



Inhoudsopgave

9	25 uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 9	9-3
9.1	Waarvoor dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?	9-3
9.2	Enkele opmerkingen	9-4
9.3	Formularium	9-4
9.3.1	Algemeen	9-4
9.3.2	Belastingslijnen	9-5
9.3.3	Koppeling van versterkers	9-5
9.3.4	Klassen van instelling van versterkers	9-6
9.4	Opgaven	9-9
9.4.1	Opgave 9-1	9-10
9.4.2	Opgave 9-2	9-11
9.4.3	Opgave 9-3	9-12
9.4.4	Opgave 9-4	9-13
9.4.5	Opgave 9-5	9-14
9.4.6	Opgave 9-6	9-15
9.4.7	Opgave 9-7	9-16
9.4.8	Opgave 9-8	9-17
9.4.9	Opgave 9-9	9-18
9.4.10	Opgave 9-10	9-19
9.4.11	Opgave 9-11	9-20
9.4.12	Opgave 9-12	9-21
9.4.13	Opgave 9-13	9-22
9.4.14	Opgave 9-14	9-23
9.4.15	Opgave 9-15	9-24
9.4.16	Opgave 9-16	9-25
9.4.17	Opgave 9-17	9-26
9.4.18	Opgave 9-18	9-27
9.4.19	Opgave 9-19	9-28
9.4.20	Opgave 9-20	9-29
9.4.21	Opgave 9-21	9-30



9.4.22	Opgave 9-22	9-31
9.4.23	Opgave 9-23	9-32
9.4.24	Opgave 9-24	9-33
9.4.25	Opgave 9-25	9-34
9.5	Uitwerkingen	9-35
9.5.1	Uitwerking van Opgave 9-1	9-36
9.5.2	Uitwerking van Opgave 9-2	9-37
9.5.3	Uitwerking van Opgave 9-3	9-38
9.5.4	Uitwerking van Opgave 9-4	9-39
9.5.5	Uitwerking van Opgave 9-5	9-40
9.5.6	Uitwerking van Opgave 9-6	9-41
9.5.7	Uitwerking van Opgave 9-7	9-42
9.5.8	Uitwerking van Opgave 9-8	9-43
9.5.9	Uitwerking van Opgave 9-9	9-44
9.5.10	Uitwerking van Opgave 9-10	9-45
9.5.11	Uitwerking van Opgave 9-11	9-46
9.5.12	Uitwerking van Opgave 9-12	9-47
9.5.13	Uitwerking van Opgave 9-13	9-48
9.5.14	Uitwerking van Opgave 9-14	9-49
9.5.15	Uitwerking van Opgave 9-15	9-50
9.5.16	Uitwerking van Opgave 9-16	9-51
9.5.17	Uitwerking van Opgave 9-17	9-52
9.5.18	Uitwerking van Opgave 9-18	9-53
9.5.19	Uitwerking van Opgave 9-19	9-54
9.5.20	Uitwerking van Opgave 9-20	9-55
9.5.21	Uitwerking van Opgave 9-21	9-56
9.5.22	Uitwerking van Opgave 9-22	9-57
9.5.23	Uitwerking van Opgave 9-23	9-58
9.5.24	Uitwerking van Opgave 9-24	9-59
9.5.25	Uitwerking van Opgave 9-25	9-60



9 25 uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 9

9.1 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 9 hebt opgedaan, kunt toetsen aan echte examenvragen. Het is dan ook examentraining.

Het aantal examenvragen is in vergelijking met andere hoofdstukken vrij klein. Dat komt doordat het onderwerp van dit hoofdstuk verwerkt zit in examenvragen voor volgende hoofdstukken, waarvoor ook kennis van die hoofdstukken nodig is. Denk dus niet dat dit hoofdstuk onbelangrijk is.

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. Bedenk dat sinds begin 2000 ongeveer 1400 verschillende examenvragen zijn gesteld. Die weg is daarom tijdrovend en de slagingskans klein. Bedenk ook dat examenvragen die op elkaar lijken, vaak niet precies aan elkaar gelijk zijn, 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.

Wel verwachten de schrijvers dat de opgedane kennis door het bestuderen en maken van de vragen scherper in je hoofd wordt geprent dan zonder examentraining. Want training is het natuurlijk wel.

Advies: maak in elk geval eerst de opgaven die in de volledige tekst van het leerhoofdstuk staan. In de verkorte versies staan geen opgaven. Loop daarna de verkorte versie nog een keer door om te zien of alles bekend is. Begin pas dan 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 het antwoord toch 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. Het goede antwoord is **vetgedrukt**. Daarna volgt de eigenlijke uitwerking, soms gevolgd door een of meer opmerkingen. De gegeven uitwerking hoeft niet de enig juiste te zijn. Het is niet ongewoon dat een andere weg ook tot een goed antwoord leidt.

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 kun je er met één muisklik weer naartoe. Voor wie om wat voor reden ook alleen geïnteresseerd is in de uitwerkingen: je kunt alle uitwerkingen ook achter elkaar doorlezen in paragraaf 9.5.

9.2 Enkele opmerkingen

Bij elke opgave is vermeld, in welke examens de opgave is voorgekomen. 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). Een enkele keer staat er (3). Dat was dan een extra volle examenmaand. Als er in een maand maar één examen is geweest, is er geen aanduiding. Soms staat er in plaats daarvan een volledige datum. Vóór het jaar 2008, waren er maar twee examens per jaar, het voorjaars- en najaarsexamen.

Het kan voorkomen dat een opgave jarenlang niet meer is gebruikt en bijvoorbeeld 10 jaar of nog meer later, plotseling weer opduikt. Denk dus niet dat een opgave die 15 jaar geleden voor het laatst in een examen zat, nooit 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. Het verstandigste is, nergens op te rekenen. Ga ervanuit dat elke opgave terug kan komen.

Voorafgaand aan de opgaven volgt nu een formularium. Dat is een overzicht van vergelijkingen (“formules”), schema’s en andere zaken. We raden aan, dit eerst door te nemen, maar wie zich zeker genoeg voelt, kan natuurlijk ook meteen naar de opgaven gaan. Elke cursist is eigen baas.

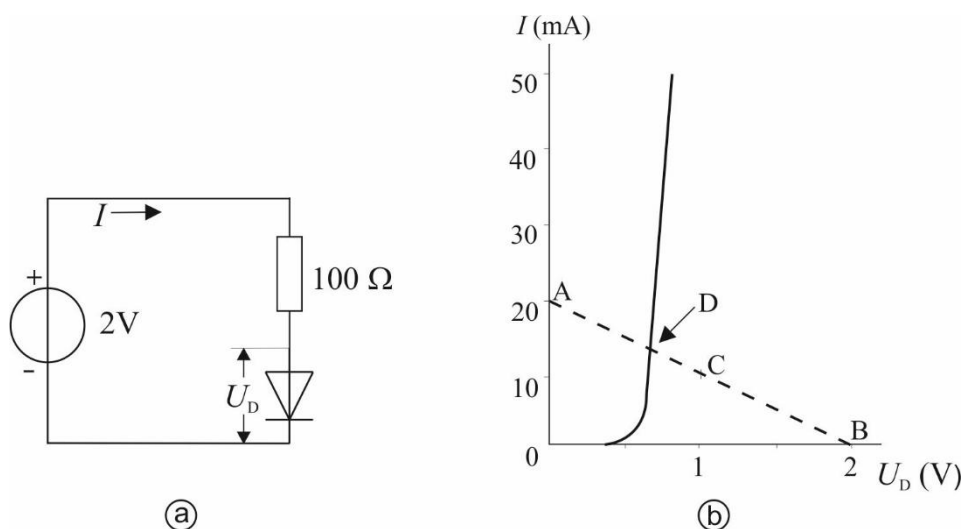
9.3 Formularium

9.3.1 Algemeen

In dit formularium komen geen vergelijkingen voor, hoewel de kop anders suggereert. Dat komt doordat die bij dit onderwerp in de cursustekst ook schaars zijn.

9.3.2 Belastingslijnen

Neem een grafiek van een schakeling met diode of versterkend element, waarin een of meer verbanden worden weergegeven tussen de stroom door en de spanning over de schakeling. In zo'n grafiek is een belastingslijn een rechte tussen het punt op de as voor de spanning waarbij de stroom 0 wordt en het punt op de as voor de stroom waarbij de spanning 0 is. De streepjeslijn in Figuur 9.3-1 is daarvan een voorbeeld.



Figuur 9.3-1. Schakeling van spanningsbron, diode en weerstand (links) en de bijbehorende diodekarakteristiek met getrokken lijn en de gestippelde belastingslijn (rechts).

De bijbehorende schakeling staat links in de figuur. De streepjeslijn snijdt de diodekarakteristiek in punt D. D is het *werkpunt* van de schakeling. De ligging van D wordt bepaald door de schakeling. Vervang de weerstand van 100 ohm door 50 ohm en de belastingslijn loopt van 2V op de horizontale as naar 40 mA op de verticale as in plaats van 20 mA in de figuur. Het nieuwe snijpunt geeft de nieuwe bijbehorende combinatie van spanning over en stroom door de diode, ofwel het nieuwe werkpunt.

Zo wordt ook bij versterkende elementen het werkpunt bepaald door de karakteristieken van het element enerzijds en de aan het element gekoppelde weerstanden anderzijds. Omgekeerd kan een werkpunt zo worden gekozen dat het ongeveer midden op de karakteristiek ligt, zodat er ongeveer evenveel ruimte boven en onder het werkpunt zit, zodat een zo groot mogelijke wisselspanning nog redelijk lineair kan worden versterkt. De weerstanden worden dan berekend op basis van de stroom en spanningen die bij het werkpunt horen.

9.3.3 Koppeling van versterkers

Er zijn drie hoofdsoorten

- Weerstandskoppeling
- Smoorspoelkoppeling
- Transformatorkoppeling



Bij a. en b. dienen weerstand, resp. smoorspoel, om stroom om te zetten in spanning. De eigenlijke spanningskoppeling vindt plaats via een condensator. Bij LF-versterkers met FET of buis ligt de capaciteit in de orde van tientallen of honderd(en) nF. meestal met kunststof-diëlektricum. Bij de relatief hoge ingangsimpedantie van dit soort elementen is dat vrijwel altijd genoeg. Bij bipolaire transistoren (dus NPN of PNP) is de ingangsimpedantie lager en vind je elco's, meestal in de orde van tientallen μF .

Weerstandskoppeling vind je in hoofdzaak in audioversterkers (LF dus). Die moeten breedbandig zijn in vergelijking met hun werkfrequenties. Een weerstand geeft een frequentie-onafhankelijke omzetting van spanning naar stroom.

Een smoorspoel zet een wisselstroom om in een wisselspanning, waarbij de spanning hoger is naarmate de frequentie hoger is. Daarom vind je dit type koppeling niet in LF-versterkers, maar wel in HF, waarbij de vereiste bandbreedte klein is ten opzichte van de frequentie. Vaak is de spoel opgenomen in een LC-kring.

Dit laatste geldt ook voor transformator koppeling die je dan ook hoofdzakelijk in HF-schakelingen vindt. In LF-schakelingen werd dit type koppeling lang geleden ook wel toegepast. Door de benodigde grootte (en zwaarte) van de trafo komt bij LF deze manier van koppelen eigenlijk niet meer voor, behalve heel zelden in balanseindtrappen.

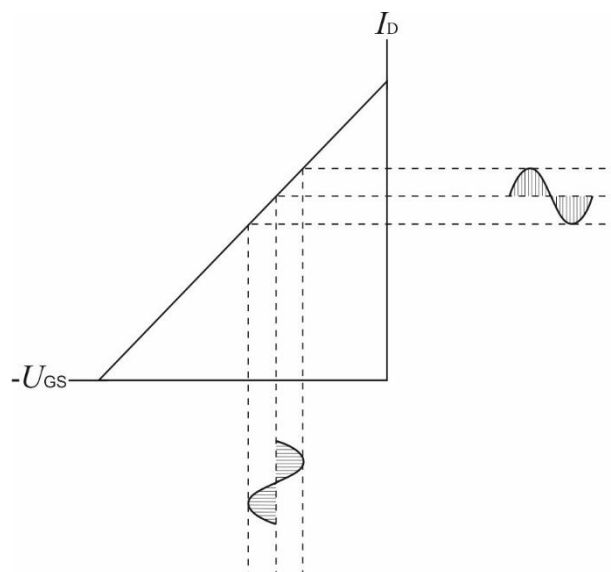
9.3.4 Klassen van instelling van versterkers

We onderscheiden de klassen A, B, AB en C.

Klasse A is de “normale” versterkerschakeling met werkpunt ergens op het midden van de belastingslijn. Kenmerken:

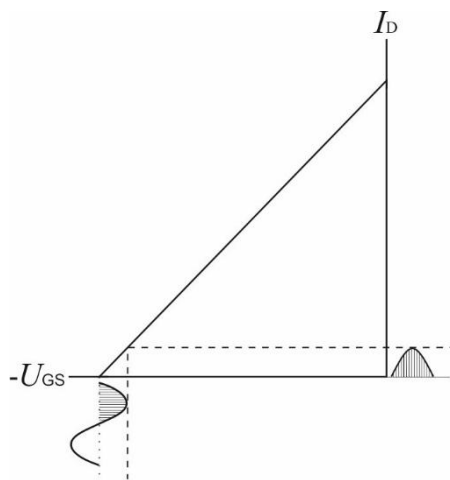
- De opgenomen gelijkstroom blijft met en zonder signaal ongeveer gelijk
- De vervorming is klein
- Toepassing in zowel HF- als LF-versterkerschakelingen
- Vermogensrendement hooguit 25 %.

Steilheidsgrafiek voor een N-FET (Figuur 9.3-2):



Figuur 9.3-2. Geïdealiseerde voorstelling van een steilheidsgrafiek voor een N-FET in Klasse A. De steilheidsgrafiek is in werkelijkheid krom.

In klasse B ligt het werkpunt bij het afknijppunt. Dat is de plaats waar de steilheidskarakteristiek op de horizontale as eindigt (Figuur 9.3-3).

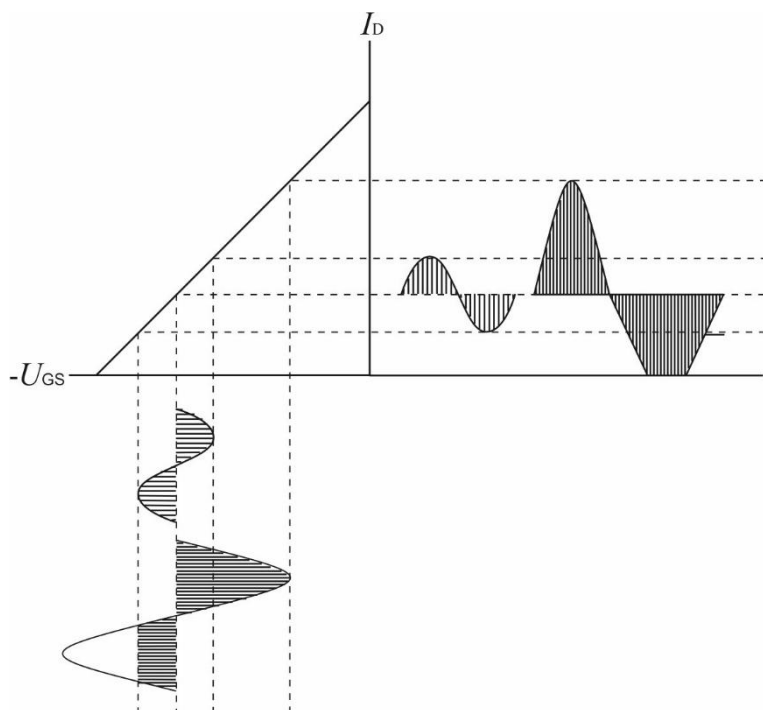


Figuur 9.3-3. Steilheidsgrafiek voor een N-FET in Klasse B.

Alleen de positieve periodehelft wordt versterkt (bij een PNP-transistor is dat de negatieve periodehelft). Het versterkende element voert zonder signaal en gedurende de negatieve periodehelft geen stroom (bij een PNP-transistor de positieve periodehelft). Zo wordt het rendement verhoogd tot ongeveer 50%. De prijs is vervorming. Voor een smalbandige HF-versterker is dat niet altijd erg; met één of meer filters achter het versterkende element wordt de oorspronkelijke sinus gerestaureerd.

In LF-versterkerschakelingen komt klasse B voor in de vorm van een balansschakeling met twee (vrijwel) gelijke elementen waarbij de één de positieve en de ander de negatieve periodehelft versterkt.

Klasse AB ligt tussen A en B in. De negatieve periodehelft wordt nog een beetje meegenomen, de positieve volledig. Voor klein signaal is het klasse A, naarmate de amplitude groter is, steeds meer klasse B. Het rendement hangt af van het karakter: dichter bij A (lager) of dichter bij B (hoger). Zie Figuur 9.3-4.



Figuur 9.3-4. Steilheidsgrafiek voor een N-kanaals FET in Klasse AB. Voor kleine signalen is dit klasse A, voor grote vrijwel klasse B.

Bij klasse C ligt het nulpunt links van waar de karakteristiek op de horizontale as uitkomt. Dan wordt maar een deel van de positieve periodehelft versterkt (bij een PNP-transistor is dat natuurlijk de negatieve periodehelft) en de rest van het signaal verdwijnt. De vervorming is nog groter dan in klasse B, maar het rendement hoger (tot zo'n 75%). Klasse C wordt ook toegepast bij frequentievermenigvuldiging, want de vervorming levert veel en sterke harmonischen, wat dan juist de bedoeling is.



9.4 Opgaven



9.4.1 Opgave 9-1

In een in klasse A ingestelde LF-penthode geldt:

Stelling 1: het schermrooster is positief ten opzichte van de kathode

Stelling 2: het vangrooster is positief ten opzichte van de kathode

Wat is juist

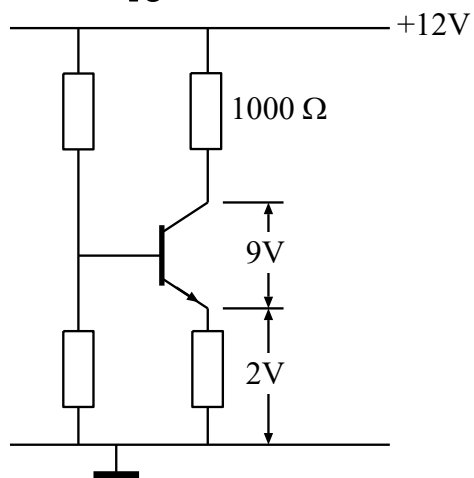
- A. Beide stellingen
- B. Geen van beide stellingen
- C. Alleen Stelling 1
- D. Alleen Stelling 2

(F-examen voorjaar 2001, februari 2010 (1), november 2012, 07-09-2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



9.4.2 Opgave 9-2



De collectorstroom is

- A. 3 mA
- B. 1 mA
- C. 10 mA
- D. 0,1 mA

(F-examen mei 2015 (2), 2-11-2016, januari 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



9.4.3 Opgave 9-3

Voor een PNP-transistor in klasse A geldt:

- A. De collectorspanning is ten opzichte van de emitter positief
- B. De basisspanning is ten opzichte van de emitter positief
- C. De basisspanning is ten opzichte van de collector negatief
- D. De collectorspanning is ten opzichte van de emitter negatief

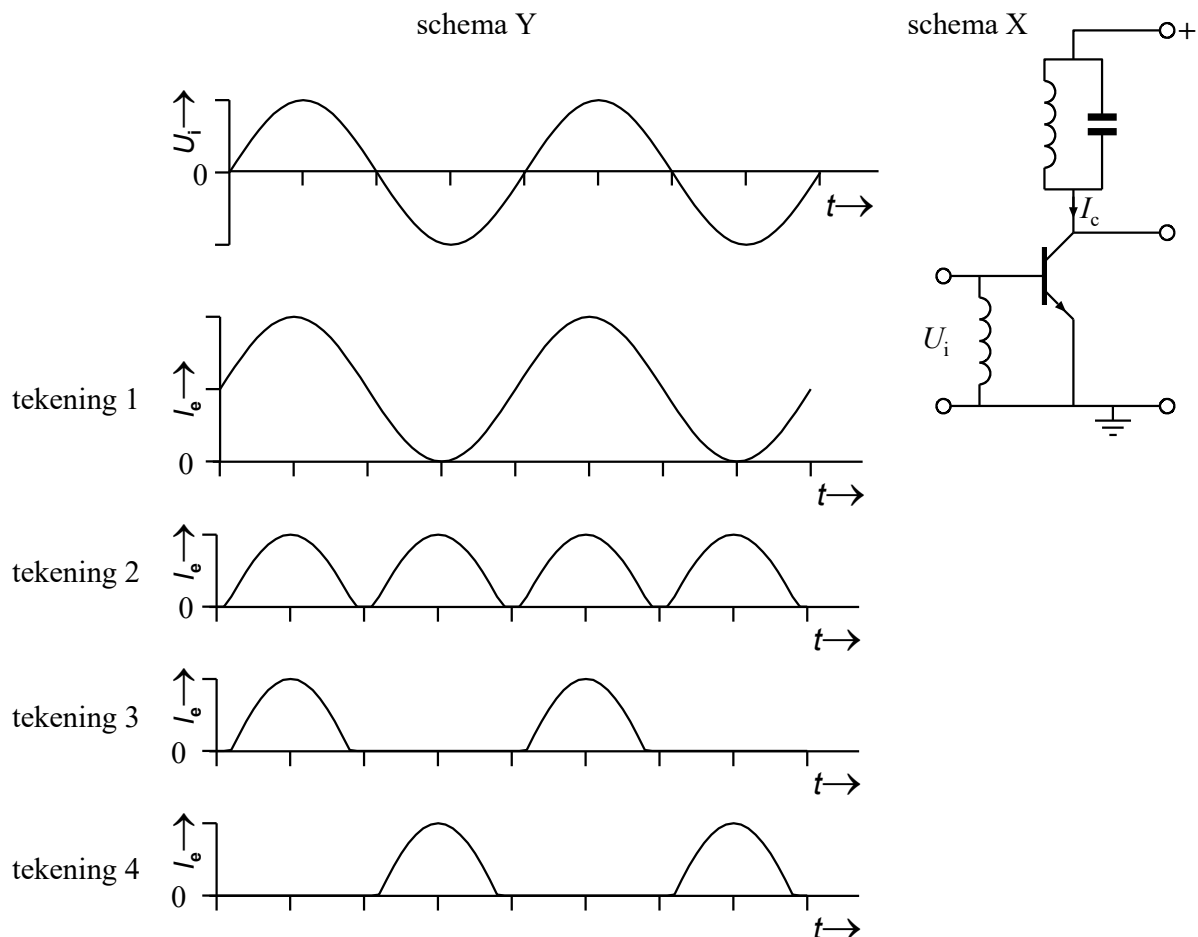
(F-examen najaar 2001, oktober 2009, November 2015, 11-01-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



9.4.4 Opgave 9-4

De hoogfrequent versterkertrap (schema X) is ingesteld in klasse C. Deingangsspanning U_i verloopt volgens schema Y.



De collectorstroom verloopt zoals in

- A. Tekening 4
- B. Tekening 1
- C. Tekening 2
- D. Tekening 3

(F-examen maart 2014, 01-03-2017)

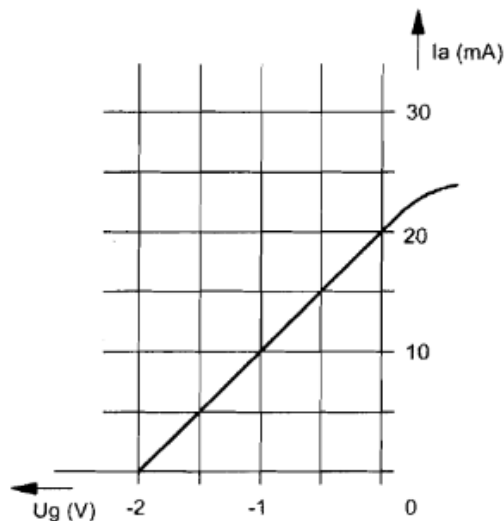
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



9.4.5 Opgave 9-5

Van een penthode, ingesteld in klasse A, is het verband tussen I_a en U_g gegeven bij een anodeweerstand van 5000 ohm. De spanningsversterking is:

- A. 20 maal
- B. 10 maal
- C. 250 maal
- D. 50 maal



(F-examen najaar 2001, juni 2009, oktober 2009, april 2011, mei 2011 (1), mei 2014 (2), 24-05-2017, 09-01-2019, november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





9.4.6 Opgave 9-6

Indien een transistor wordt gebruikt als frequentievermenigvuldiger, zal deze bij voorkeur worden ingesteld in:

- A. Klasse A/B
- B. Klasse A
- C. Klasse C
- D. Klasse B

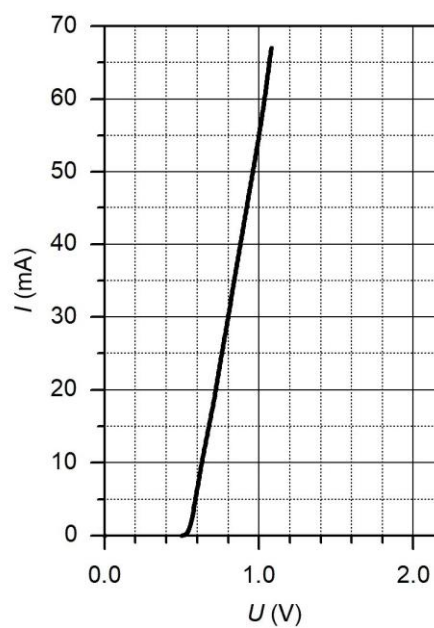
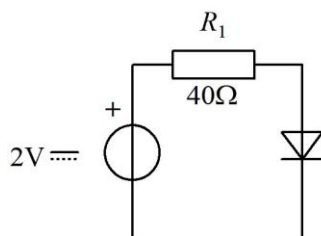
(F-examen najaar 2003, februari 2008 (2), februari 2010 (2), mei 2013 (1), mei 2016 (2), mei 2017 (2), 10-01-2018, 06-03-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

9.4.7 Opgave 9-7

De spanning over de diode is:

- A. 0,6 V
- B. 0,8 V
- C. 1,2 V
- D. 2 V



(F-examen april 2008, mei 2009 (1), mei 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



9.4.8 Opgave 9-8

Een radiobuis staat ingesteld in klasse A.

Bij sturing met een sinusvormig signaal is anodestroom aanwezig gedurende

- A. De gehele periode
- B. De halve periode
- C. Twee derde periode
- D. Een derde periode

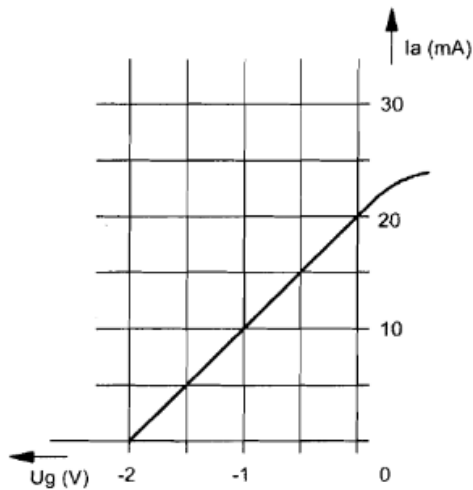
(F-examen april 2010, januari 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



9.4.9 Opgave 9-9

Van een penthode, ingesteld in klasse A, is het verband tussen I_a en U_g bij een anodeweerstand van 5000 ohm:



De spanningsversterking is

- A. 250 maal
- B. 50 maal
- C. 10 maal
- D. 20 maal

(F-examen najaar 2001, juni 2009, oktober 2009, april 2001, mei 2011 (1), mei 2014 (2), mei 2017 (2), januari 2019, november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





9.4.10 Opgave 9-10

In een in klasse A ingestelde triode-versterker geldt:

Stelling 1: de anode is positief ten opzichte van de kathode

Stelling 2: het stuurrooster is positief ten opzichte van de kathode

Wat is juist:

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

(F-examen najaar 2003, mei 2010 (1), november 2013 (1), november 2014 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





9.4.11 Opgave 9-11

Als een NPN-transistor in klasse C is ingesteld en er is geen ingangssignaal aanwezig, dan:

- A. Loopt er maximale basisstroom
- B. Is het spanningsverschil tussen collector en emitter maximaal
- C. Loopt er geen stroom van collector naar emitter
- D. Loopt er maximale stroom van collector naar emitter

(F-examen september 2009 (1), maart 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



9.4.12 Opgave 9-12

In een laagfrequent versterker in klasse A kunnen harmonischen ontstaan door:

- A. Te kleine uitsturing
- B. Te grote parasitaire capaciteiten
- C. Te grote uitsturing
- D. Te lage inwendige weerstand van de voeding

(F-examen najaar 2001, april 2008)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





9.4.13 Opgave 9-13

Een amateurzender wekt een minimaal vermogen aan harmonischen op door de eindtrap in te stellen in

- A. Klasse C
- B. Klasse B
- C. Klasse A
- D. Klasse A/B

(F-examen juli 2009, mei 2019 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





9.4.14 Opgave 9-14

Aan de uitgang van een LF-versterker kunnen harmonischen van het ingangssignaal verschijnen, wanneer:

- A. Er parasitaire capaciteiten aanwezig zijn
- B. De bandbreedte beperkt is
- C. De versterking bij alle frequenties niet even groot is
- D. De versterker overstuurd wordt

(F-examen februari 2011, maart 2019)

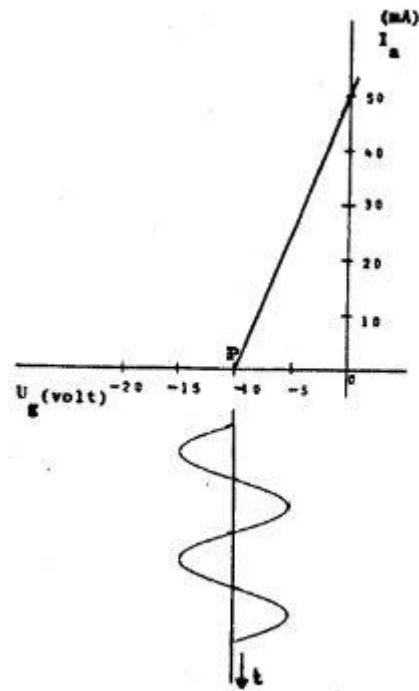
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

9.4.15 Opgave 9-15

Een triode is ingesteld in het werkpunt P. De roosterspanning U_g is in de karakteristiek aangegeven. De triode werkt in

- A. Klasse A zonder roosterstroom
- B. Klasse B zonder roosterstroom
- C. Klasse B met roosterstroom
- D. Klasse C met roosterstroom

(F-examen voorjaar 1998)



Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





9.4.16 Opgave 9-16

De kans dat een zender te veel harmonischen uitstraalt, is het grootst als de eindtrap wordt ingesteld in

- A. Klasse A
- B. Klasse B
- C. Klasse C
- D. Klasse AB

(F-examen najaar 2005, maart 2017, mei 2019 (2)))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**9.4.17 Opgave 9-17**

Een frequentieverdrievoudiger met een transistor wordt gestuurd met een frequentie f . In de collectorstroom zijn de volgende frequenties aanwezig:

- A. $1/3 f$ en $3f$
- B. f en $3f$
- C. f en $1/2 f$
- D. f en $1/3 f$

(F-examen november 2008 (2), december 2008, oktober 2009, november 2018, januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



9.4.18 Opgave 9-18

Een frequentieverdrievoudiger met één transistor wordt gestuurd met een 10 MHz signaal. In de collectorstroom zijn de volgende frequenties aanwezig:

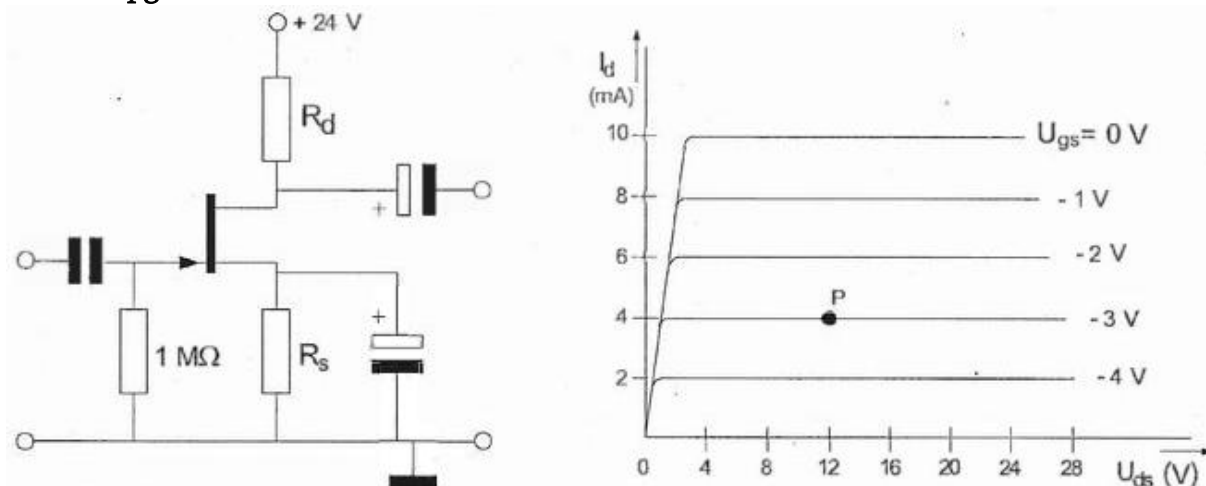
- A. 10 MHz en 25 MHz
- B. 15 MHz en 30 MHz
- C. 5 MHz en 15 MHz
- D. 10 MHz en 30 MHz

(F-examen november 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



9.4.19 Opgave 9-19



Bij een $I_D = 4$ mA en $U_{GS} = -3$ V behoort een sourceweerstand R_S van:

- A. 1 k Ω
- B. 750 Ω
- C. 375 Ω
- D. 3 k Ω

(F-examen voorjaar 1993, najaar 1997, november 2008 (2), januari 2009, augustus 2009, juli 2010, maart 2014, september 2014 (1 en 2), 06-09-2017, mei 2019 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





9.4.20 Opgave 9-20

Een versterker heeft een bandbreedte van 1 MHz. Als twee van deze versterkers achter elkaar worden geschakeld, dan zal de bandbreedte:

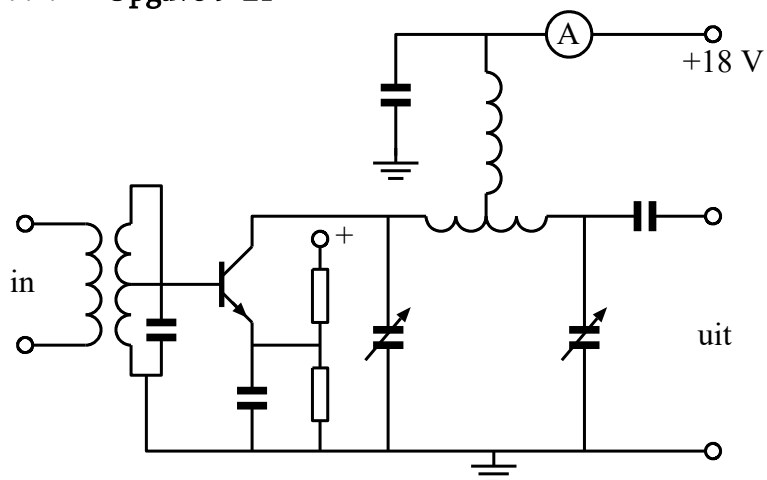
- A. Verdubbelen
- B. Iets groter worden
- C. Gelijk blijven
- D. Iets kleiner worden

(F-examen september 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



9.4.21 Opgave 9-21



De eindtrap van de zender is ingesteld in:

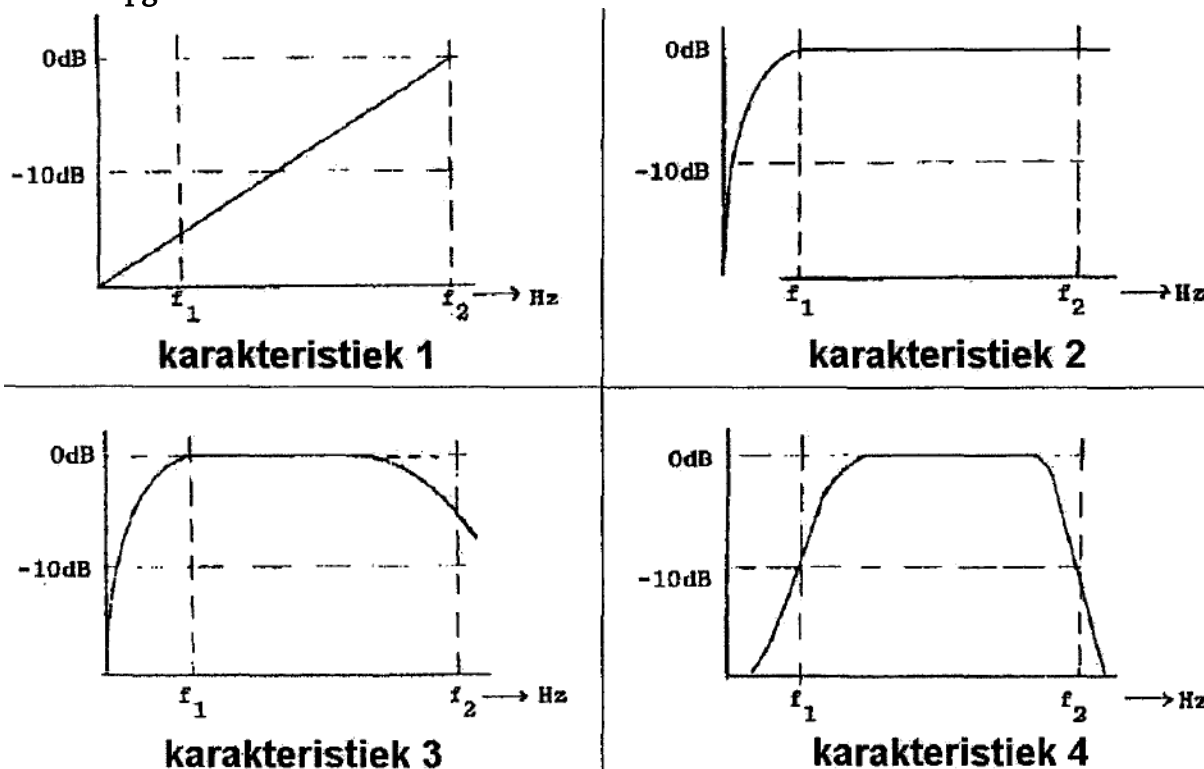
- A. Klasse C
- B. Klasse D
- C. Klasse A/B
- D. Klasse A

(F-examen mei 2011 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



9.4.22 Opgave 9-22



Een LF-versterker die frequentie-lineair is tussen f_1 en f_2 , heeft de:

- A. Karakteristiek 2
- B. Karakteristiek 3
- C. Karakteristiek 1
- D. Karakteristiek 4

(F-examen november 2010 (1), april 2011, mei 2011 (3), September 2012, September 2014 (2), mei 2015 (2), November 2019)

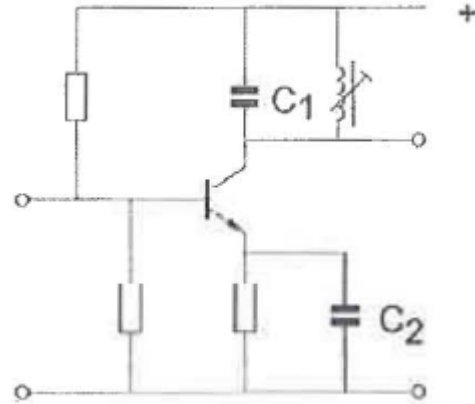
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



9.4.23 Opgave 9-23

De versterkertrap werkt op 145 MHz. Wat is juist?

- A. C₁ is een kunststof condensator.
C₂ is een elektrolytische condensator
- B. C₁ is een elektrolytische condensator
C₂ is een keramische condensator
- C. C₁ is een keramische condensator
C₂ is een keramische condensator
- D. C₁ is een keramische condensator
C₂ is een elektrolytische condensator



(F-examen oktober 2009, april 2010, mei 2011 (1), november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



9.4.24 Opgave 9-24

Aan de uitgang van een LF-versterker kunnen harmonischen van het ingangssignaal verschijnen, wanneer:

- A. De bandbreedte beperkt is
- B. Er parasitaire capaciteiten aanwezig zijn
- C. De versterking bij alle frequenties niet even groot is
- D. De versterker niet-lineair is

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





9.4.25 Opgave 9-25

Het meest geschikt als frequentievermenigvuldigtrap is een:

- A. Versterker in klasse C
- B. Mengtrap
- C. Lineaire versterker
- D. Oscillator

(F-examen juni 2009, augustus 2010, maart 2014, november 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





9.5 Uitwerkingen

9.5.1 Uitwerking van Opgave 9-1

In een in Klasse A ingestelde LF-penthode geldt:

Stelling 1: het schermrooster is positief ten opzichte van de kathode

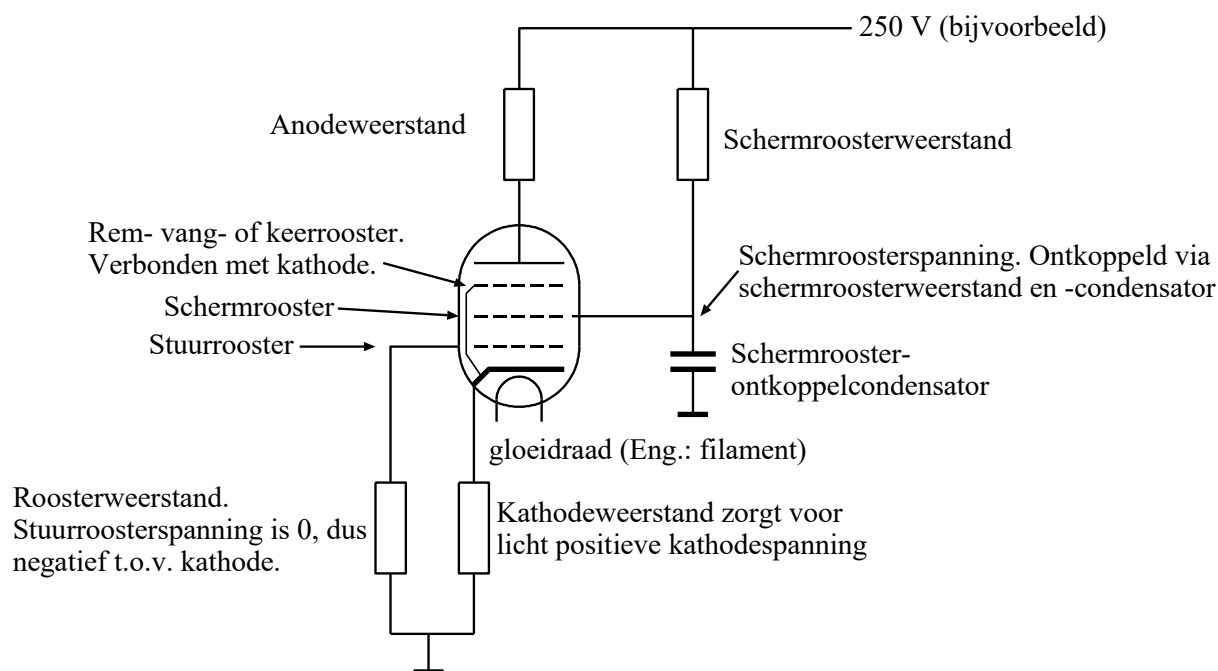
Stelling 2: het vangrooster is positief ten opzichte van de kathode

Wat is juist

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

Uitwerking

We beginnen met het schema hieronder om de vraag in beeld te krijgen. Het is meteen een kleine herhaling van een stukje cursusstof uit hoofdstuk 8.



Het schermrooster is met de schermroosterweerstand verbonden met de plus en daardoor positief ten opzichte van de kathode. Ook met een heel grote weerstand blijft dat zo.

Stelling 1 is dus juist

Het vangrooster (remrooster, keerrooster) is altijd verbonden met de kathode en heeft dus dezelfde spanning. Dan is Stelling 2 onjuist.

Conclusie: antwoord C is goed.

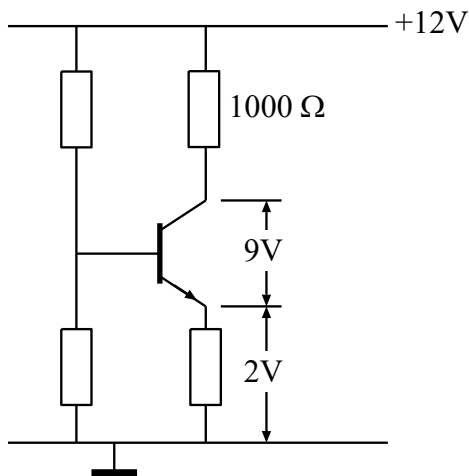


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



9.5.2 Uitwerking van Opgave 9-2



De collectorstroom is

- A. 3 mA
- B. **1 mA**
- C. 10 mA
- D. 0,1 mA

Uitwerking

De voedingsspanning is 12 V. De emitterspanning is 2 V en over de transistor staat 9V. Dan is de collectorspanning $12V - 2V - 9V = 1V$. Over de collectorweerstand van 1000Ω (is 1 k Ω) staat dan volgens de tweede wet van Kirchhoff $12V - 1V = 11V$. De wet van Ohm levert het antwoord op de vraag: 1 mA. Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



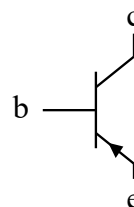
9.5.3 Uitwerking van Opgave 9-3

Voor een PNP-transistor in klasse A geldt:

- A. De collectorspanning is ten opzichte van de emitter positief
- B. De basisspanning is ten opzichte van de emitter positief
- C. De basisspanning is ten opzichte van de collector negatief
- D. De collectorspanning is ten opzichte van de emitter negatief**

Uitwerking

Let wel: het gaat hier om een PNP-transistor, niet over een NPN. Het schemasymbool voor een PNP-transistor met aanduidingen van emitter, basis en collector staat in de figuur hiernaast.



De (technische) stroomrichting is die van de pijl in de emitter, op dezelfde manier als bij een diode.

Daaruit volgt dat de emitter aan de + ligt, de basis 1x de drempelspanning van de emitter-basisdiode negatiever is en de collectorspanning nog veel negatiever. Antwoord D is dus goed.

Opmerkingen

Hoe zit het met de andere antwoorden? Antwoorden A, B en C hebben allemaal betrekking op een NPN-transistor.

Een waarom die klasse A? Een gegeven dat niet helemaal overbodig is. In klasse C kunnen bijvoorbeeld basisspanning en emitterspanning gelijk zijn. Bij een PNP kan de basisspanning zelfs positief zijn ten opzichte van de emitter.



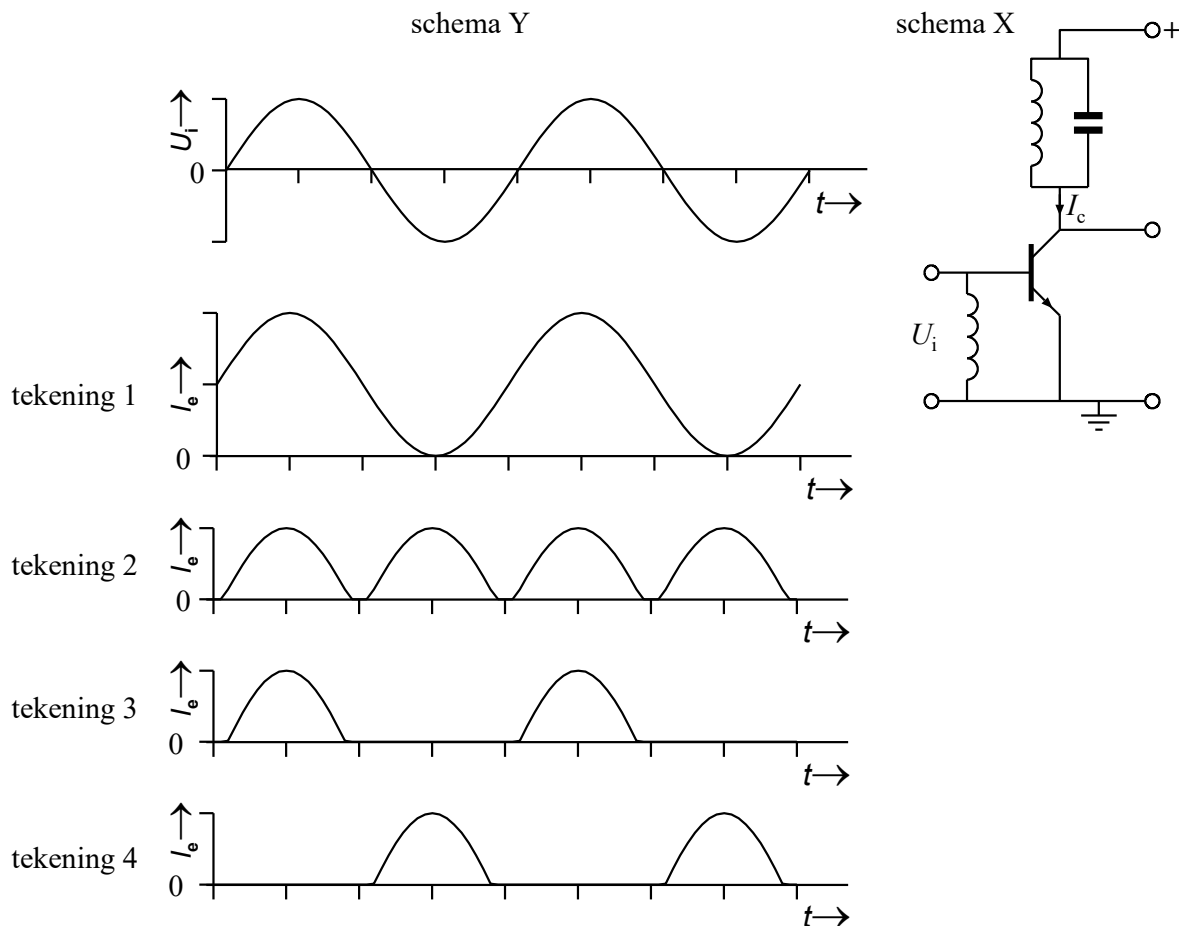
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



9.5.4 Uitwerking van Opgave 9-4

De hoogfrequent versterkertrap (schema X) is ingesteld in klasse C. Deingangsspanning U_i verloopt volgens schema Y.



De collectorstroom verloopt zoals in

- A. Tekening 4
- B. Tekening 1
- C. Tekening 2
- D. **Tekening 3**

Uitwerking

Om te beginnen: let op dat er wordt gesproken over ingangsspanning en collectorstroom. Ook hier geldt: goed lezen. Bij klasse C geldt dat een NPN-transistor alleen op het hoogste deel van een positieve periode geleidt en er dus collectorstroom is. De rest van de tijd spert de transistor. De enige tekening die hieraan voldoet, is nummer 3.



Terug naar de opgave

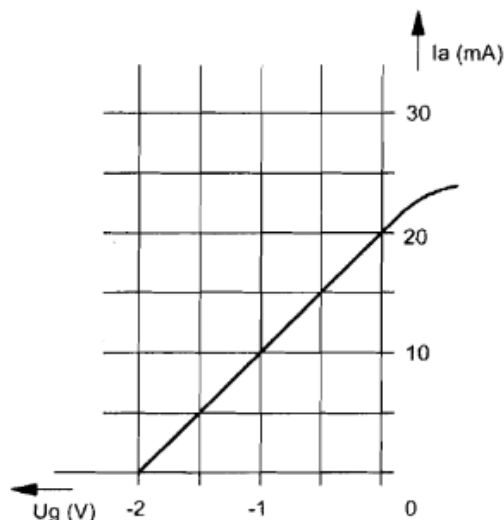
Naar de volgende opgave



9.5.5 Uitwerking van Opgave 9-5

Van een penthode, ingesteld in klasse A, is het verband tussen I_a en U_g gegeven bij een anodeweerstand van 5000 ohm. De spanningsversterking is:

- A. 20 maal
- B. 10 maal
- C. 250 maal
- D. 50 maal



Uitwerking

De spanningsversterking A_u in dit soort schakeling bereken je op dezelfde manier als bij een FET zonder sourceweerstand volgens de vergelijking

$$A_u = \frac{R_a}{1/S} = R_a S$$

De grootte R_D van de FET wordt bij een buis natuurlijk R_a . S is de steilheid, net als bij de FET. Volgens de grafiek loopt de anodestroom I_a met 20 mA op als de roosterspanning U_g verandert van -2V naar 0V, dus 2 V omhoog. Dan is $S = 20 \text{ mA per } 2 \text{ V}$ en dat is hetzelfde als 10 mA/V. De anodeweerstand R_a bedraagt 5000 Ω (gegeven). $1/S = 1\text{V}/10\text{mA} = 1\text{V}/0,01\text{A} = 100\Omega$. Dan is het verder invullen: $5000\Omega/100\Omega = 50$. Dat is antwoord D.

Opmerking

Houd goed in de gaten dat $1/S$ een weerstand is! S is stroom/spanning, zodat $1/S$ spanning/stroom is en volgens de wet van Ohm komt daar weerstand uit.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





9.5.6 Uitwerking van Opgave 9-6

Indien een transistor wordt gebruikt als frequentievermenigvuldiger, zal deze bij voorkeur worden ingesteld in:

De weerstand van de draad

- A. Klasse A/B
- B. Klasse A
- C. **Klasse C**
- D. Klasse B

Uitwerking

Om een frequentie te vermenigvuldigen, versterk je niet de grondfrequentie, maar een harmonische. Om sterke harmonischen te krijgen, moet een in oorsprong sinusvormig signaal flink worden vervormd. Dat lukt het best met een versterker in klasse C, want die vervormt het meest. Het goede antwoord is dus C.

Opmerking

In alle schakelingen ontstaat altijd enige vervorming. Daarom staat er in de vraag “bij voorkeur”.



Terug naar de opgave

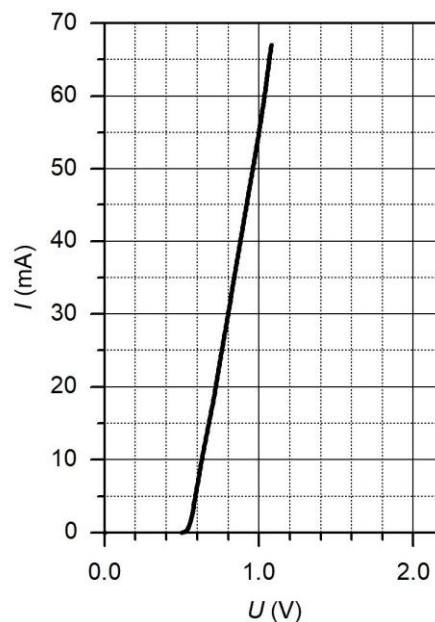
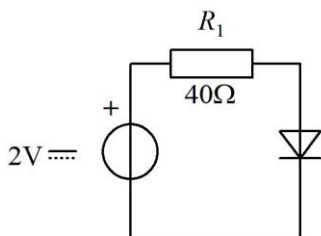
Naar de volgende opgave



9.5.7 Uitwerking van Opgave 9-7

De spanning over de diode is:

- A. 0,6 V
- B. 0,8 V**
- C. 1,2 V
- D. 2 V



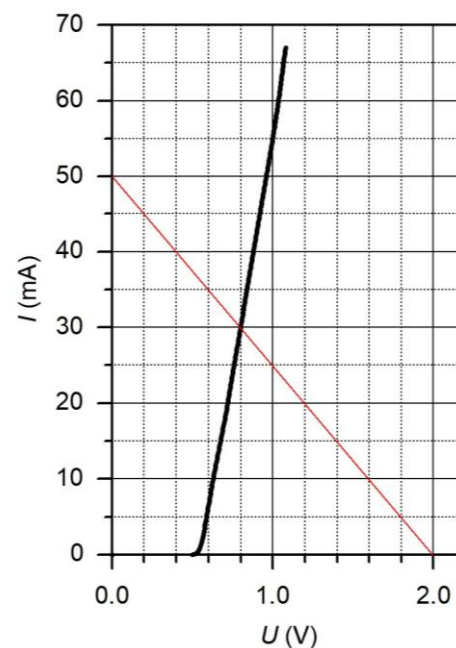
Uitwerking

Voor de oplossing van dit soort vraagstukken is de belastingslijn het aangewezen hulpmiddel.

Die vinden we met behulp van R_1 die in dit geval $40\ \Omega$ is en van de tweede wet van Kirchhoff die zegt dat de som van de spanningen over weerstand en diode gelijk is aan de bronspanning van 2 V.

Als de spanning over de diode 0 V zou zijn, dan staat over R_1 2 V en is de stroom 50 mA. Is de spanning over de diode 2 V, dus gelijk aan de bronspanning, dan staat over R_1 een spanning van 0 V en is de stroom ook 0.

Deze twee uitkomsten geven de uiteinden van de belastingslijn. Hij is in rood weergegeven in de figuur hiernaast. Het snijpunt van de diodekarakteristiek en de belastingslijn ligt bij $U=0,8\text{ V}$ en $I=30\text{ mA}$. Dat betekent antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**9.5.8 Uitwerking van Opgave 9-8**

Een radiobuis staat ingesteld in klasse A.

Bij sturing met een sinusvormig signaal is anodestroom aanwezig gedurende

- A. De gehele periode
- B. De halve periode
- C. Twee derde periode
- D. Een derde periode

Uitwerking

Bij instelling in klasse A wordt elk deel van een signaal bij benadering evenveel versterkt. Het aangeboden signaal komt daardoor met heel weinig vervorming op de uitgang van het versterkende element te staan. Dat kan alleen als het versterkende element, in dit geval de buis, gedurende de volle sinusperiode stroom voert. Dat betekent dat antwoord A het juiste is.

Opmerking

Door instelling in klasse A wordt een belangrijk deel van het door de buis opgenomen vermogen niet in signaal omgezet. Het gevolg is een laag rendement (tot 25%) in klasse A.



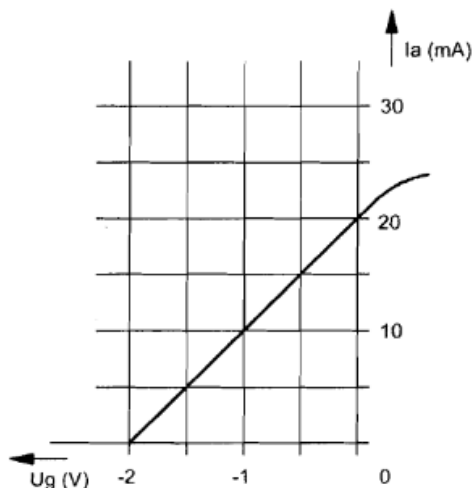
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



9.5.9 Uitwerking van Opgave 9-9

Van een penthode, ingesteld in klasse A, is het verband tussen I_a en U_g bij een anodeweerstand van 5000 ohm:



De spanningsversterking is

- A. 250 maal
- B. 50 maal**
- C. 10 maal
- D. 20 maal

Uitwerking

De spanningsversterking is bij benadering gelijk aan anodeweerstand gedeeld door de som van kathodeweerstand en $1/S$, waarin S staat voor steilheid. Er wordt in de opgave niet gerept over een kathodeweerstand. We mogen er daarom van uitgaan dat die er niet is. S is af te lezen uit de karakteristiek I_a tegen U_g in de grafiek. Voor U_g tussen -1 V en 0 V varieert I_a tussen 10 mA naar 20 mA. Dat komt neer op: $S = 10 \text{ mA/V}$. Daaruit volgt dat $1/S = 100 \Omega$. Nu weer terug naar het begin van de uitwerking: de anodeweerstand delen door $1/S$: $5000 \Omega / 100 \Omega = 50$. De spanningsversterking bedraagt dus 50 maal. Antwoord B is goed.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





9.5.10 Uitwerking van Opgave 9-10

In een in klasse A ingestelde triode-versterker geldt:

Stelling 1: de anode is positief ten opzichte van de kathode

Stelling 2: het stuurrooster is positief ten opzichte van de kathode

Wat is juist:

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

Uitwerking 1 (geldt voor audioversterkers en de meeste HF-versterkers)

In een triode is de anode positief ten opzichte van de kathode omdat er anders geen stroom door de buis loopt. Het stuurrooster hoort bij een klasse A-versterker iets negatief ten opzichte van de kathode te zijn om binnen het min of meer rechte deel van de steilheidskarakteristiek ($I_a - U_g$ karakteristiek) te blijven. Dat betekent dat stelling 1 deugt en stelling 2 niet. Antwoord D. Dat is ook het “officiële” antwoord. Maar kijk ook bij uitwerking 2.

Uitwerking 2 (voor enkele HF-triodes)

Er bestaan zendtriodes die zijn ontworpen om met een positief stuurrooster te werken. Als we die bij de opgave betrekken, is plotseling antwoord A het juiste antwoord. Een voorbeeld is de Eimac 3-500Z ([3-500Z data sheet \(w7brs.com\)](http://3-500Z.data.sheet(w7brs.com))) of [3-500Z Amplifier Project \(moneysmith.com\)](http://3-500Z.Amplifier.Project(moneysmith.com)), beide Engelstalig). Als je het rooster 0 V geeft, staat het ding in klasse AB; voor klasse A moet de roosterspanning iets positief zijn. Toegegeven, dit zijn bijzondere gevallen, maar ze bestaan.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





9.5.11 Uitwerking van Opgave 9-11

Als een NPN-transistor in klasse C is ingesteld en er is geen ingangssignaal aanwezig, dan:

- A. Loopt er maximale basisstroom
- B. Is het spanningsverschil tussen collector en emitter maximaal
- C. Loopt er geen stroom van collector naar emitter**
- D. Loopt er maximale stroom van collector naar emitter

Uitwerking

Als een transistor, NPN of PNP, in klasse C is ingesteld, loopt er zonder signaal geen stroom doorheen. Geen basisstroom, geen emitterstroom en geen collectorstroom. Hij wordt pas “tot leven gewekt” als er signaal is. Dat leidt tot vervorming, maar ook tot een hoog rendement (tot 75%). Het enige antwoord dat hierop past, is antwoord C

Opmerking

Ditzelfde geldt voor FET's en buizen in klasse C.

Antwoord B is ook verleidelijk. Als er geen stroom loopt, is de spanning over de transistor gelijk aan de voedingsspanning. Maar is die spanning dan ook maximaal? Bij een Ohmse belasting wel, maar bij een inductieve belasting kan de spanning tussen collector en emitter hoger uitslingeren dan de voedingsspanning. Antwoord B is dus een instinker.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





9.5.12 Uitwerking van Opgave 9-12

In een laagfrequent versterker in klasse A kunnen harmonischen ontstaan door:

- A. Te kleine uitsturing
- B. Te grote parasitaire capaciteiten
- C. Te grote uitsturing**
- D. Te lage inwendige weerstand van de voeding

Uitwerking

In een in klasse A ingestelde LF-versterker komt doorgaans de hele periode (360°) onvervormd en versterkt op de uitgang. Zonder vervorming geen harmonischen, of ze moeten op de ingang al in het signaal hebben gezeten. Maar als het signaal zo sterk is, dat het uitgangssignaal niet meer goed past tussen voedingsspanning en massa ("het signaal loopt vast op de voedingsspanning"), dan krijgt het een afgeplatte top of een afgeplatte onderkant (of beide). Dat heet vervorming door oversturing. Bij vervorming ontstaan altijd harmonischen. Dat wordt dus antwoord C.

Opmerking

Zie ook de uitwerkingen van Opgave 9-14 en Opgave 9-24.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**9.5.13 Uitwerking van Opgave 9-13**

Een amateurzender wekt een minimaal vermogen aan harmonischen op door de eindtrap in te stellen in

- A. Klasse C
- B. Klasse B
- C. Klasse A**
- D. Klasse A/B

Uitwerking

Een eindtrap in klasse A wekt minder harmonischen op dan alle andere klassen van uitzending. De prijs is een relatief laag rendement (maximaal ongeveer 25%). Antwoord C is daarom juist.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





9.5.14 Uitwerking van Opgave 9-14

Aan de uitgang van een LF-versterker kunnen harmonischen van het ingangssignaal verschijnen, wanneer:

- A. Er parasitaire capaciteiten aanwezig zijn
- B. De bandbreedte beperkt is
- C. De versterking bij alle frequenties niet even groot is
- D. De versterker overstuurd wordt**

Uitwerking

Een versterkertrap maakt hoofdzakelijk harmonischen aan als hij wordt overstuurd, dat wil zeggen als het ingangssignaal zo sterk is dat de voedingsspanning het uitgangssignaal gaat begrenzen. Dan ontstaan afgeplatte bovenkanten. Afgeplatte onderkanten kunnen ook ontstaan als de gelijkstroombestelling zodanig is, dat dat het signaal eerder aan de onderkant dan aan de bovenkant wordt begrensd. Capaciteiten, bandbreedte of frequentie-afhankelijke versterking hebben met vervorming in een klasse A-versterker niets van doen. Antwoord D.

Opmerking

Zie ook de uitwerkingen van Opgave 9-12 en Opgave 9-24.



Terug naar de opgave

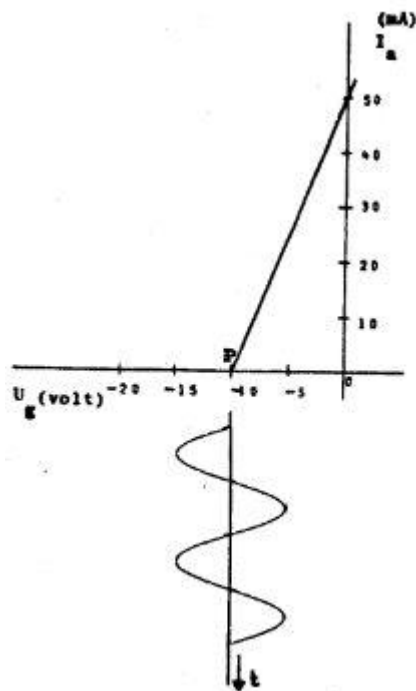
Naar de volgende opgave



9.5.15 Uitwerking van Opgave 9-15

Een triode is ingesteld in het werkpunt P. De roosterspanning U_g is in de karakteristiek aangegeven. De triode werkt in

- A. Klasse A zonder roosterstroom
- B. Klasse B zonder roosterstroom**
- C. Klasse B met roosterstroom
- D. Klasse C met roosterstroom



Uitwerking

De roosterspanning is ingesteld op -10 V (punt P op de U_g - as). Punt P is het afknijppunt van de triode. Dat is het punt waarbij de anodestroom net niet meer loopt. Bij elke minder negatieve spanning dan op punt P (rechts ervan) loopt die stroom wel. De rechter halve periode wordt versterkt, de linker wordt afgesneden. Dat betekent dat deze buis in klasse B staat. Omdat de roosterspanning nergens positief wordt (= rechts van de verticale as komt), is er nooit roosterstroom. Dat leidt tot antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**9.5.16 Uitwerking van Opgave 9-16**

De kans dat een zender te veel harmonischen uitstraalt, is het grootst als de eindtrap wordt ingesteld in

- A. Klasse A
- B. Klasse B
- C. Klasse C**
- D. Klasse AB

Uitwerking

De kans dat een zender te veel harmonischen uitstraalt, is het grootst als hij wordt ingesteld in klasse C, want die veroorzaakt de meeste vervorming doordat maar een klein deel van een volle sinusperiode wordt doorgegeven en versterkt. Antwoord C is daarom het goede antwoord.

Opmerking

Die harmonischen worden weer weggefilterd door achter de eindtrap een laagdoorlaatfilter en/of afgestemde kring op te nemen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**9.5.17 Uitwerking van Opgave 9-17**

Een frequentieverdrievoudiger met een transistor wordt gestuurd met een frequentie f . In de collectorstroom zijn de volgende frequenties aanwezig:

- A. $1/3 f$ en $3f$
- B. f en $3f$**
- C. f en $1/2 f$
- D. f en $1/3 f$

(F-examen november 2008 (2), december 2008, oktober 2009, november 2018, januari 2020)

Uitwerking

De transistor zal zo niet-lineair mogelijk zijn ingesteld, want dan ontstaan de meeste harmonischen. In de praktijk zal dat vrijwel altijd klasse C zijn. Die harmonischen zijn nodig als er een frequentie moet worden vermenigvuldigd. Een harmonische heeft n maal de frequentie van het oorspronkelijke signaal. Daarbij is n een geheel getal dat groter is dan 1. Dus 2, 3, 4, enz. Daarmee vallen alle antwoorden met $1/2 f$ en $1/3 f$ af. Het enige antwoord dat overblijft, is antwoord B en dat is een goed antwoord..

[Terug naar de opgave](#)[Naar de volgende opgave](#)

**9.5.18 Uitwerking van Opgave 9-18**

Een frequentieverdrievoudiger met één transistor wordt gestuurd met een 10 MHz signaal. In de collectorstroom zijn de volgende frequenties aanwezig:

- A. 10 MHz en 25 MHz
- B. 15 MHz en 30 MHz
- C. 5 MHz en 15 MHz
- D. **10 MHz en 30 MHz**

Uitwerking

De transistor in een frequentievermenigvuldiger staat meestal in klasse C. Dan worden de sterkste harmonischen geproduceerd. De frequentie van een harmonische is altijd een geheel maal die van de oorspronkelijke frequentie: 2x, 3x, enz. 1x is eigenlijk geen harmonische, maar de oorspronkelijke frequentie, hoewel deze ook wel de 1^e harmonische wordt genoemd. Een betere benaming is *grondfrequentie*. Omdat de oorspronkelijke 10 MHz alleen maar met een geheel getal kan worden vermenigvuldigd, vallen alle antwoorden af met getallen die niet eindigen op een 0. Dan blijft er maar ééntje over en dat is antwoord D.

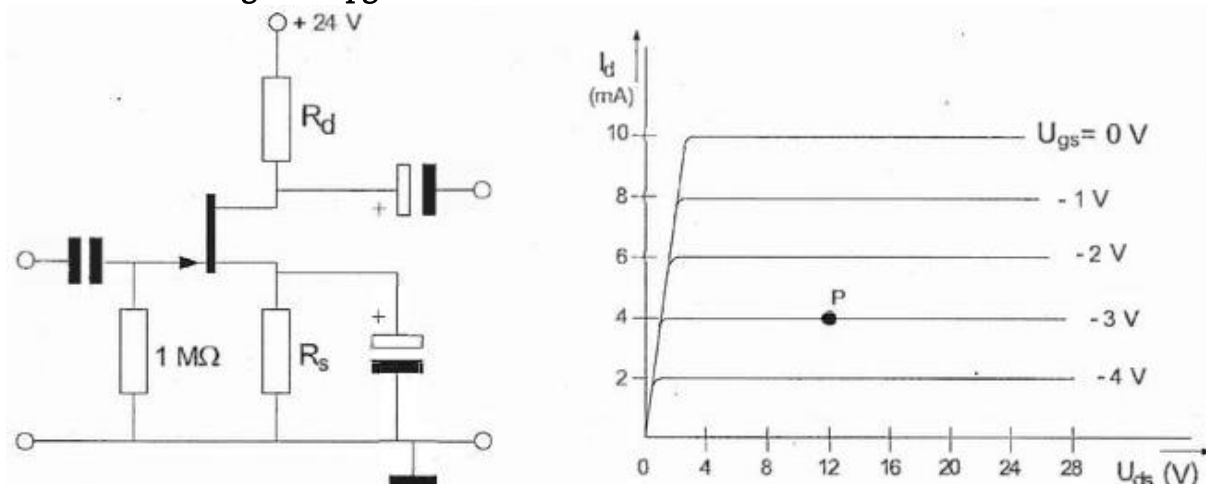


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



9.5.19 Uitwerking van Opgave 9-19



Bij een $I_D = 4$ mA en $U_{GS} = -3$ V behoort een sourceweerstand R_S van:

- A. 1 kΩ
- B. 750 Ω
- C. 375 Ω
- D. 3 kΩ

Uitwerking

Om een weerstand te berekenen, zijn stroom en spanning nodig. De stroom is gegeven als I_D . Wat via de drain loopt, loopt ook door de source, dus $I_D = 4$ mA. De spanning komt uit het werkpunt P in de grafiek. P ligt op de lijn van $U_{GS} = -3$ V.

Dan wordt de vraag teruggebracht tot: hoe groot is de weerstand R_S , waarbij een spanning van 3 V over de weerstand een stroom van 4 mA veroorzaakt. $R_S = U/I = 3\text{V}/4\text{mA} = 0,75$ kΩ. Gebruik V en mA en je krijgt kΩ. 0,75 kΩ = 750 Ω. Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





9.5.20 Uitwerking van Opgave 9-20

Een versterker heeft een bandbreedte van 1 MHz. Als twee van deze versterkers achter elkaar worden geschakeld, dan zal de bandbreedte:

- A. Verdubbelen
- B. Iets groter worden
- C. Gelijk blijven
- D. Iets kleiner worden

Uitwerking

Als twee gelijke bandfilters achter elkaar worden geschakeld, zullen ze elkaars werking versterken. Daarmee wordt hun gezamenlijke bandbreedte kleiner.

In cijfers: bandbreedte is de frequentie-afstand tussen de twee -3 dB-punten van de doorlaat. Twee doorlaten in serie betekent dat op die frequenties de demping van -3 dB naar -6 dB gaat en dat de nieuwe bandbreedte ligt tussen de vroegere -1,5 dB-punten die nu samen -3 dB maken. De frequentieruimte tussen de vroegere -1,5 dB-punten is minder dan die tussen de vroegere -3 dB-punten. De bandbreedte wordt dus kleiner. Antwoord D.

Opmerking

Een versterker als in de opgave omschreven is ook op te vatten als een bandfilter, maar dan één met heel grote bandbreedte. Zet twee gelijke bandfilters in serie en hun gezamenlijke bandbreedte wordt kleiner.

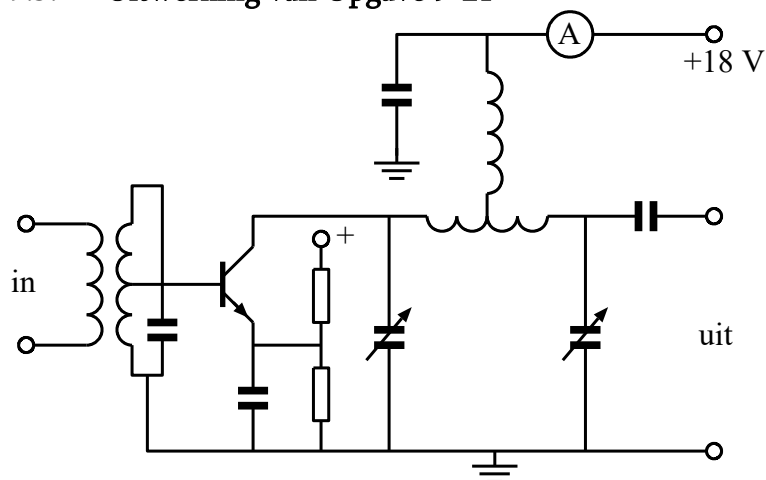


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



9.5.21 Uitwerking van Opgave 9-21



De eindtrap van de zender is ingesteld in:

- A. Klasse C
- B. Klasse D
- C. Klasse A/B
- D. Klasse A

Uitwerking

De basis van de NPN-transistor is via de spoel van de ingangskring verbonden met aarde en heeft dus een gelijkspanningsinstelling met 0 V. Bovendien staat er op de emitter ook nog een positieve spanning, waardoor de transistor nog verder in de spertoestand wordt gedrukt. Daarmee staat de transistor overduidelijk in klasse C; dat is antwoord A.

Opmerking 1

De rest van de schakeling (filter naar de uitgang) heeft niets met de vraagstelling te maken. Een voorbeeld van een opgave waarbij de kandidaat zich moet beperken tot de kern van de vraagstelling en zich niet moet laten afleiden door de franje eromheen.

Opmerking 2

In de praktijk heeft de eindtrap van een zender nooit een emitterweerstand. Zo'n weerstand kost alleen maar vermogen dat in warmte wordt omgezet in plaats van in HF-vermogen. De emitter ligt daarom bij een goed ontworpen transistoreindtrap altijd aan 0 V ("aarde").

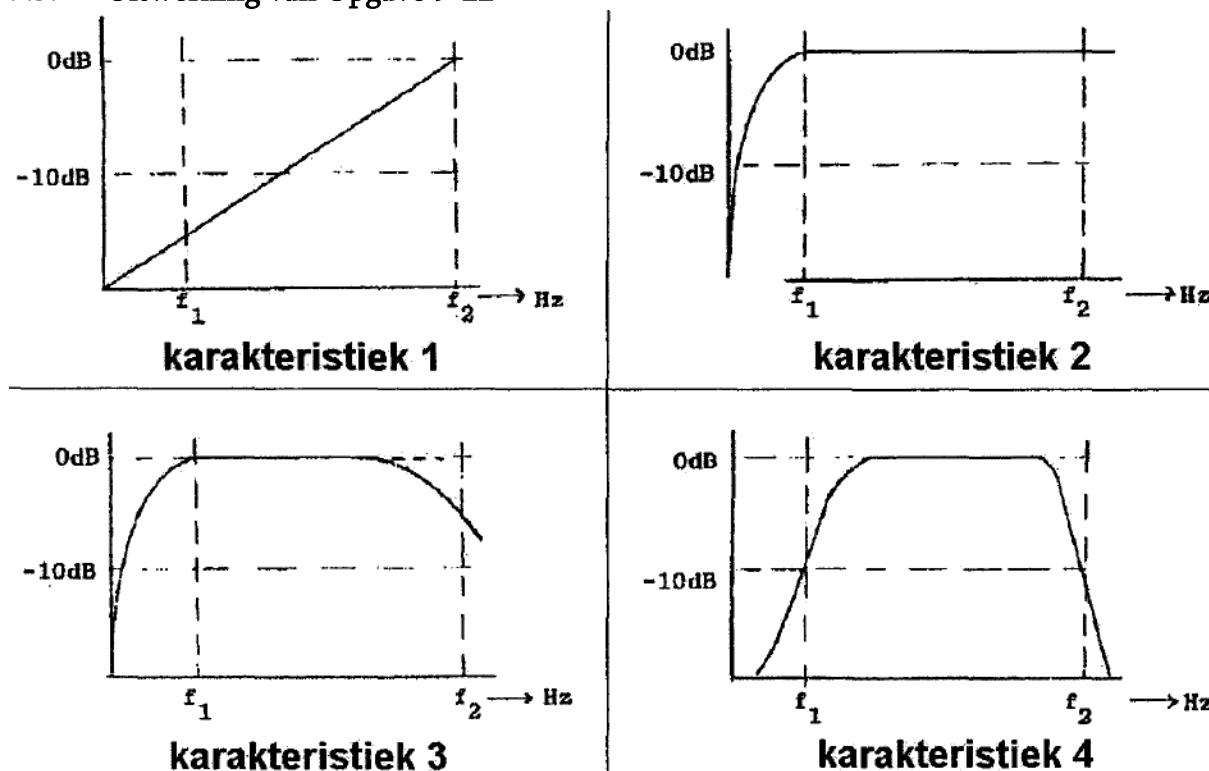


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



9.5.22 Uitwerking van Opgave 9-22



Een LF-versterker die frequentie-lineair is tussen f_1 en f_2 , heeft de:

- A. Karakteristiek 2
- B. Karakteristiek 3
- C. Karakteristiek 1
- D. Karakteristiek 4

Uitwerking

Frequentie-lineair betekent dat de versterking voor een aaneengesloten frequentiegebied (nagenoeg) dezelfde is. In dit geval zou dat tussen de frequenties tussen f_1 en f_2 het geval moeten zijn. Als we de vier karakteristieken bekijken, is er maar één die daaraan voldoet en dat is nummer 2. Antwoord A dus.

Opmerkingen

Karakteristiek 1 voldoet niet omdat die grafiek weliswaar recht is, maar schuin oploopt. Hoe hoger de frequentie, des te meer versterking.

Karakteristieken 3 en 4 halen het gevraagde frequentiebereik niet. Karakteristiek 3 links nog wel, karakteristiek 4 is aan beide kanten te krap.



Terug naar de opgave

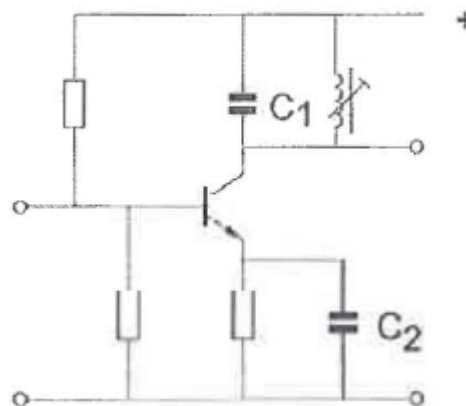
Naar de volgende opgave



9.5.23 Uitwerking van Opgave 9-23

De versterkertrap werkt op 145 MHz. Wat is juist?

- A. C₁ is een kunststof condensator.
C₂ is een elektrolytische condensator
- B. C₁ is een elektrolytische condensator
C₂ is een keramische condensator
- C. C₁ is een keramische condensator
C₂ is een keramische condensator**
- D. C₁ is een keramische condensator
C₂ is een elektrolytische condensator



Uitwerking

De frequentie van 145 MHz is hoog. Voor die frequentie zijn elektrolytische condensatoren (veel) te traag. Die komen van pas bij gelijkspanningen en laagfrequente wisselspanningen. Keramische condensatoren hebben weliswaar een kleinere capaciteit, maar voor hoge frequenties als 145 MHz zijn die ruim toereikend.

Er is maar één antwoord zonder elektrolytische condensatoren, en dat is antwoord C. Dat is dan ook het goede antwoord.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



9.5.24 Uitwerking van Opgave 9-24

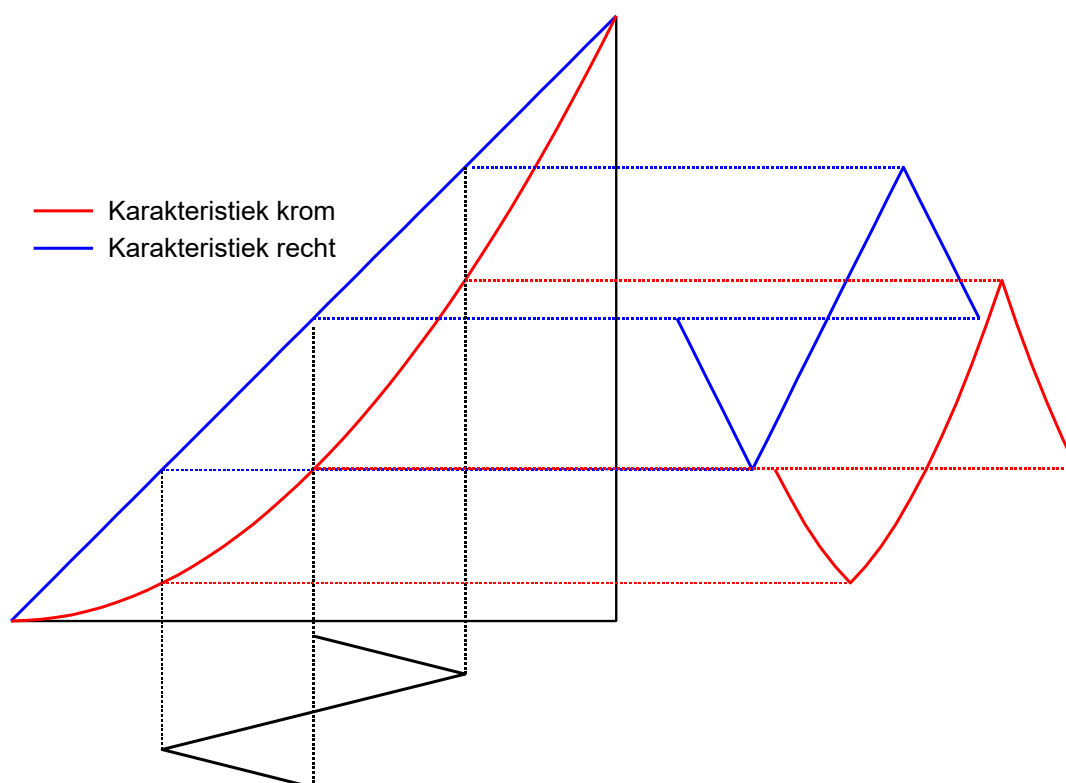
Aan de uitgang van een LF-versterker kunnen harmonischen van het ingangssignaal verschijnen, wanneer:

- A. De bandbreedte beperkt is
- B. Er parasitaire capaciteiten aanwezig zijn
- C. De versterking bij alle frequenties niet even groot is
- D. De versterker niet-lineair is**

Uitwerking

Harmonischen ontstaan als vervorming optreedt. Vervorming ontstaat als een deel van een signaal meer of minder wordt versterkt dan een ander. Dat heet niet-lineariteit en hangt samen met een kromme karakteristiek. Dat draait uit op antwoord D

De figuur hieronder laat het zien met een driehoeksspanning. Daaraan is (niet-)lineariteit beter te zien dan aan een sinus. De zwarte driehoeksspanning onder geeft via de blauwe rechte karakteristiek een volledig gelijkvormige blauwe driehoeksspanning. De rode komt er via de kromme karakteristiek zichtbaar vervormd uit. De onderste fasehelft is door de flauwere helling van de karakteristiek in elkaar gedrukt ten opzichte van de bovenste die juist verticaal uitgerekt is.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**9.5.25 Uitwerking van Opgave 9-25**

Het meest geschikt als frequentievermenigvuldigtrap is een:

- A. Versterker in klasse C
- B. Mengtrap
- C. Lineaire versterker
- D. Oscillator

Uitwerking

Voor frequentievermenigvuldiging zijn harmonischen nodig, want hun frequenties zijn steeds een geheel veelvoud (*2, *3, *4, enzovoort) van de oorspronkelijke frequentie. Een schakeling voor frequentievermenigvuldiging moet dan ook zo sterk mogelijke harmonischen produceren. Met andere woorden: de schakeling moet zoveel mogelijk vervorming produceren. Aan die eis voldoet een schakeling in klasse C meer dan alle andere (A, B en AB).



Terug naar de opgave