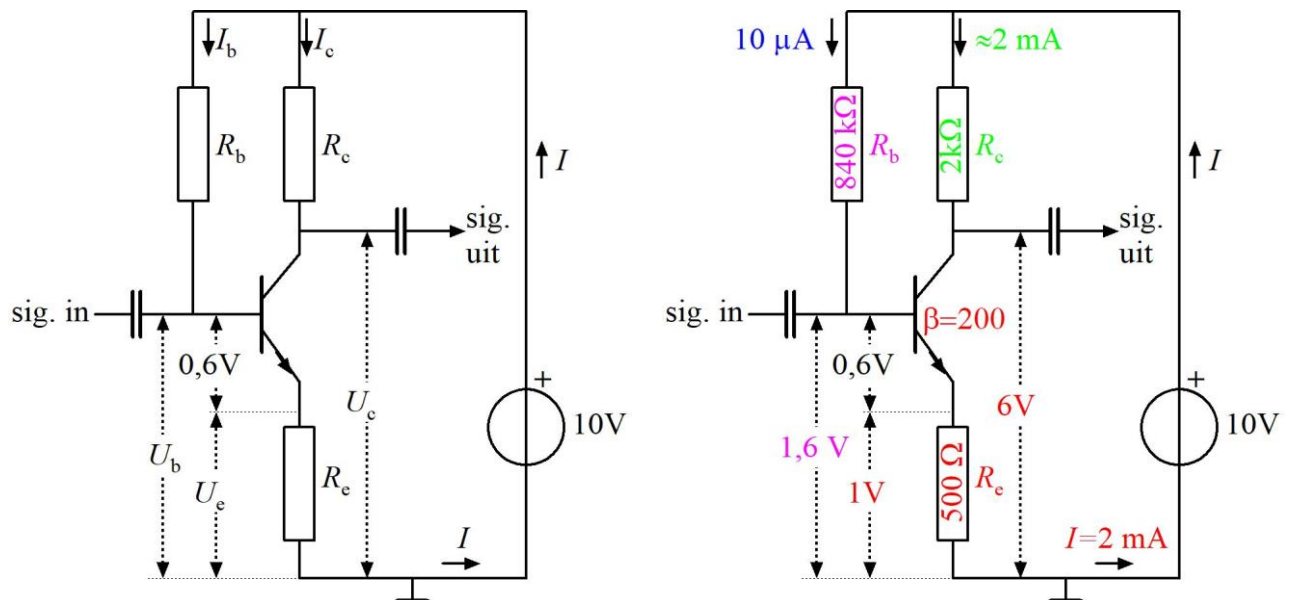
De verschillen tussen de vorige twee tabellen en die voor de transistor (Tabel 8.3-5) zijn niet groot, maar iets minder klein dan die voor FET en buis. Dat komt doordat de triode in beginsel een stroomversterker is en de eerdere twee spanningsversterkers.

Tabel 8.3-5. Samenvatting van de eigenschappen van de drie basisschakelingen voor de transistor.  $R_c$  is collectorweerstand,  $R_e$  is emitterweerstand.

Soort	Signaal in en uit	Weerstand ingang → uitgang	Spannings- versterking	Stroom- versterking	Vermogens- versterking	Fase in en uit
GES	In: basis Uit: collector	In: matig Uit: hoog	Vrijwel $R_c/R_e$	Zeer groot	Zeer groot	Tegenfase
GBS	In: emitter Uit: collector	In: laag Uit: hoog	Vrijwel $R_c/R_e$	$\approx 1$	Vrijwel $R_c/R_e$	In fase
GCS	In: basis Uit: emitter	In: matig Uit: laag	Vrijwel 1	Zeer groot	Groot	In fase

### 8.3.6 Spanningsverdeling over een versterkend element.

In een versterkerschakeling staan over verschillende delen van de schakeling verschillende spanningen. Ze voldoen altijd aan de tweede wet van Kirchoff: de som van die (deel)spanningen is gelijk aan de spanning over de totale schakeling.



Figuur 8.3-5. NPN-transistor in GES met diverse weerstanden (links) en de basis-emitterspanning van 0,6 V. Rechts het volledig uitgewerkte schema met waarden voor spanning en weerstand. Bruin: emittercircuit, paars basiscircuit en groen: collectorcircuit. Kijk zelf of alles klopt.



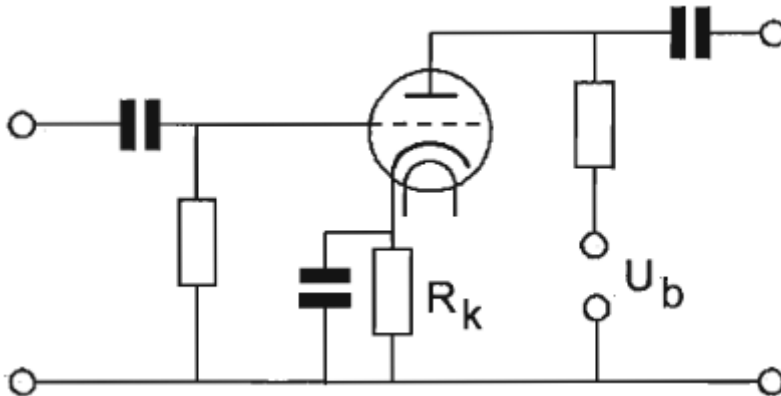
In examens zitten nogal wat vragen van dit soort. Voor buis en FET zijn er ook zulke opgaven. Het principe is steeds hetzelfde, alleen ontbreekt de basis-emitterspanning (!).

Tenslotte nog een belangrijk punt bij de transistor. De weerstand (impedantie) op de basisaansluiting is bij benadering gelijk aan de emitterweerstand vermenigvuldigd met de stroomversterking  $\beta$  of  $h_{FE}$ . Tussen die twee grootheden is geen verschil.



## 8.4 Opgaven


## 8.4.51 Opgave 8-51



$R_k$  wordt berekend uit de waarden

- A.  $U_g$  en  $I_a$
- B.  $U_g$  en  $I_g$
- C.  $U_a$  en  $I_a$
- D.  $U_b$  en  $I_a$

(F-examen mei 2009 (2), 24-05-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 8.4.52 Opgave 8-52

Stelling 1: De anodestroom van een triode is afhankelijk van de roosterspanning.

Stelling 2: De anodestroom van een triode is afhankelijk van de anodespanning

Wat is juist

- A. Alleen stelling 2
- B. Alleen stelling 1
- C. Geen van beide stellingen
- D. Stelling 1 en 2.

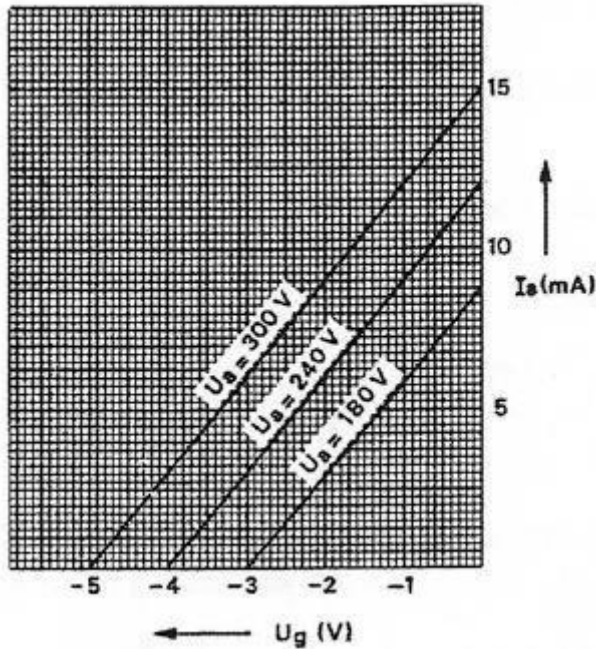
(F-examen september 2009 (1), februari 2010 (2), mei 2011 (1), maart 2012, november 2012, 10-01-2018, 09-01-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**8.4.53 Opgave 8-53**


De grafiek geeft enkele karakteristieken van een triode weer.



De steilheid van deze buis is ongeveer:

- A. 4 mA/V
- B. 2 mA/V
- C. 3 mA/V
- D. 1 mA/V

(F-examen voorjaar 1978, voorjaar 2000, oktober 2008 (1), januari 2010, 29-05-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




#### 8.4.54 Opgave 8-54

Als van een elektronenbuis een gegeven wordt uitgedrukt in een aantal mA/V, dan heeft dat betrekking op de

- A. Ingangsweerstand
- B. Versterkingsfactor
- C. Steilheid
- D. Inwendige weerstand

(F-examen januari 2009, maart 2010, september 2013 (1), mei 2015 (1), 15-05-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 8.4.55 Opgave 8-55

De steilheid van een buis wordt uitgedrukt in

- A. graden
- B. hellingspercentage
- C. mA/V
- D. k $\Omega$ /V

(F-examen november 2009, januari 2010, september 2015, 2-11-2016, maart 2017, 24-05-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking








### 8.4.56 Opgave 8-56

Wanneer van een triode de roosterspanning meer negatief wordt gemaakt ten opzichte van de kathode, zal de

- A. Anodespanning afnemen
- B. Anodestroom afnemen
- C. Roosterstroom toenemen
- D. Anodestroom toenemen

(F-examen najaar 2006, januari 2009, oktober 2010, mei 2011 (1), mei 2013 (2), september 2014 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




### 8.4.57 Opgave 8-57

De steilheid van een triode wordt uitgedrukt in mA/V.

Deze mA en V hebben betrekking op variaties in de:

- A. Anodestroom en roosterspanning
- B. Roosterstroom en roosterspanning
- C. Roosterstroom en anodespanning
- D. Anodestroom en anodespanning

(F-examen augustus 2010, 07-09-2016, 01-03-2017, 01-11-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 8.4.58 Opgave 8-58

Stelling 1:

De anode-roostercapaciteit van een triode is veel kleiner dan van een penthode

Stelling 2:

De elektronenstroom in een triode loopt van het rooster naar de anode.

Wat is juist:

- A. Geen van beide stellingen
- B. Alleen stelling 2
- C. Alleen stelling 1
- D. Stelling 1 en 2

(F-examen december 2008, februari 2009, april 2009, maart 2011 (2), mei 2011 (3), september 2009, mei 2016 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 8.4.59 Opgave 8-59

De  $I_a - U_a$  karakteristiek van een triode geeft het verband aan tussen

- A. Anodestroom en anodespanning
- B. Roosterstroom en anodespanning
- C. Roosterstroom en roosterspanning
- D. Anodestroom en roosterspanning

(F-examen voorjaar 2006)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






### 8.4.60 Opgave 8-60

De versterkingsfactor van een buis wordt bepaald door:

- A. De grootte van de anodespanning bij een constante anodestroom
- B. De verhouding tussen anodespanningsvariatie en roosterspanningsvariatie bij constante anodestroom
- C. De verhouding tussen de negatieve roosterspanning en de anodespanningsvariatie bij een bepaalde anodestroom
- D. De verhouding van de anodestroom en de negatieve roosterspanning

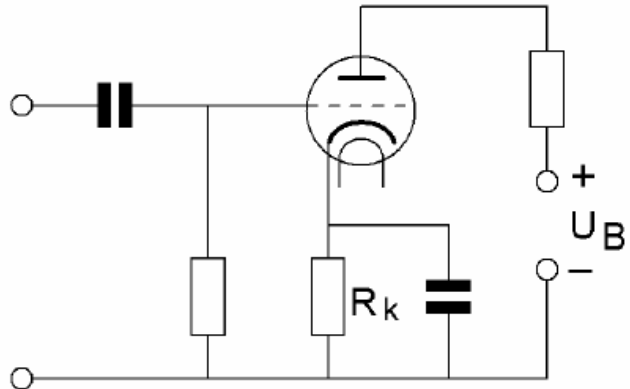
(F (C)-examen voorjaar 1975)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 


**8.4.61 Opgave 8-61**

De weerstand  $R_k$  zorgt voor de:

- A. Wisselstroomontkoppeling
- B. Wisselstroomtegenkoppeling
- C. Impedantieaanpassing
- D. Gelijkstroominstelling



(F-examen april 2008, januari 2011, maart 2011 (1))

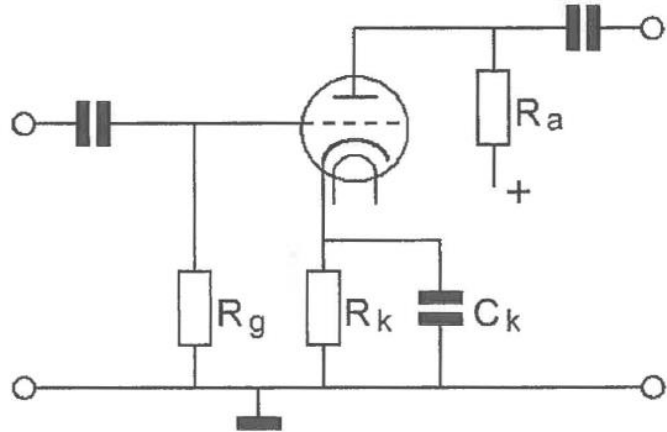
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**8.4.62 Opgave 8-62**

De gelijkspanning tussen rooster en kathode van de triode wordt bepaald door de:

- A. Ontkoppelcondensator  $C_k$
- B. Roosterlekweerstand  $R_g$
- C. Anodestroom en kathodeweerstand  $R_k$
- D. Rooster-kathodecapaciteit

(F-examen januari 2011)

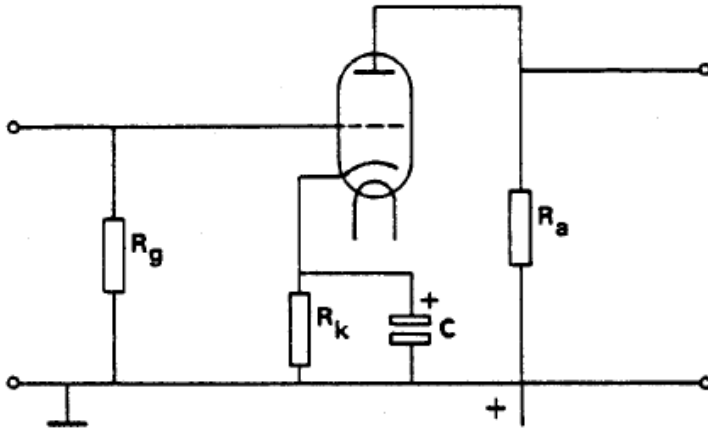


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




**8.4.63 Opgave 8-63**

Als in de getekende schakeling de condensator  $C$  wordt vervangen door een exemplaar met een veel kleinere capaciteitswaarde, is het effect:



- A. Een grotere versterking uitsluitend voor de laagste frequenties
- B. Een kleinere versterking voor alle frequenties
- C. Een kleinere versterking uitsluitend voor de laagste frequenties
- D. Een kleinere versterking uitsluitend voor de hoogste frequenties

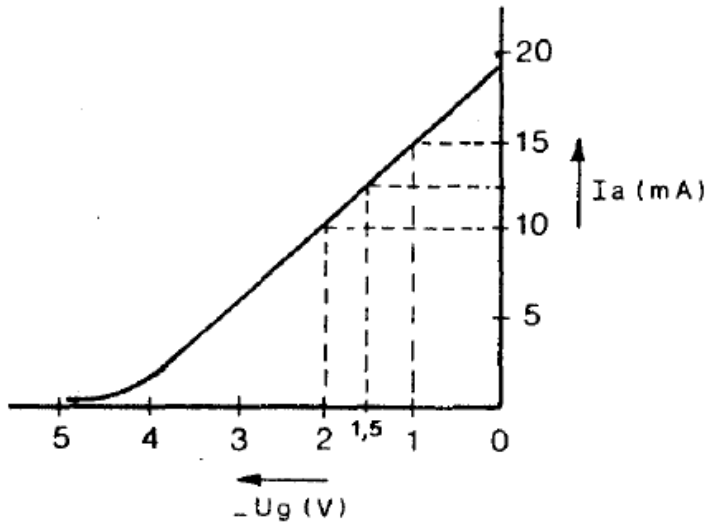
(F-examen najaar 1978)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



**8.4.64 Opgave 8-64**


In de figuur is de  $I_a - U_g$  karakteristiek van een triode weergegeven.



De steilheid bij  $U_g = -1,5$  V is:

- A. 50 mA/V
- B. 10 mA/V
- C. 5 mA/V
- D. 1 mA/V

(F-examen najaar 1977)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



## 8.5 Uitwerkingen

### 8.5.51 Uitwerking van Opgave 8-51

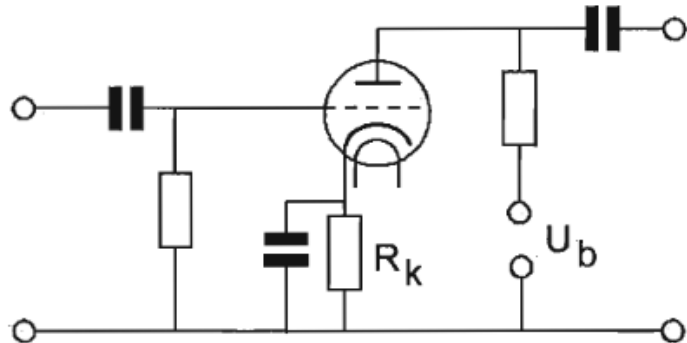
$R_k$  wordt berekend uit de waarden

- A.  $U_g$  en  $I_a$
- B.  $U_g$  en  $I_g$
- C.  $U_a$  en  $I_a$
- D.  $U_b$  en  $I_a$

#### Uitwerking

Eerst wat symbolen repeteren. Ze vallen onder de exameneisen. In alfabetische volgorde:

- $I_a$  anodestroom
- $I_g$  roosterstroom
- $U_a$  anodespanning
- $U_b$  voedingsspanning
- $U_g$  roosterspanning (eigenlijk de spanning tussen rooster en kathode)



De kathodeweerstand  $R_k$  dient om het rooster negatief te maken ten opzichte van de kathode. Eigenlijk wordt de kathode positief gemaakt ten opzichte van het rooster. Dat komt op hetzelfde neer.  $R_k$  bereken je uit de vereiste negatieve roosterspanning  $U_g$  en de stroom door  $R_k$ . Die stroom is gelijk aan de anodestroom  $I_a$ . Antwoord A wordt het dus.

#### Opmerkingen

$U_g$  zou hier eigenlijk  $U_{gk}$  genoemd moeten worden, omdat het hier gaat om de spanning tussen rooster en kathode die de elektronenstroom stuurt. Tenslotte spreken we bij een J-FET doorgaans ook over  $U_{gs}$  als we de gatespanning bedoelen.

Antwoord B: Het rooster van een triodeversterker moet negatief zijn ten opzichte van de kathode. Dan loopt er geen roosterstroom en valt daaruit niets te berekenen.

Antwoord C: De anodespanning is niet van invloed op de kathodeweerstand.

Antwoord D: De voedingsspanning is niet van invloed op de kathodeweerstand.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 8.5.52 Uitwerking van Opgave 8-52

Stelling 1: De anodestroom van een triode is afhankelijk van de roosterspanning.

Stelling 2: De anodestroom van een triode is afhankelijk van de anodespanning

Wat is juist

- A. Alleen stelling 2
- B. Alleen stelling 1
- C. Geen van beide stellingen
- D. **Stelling 1 en 2.**

### Analyse en oplossing

Stelling 1 is ontegenzeggelijk waar, want de roosterspanning regelt de grootte van de stroom door de buis via de steilheid  $S$ . Daarmee vervallen de antwoorden A en C.

En stelling 2? De anodespanning is ook van invloed op de anodestroom, maar die invloed is veel kleiner dan die van de roosterspanning. Zou de invloed van de anodespanning op de anodestroom nul zijn, dan hebben we de eerste buis ter wereld met een oneindige inwendige weerstand te pakken en die moet nog steeds worden uitgevonden. Dus geldt stelling 2 wel degelijk ook.

Dan blijft antwoord D als enige over.

### Opmerking

Ooit werd bij dit vraagstuk antwoord B als goed beschouwd. Dat is later terecht gecorrigeerd. Ook een examinerator kan wel eens verstrikt raken in zijn eigen vragen...



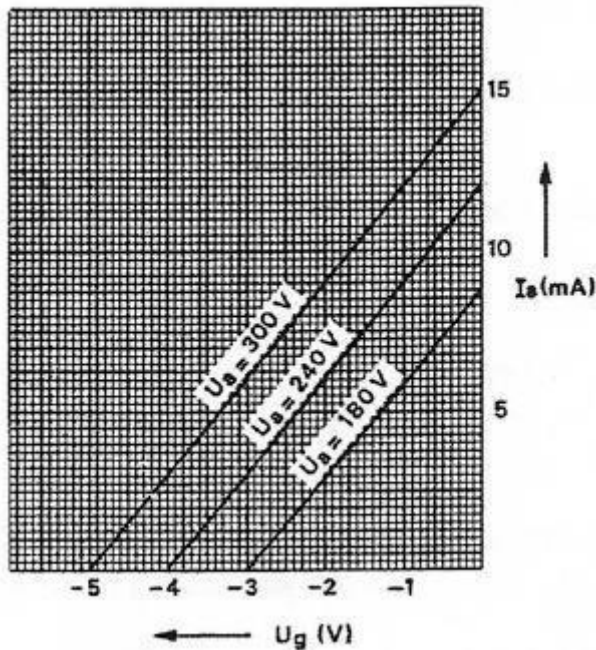
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 8.5.53 Uitwerking van Opgave 8-53

De grafiek geeft enkele karakteristieken van een triode weer. De steilheid van deze buis is ongeveer:



- A. 4 mA/V
- B. 2 mA/V
- C. 3 mA/V
- D. 1 mA/V

#### Uitwerking

De grafieken zijn recht en evenwijdig. Het maakt daarom niet uit welke je afleest of welk deel van de grafiek je gebruikt. De gemakkelijkste is dan die van  $U_a=300\text{V}$ . We nemen voor het gemak de hele grafiek. Maar elke andere is ook goed. We zien dat bij  $U_a=300\text{ V}$  een roosterspanning  $U_g=0\text{ V}$  leidt tot een anodestroom  $I_a=15\text{ mA}$  en dat dan voor  $U_g=-5\text{ V}$  de anodestroom 0 is. Dat betekent  $15\text{ mA}/5\text{ V} = 3\text{ mA/V}$ . Antwoord C dus.

#### Opmerking

In werkelijkheid is dit soort karakteristieken nooit helemaal recht. Dan hoort bij elke waarde van  $U_g$  een andere steilheid. Die lees je af door aan weerskanten van het afleespunt een klein stukje grafiek te nemen, de bijbehorende verandering van  $U_g$  en die van  $I_a$  af te lezen en daaruit de steilheid te berekenen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 8.5.54 Uitwerking van Opgave 8-54

Als van een elektronenbuis een gegeven wordt uitgedrukt in een aantal mA/V, dan heeft dat betrekking op de

- A. Ingangsweerstand
- B. Versterkingsfactor
- C. **Steilheid**
- D. Inwendige weerstand

#### Uitwerking

Bij een elektronenbuis kan de anodestroom  $I_a$  worden gevarieerd door de spanning  $U_{g1}$  tussen kathode en stuurrooster te laten variëren. De mate waarin de stroom varieert onder invloed van de roosterspanning, heet de *steilheid*. Deze grootte wordt aangegeven in mA/V. Antwoord C is dus het juiste.

#### Opmerking

De andere veelgebruikte buisgrootte in het rijtje is de inwendige weerstand  $R_i$ . Die gaat meestal in  $k\Omega$  en beschrijft de verandering van de anodestroom  $I_a$  onder invloed van de anodespanning  $U_a$ .  $k\Omega$  is hetzelfde als V/mA, dus het omgekeerde van steilheid.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 8.5.55 Uitwerking van Opgave 8-55

De steilheid van een buis wordt uitgedrukt in

- A. graden
- B. hellingspercentage
- C. mA/V
- D. kΩ/V

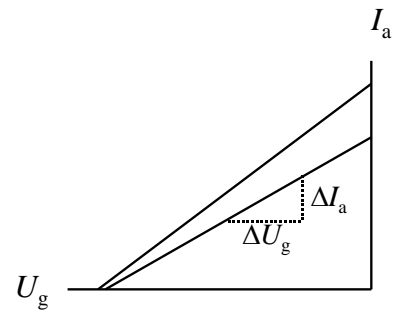
#### Uitwerking

De steilheid  $S$  van een buis is de verhouding van een verandering van de roosterspanning  $U_g$  en de bijbehorende verandering van de anodestroom  $I_a$ . In de wiskunde gebruik je voor verandering van een grootte het symbool  $\Delta$ , de Griekse hoofdletter D. Spreek uit: delta. Dan ziet wat we net in woorden hebben weergegeven er als vergelijking zo uit:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g}$$

In de figuur hiernaast met twee geïdealiseerde steilheidsgrafieken is dat weergegeven in de onderste grafiek.

Hierin krommer de steilheidsgrafiek, des te kleiner moet je de  $\Delta$ 's nemen voor een goede benadering. De wiskunde heeft daar (natuurlijk) iets voor, maar voor een zendcursus gaat dat veel te ver.



Met de vergelijking van antwoord C erbij voel je hem natuurlijk al aankomen:  $I$  gaat in mA en  $U$  in V. Antwoord C dus.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 8.5.56 Uitwerking van Opgave 8-56

Wanneer van een triode de roosterspanning meer negatief wordt gemaakt ten opzichte van de kathode, zal de

- A. Anodespanning afnemen
- B. Anodestroom afnemen**
- C. Roosterstroom toenemen
- D. Anodestroom toenemen

#### Uitwerking

De stroom door een radiobuis bestaat uit elektronen die zich van kathode naar anode verplaatsen. Elektronen zijn negatief geladen. Een negatieve spanning op een rooster tussen kathode en anode remt de elektronenstroom af. Dat effect is sterker, naarmate de roosterspanning meer negatief is ten opzichte van de kathode. De anodestroom neemt dus af, naarmate de roosterspanning ten opzichte van de kathode meer negatief is. Antwoord B. Elke steilheidskarakteristiek van een triode ( $I_a / U_g$ -grafiek, zie cursustekst) laat dit zien.

#### Opmerkingen

Als bij een bus de anodestroom daalt, daalt ook de kathodestroom. Bij antwoord B had daarom ook “kathodestroom” in plaats van “anodestroom” mogen staan.

De anodespanning zal in de gegeven situatie niet veranderen, tenzij er een anodeweerstand is. Dat laatste moet dan wel in de gegevens staan.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





**8.5.57 Uitwerking van Opgave 8-57**

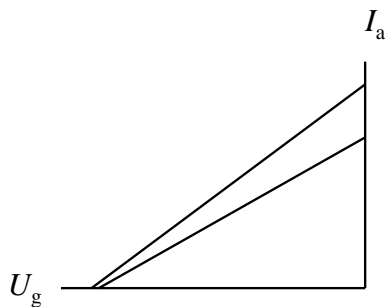
De steilheid van een triode wordt uitgedrukt in mA/V.

Deze mA en V hebben betrekking op variaties in de:

- A. Anodestroom en roosterspanning
- B. Roosterstroom en roosterspanning
- C. Roosterstroom en anodespanning
- D. Anodestroom en anodespanning

**Oplossing**

In een buis varieert de stroom door de buis onder invloed van de spanning tussen rooster en kathode. De grafiek hieronder geeft dat verband in geïdealiseerde vorm aan.



Dezelfde grafiek vind je in de uitwerking van Opgave 8-55. Het verband verschilt per buistype. Vandaar dat de grafiek twee schuine lijnen bevat. De een is steiler dan de andere. Het weergegeven verband heet dan ook niet voor niets de *steilheid*. De roosterspanning  $U_g$  staat op de horizontale as, de anodestroom  $I_a$  op de verticale as. Daarmee is het antwoord eigenlijk al gegeven. De mA staan voor de anodestroom en de V voor de roosterspanning (strikt genomen: de spanning tussen rooster en kathode).  
Antwoord A dus.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 8.5.58 Uitwerking van Opgave 8-58

Stelling 1:

De anode-roostercapaciteit van een triode is veel kleiner dan van een penthode

Stelling 2:

De elektronenstroom in een triode loopt van het rooster naar de anode.

Wat is juist:

- A. Geen van beide stellingen
- B. Alleen stelling 2
- C. Alleen stelling 1
- D. Stelling 1 en 2

#### Uitwerking

Voor stelling 1: De anode-roostercapaciteit is bij een triode veel groter dan bij een penthode. Bij een penthode zit tussen anode en stuurrooster het schermrooster dat is ontkoppeld voor het frequentiegebied waarin de buis moet werken. Daardoor vormt het een capacatieve afscherming, waardoor de effectieve capaciteit tussen stuurrooster sterk wordt beperkt in vergelijking met de triode. Stelling 1 is dus onjuist.

Voor stelling 2: De elektronenstroom loopt in een triode van de negatieve kathode naar de positieve anode. Het rooster is licht negatief en remt de elektronenstroom af en is zelf geen elektronenbron. Stelling 2 deugt dus ook niet. Maar kijk ook even bij de opmerking.

Conclusie: antwoord A is het juiste antwoord.

#### Opmerking

De elektronenstroom is van kathode naar anode. Die stroom passeert het rooster en in die zin is er een stroom van rooster naar anode. Hij komt alleen niet *uit* het rooster. Dat is in deze vraag een ongewenste onduidelijkheid. Maar..... er kunnen zich wel degelijk elektronen uit een rooster losmaken en zich naar de anode verplaatsen Dat zijn er heel weinig, maar ze bestaan. Alleen gaat de onderliggende natuurkunde voor een zendexamen (veel) te ver. Bovendien is er nog een proces. De kathode van een buis is bedekt met materiaal dat de emissie van elektronen vergemakkelijkt. Naarmate een buis ouder wordt, kan wat van dat materiaal op het rooster terecht komen, waardoor elektronen gemakkelijker het rooster verlaten en richting anode gaan. Zo kan stelling 2 dus *wel* waar zijn. Deze vraag had daarom eigenlijk niet of niet in deze vorm gesteld mogen worden.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 8.5.59 Uitwerking van Opgave 8-59

De  $I_a - U_a$  karakteristiek van een triode geeft het verband aan tussen

- A. Anodestroom en anodespanning
- B. Roosterstroom en anodespanning
- C. Roosterstroom en roosterspanning
- D. Anodestroom en roosterspanning

#### Uitwerking

Bij beide grootheden  $I_a$  en  $U_a$  staat de “a” van anode aan de voet van het symbool voor de grootheden  $I$  en  $U$ . Dat alleen is voldoende om vast te stellen dat het om anodestroom en anodespanning gaat. Dat leidt tot antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 8.5.60 Uitwerking van Opgave 8-60

De versterkingsfactor van een buis wordt bepaald door:

- A. De grootte van de anodespanning bij een constante anodestroom
- B. De verhouding tussen anodespanningsvariatie en roosterspanningsvariatie bij constante anodestroom
- C. De verhouding tussen de negatieve roosterspanning en de anodespanningsvariatie bij een bepaalde anodestroom**
- D. De verhouding van de anodestroom en de negatieve roosterspanning

#### Uitwerking

De versterkingsfactor  $\mu$  of  $A$  van een buis is de verhouding tussen de wisselspanningscomponent over de anodeweerstand en die op het stuurrooster. In vergelijkingvorm:

$$A = \frac{i_a R_a}{u_g}$$

De kleine letters staan voor de wisselspanning en -stroom. De verhouding  $i_a/u_g$  is de steilheid  $S$  bij de anodestroom van dat moment. Dan komen we uit op antwoord C. B lijkt ook in de richting te komen, maar de “constante anodestroom” past niet bij versterking, want daarbij is de anodestroom een onzuivere wisselstroom.

#### Opmerking

Naar de (on)bescheiden mening van de schrijver is dit één van de minder heldere examenopgaven die gelukkig maar één keer is gebruikt (maar voor de toekomst weet je het maar nooit).



Terug naar de opgave

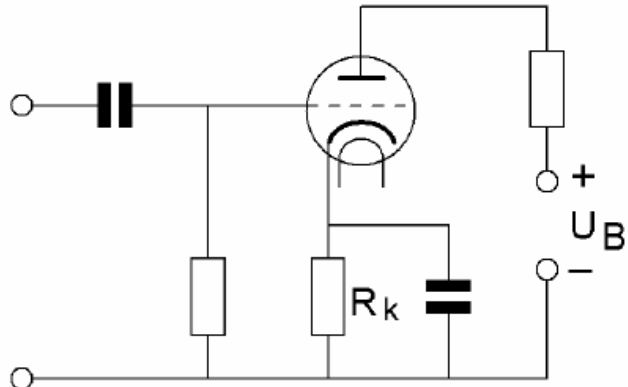
Naar de volgende opgave



### 8.5.61 Uitwerking van Opgave 8-61

De weerstand  $R_k$  zorgt voor de:

- A. Wisselstroomontkoppeling
- B. Wisselstroomtegenkoppeling
- C. Impedantieaanpassing
- D. **Gelijkstroominstelling**



#### Uitwerking

Meestal gaan opgaven met dit soort schema's over de ont-koppelcondensator die parallel staat aan  $R_k$ . Nu is de weerstand zelf aan de beurt. Die heeft maar één doel: de roosterspanning negatief maken ten opzichte van de kathode. Dat gebeurt door de kathodespanning positief te maken ten opzichte van die van het rooster, wat op hetzelfde neerkomt. Dat betekent dat de weerstand de gelijkstroominstelling van de buis bepaalt. Antwoord D.

#### Opmerking

De condensator is bedoeld om de versterkingsvermindering die het gevolg is van de aanwezigheid van  $R_k$ , voor wisselspanning vrijwel teniet ten doen.



Terug naar de opgave

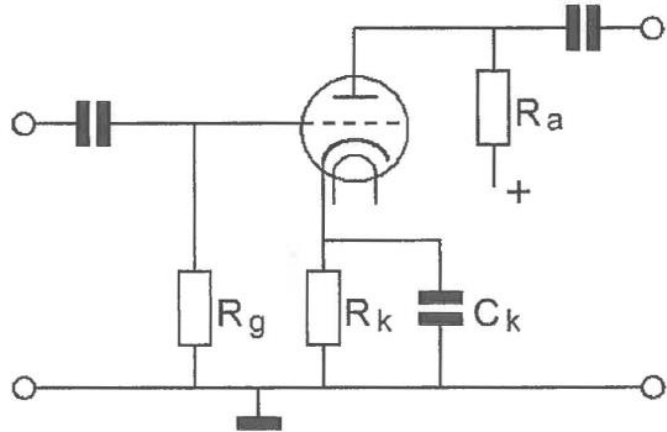
Naar de volgende opgave



### 8.5.62 Uitwerking van Opgave 8-62

De gelijkspanning tussen rooster en kathode van de triode wordt bepaald door de:

- A. Ontkoppelcondensator  $C_k$
- B. Roosterlekweerstand  $R_g$
- C. **Anodestroom en kathodeweerstand  $R_k$**
- D. Rooster-kathodecapaciteit



#### Uitwerking

Door de buis loopt een elektronenstroom van kathode naar anode. Via de kathode komen de elektronen de buis binnen en verlaten deze weer via de anode. Anode- en kathodestroom zijn daarom gelijk.

De spanning over  $R_k$  is daarom gelijk aan de roosterspanning, want door  $R_g$  loopt normaal gesproken geen stroom. Deze weerstand moet alleen het rooster aan massa (0 V) leggen. Kathode-/anodestroom en  $R_k$  bepalen daardoor de gelijkspanning tussen rooster en kathode. Antwoord C is dus goed.

#### Opmerkingen

Strikt genomen verschillen anode- en kathodestroom van teken. De één is de buis in, de ander de buis uit.

Omdat de elektronen zich van kathode naar anode bewegen, is de technische stroomrichting van anode naar kathode (van plus naar min).



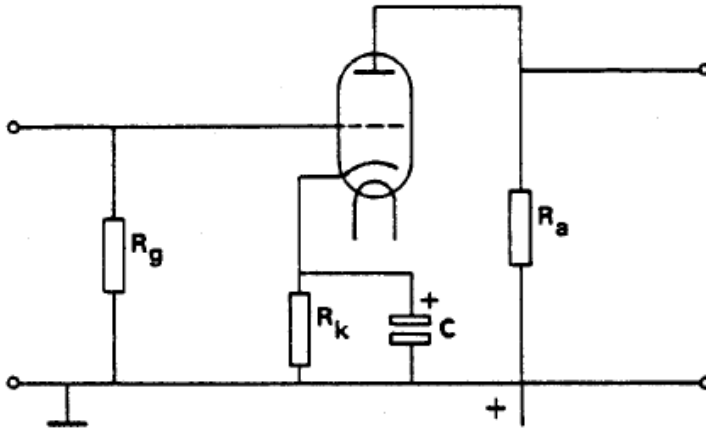
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 8.5.63 Uitwerking van Opgave 8-63

Als in de getekende schakeling de condensator  $C$  wordt vervangen door een exemplaar met een veel kleinere capaciteitswaarde, is het effect:



- A. Een grotere versterking uitsluitend voor de laagste frequenties
- B. Een kleinere versterking voor alle frequenties
- C. Een kleinere versterking uitsluitend voor de laagste frequenties**
- D. Een kleinere versterking uitsluitend voor de hoogste frequenties

#### Uitwerking

Een kathodeweerstand vermindert effectief de steilheid van een buis en daarmee de versterking. Dat geldt in beginsel voor alle frequenties.

Een ontkoppelcondensator doet dat effect sterker teniet, naarmate zijn reactantie lager is, dus de capaciteit hoger. Is de reactantie aanzienlijk lager dan  $R_k$ , dan is de condensator vrijwel volledig bepalend voor de versterking.

$C$  en  $R_k$  fungeren samen als een hoogdoorlaatfilter: een lagere impedantie naarmate de frequentie hoger is. Hoe hoger de frequentie, des te hoger is de versterking. Daaraan zit een beperking en dat is de steilheid van de buis zelf. Als de impedantie van  $C$  en  $R_k$  ten opzichte van de steilheid weinig meer voorstelt, wordt de impedantieverandering met verder toenemende frequentie verwaarloosbaar.

Bij verminderde  $C$  wordt een groter gebied van lage frequenties minder versterkt doordat de impedantie van  $C$  en  $R_k$  voor dat frequentiegebied hoger is. Antwoord C.

#### Opmerking

Heel strikt genomen geldt de kleinere versterking bij lagere capaciteit van  $C$  voor alle frequenties, alleen voor de hoogste stelt die nauwelijks iets voor.



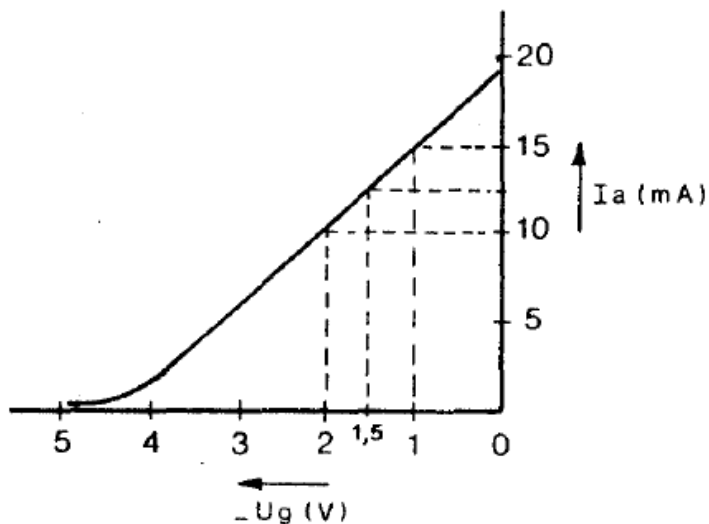
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 8.5.64 Uitwerking van Opgave 8-64

In de figuur is de  $I_a - U_g$  karakteristiek van een triode weergegeven.



De steilheid bij  $U_g = -1,5$  V is:

- A. 50 mA/V
- B. 10 mA/V
- C. 5 mA/V
- D. 1 mA/V

#### Uitwerking

In de grafiek is  $U_g = -1,5$  V aangegeven, midden tussen -2 V en -1 V. Dat is een tussenruimte van 1 V, zodat we alleen de bijbehorende waarden op de verticale as hoeven af te lezen. Dat is een kwestie van stippellijnen volgen. Die komen uit op de punten voor 10 mA en 15 mA, Verschil: 5 mA. De steilheid is dan 5 mA/V, antwoord C.



Terug naar de opgave

Dit is het eind van de opgaven bij Hoofdstuk 8