



# Inhoudsopgave

10	57 uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 10 .....	10-6
10.1	Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het? .....	10-6
10.2	Enkele opmerkingen.....	10-7
10.3	Formularium .....	10-8
10.3.1	Tegenkoppeling.....	10-8
10.3.2	De opamp (operational amplifier) .....	10-8
10.3.3	Schakelingen met opamps .....	10-9
10.3.4	Meekoppeling: oscillatoren.....	10-12
10.3.5	Spanningsstabilisatoren en lineaire voedingsschakelingen .....	10-16
10.3.6	Schakelende voedingen met pulsbreedtemodulatie .....	10-18
10.4	Opgaven.....	10-21
10.4.1	Opgave 10-1.....	10-22
10.4.2	Opgave 10-2.....	10-23
10.4.3	Opgave 10-3.....	10-24
10.4.4	Opgave 10-4.....	10-25
10.4.5	Opgave 10-5.....	10-26
10.4.6	Opgave 10-6.....	10-27
10.4.7	Opgave 10-7.....	10-28
10.4.8	Opgave 10-8.....	10-29
10.4.9	Opgave 10-9.....	10-30
10.4.10	Opgave 10-10 .....	10-31
10.4.11	Opgave 10-11 .....	10-32
10.4.12	Opgave 10-12 .....	10-33
10.4.13	Opgave 10-13 .....	10-34
10.4.14	Opgave 10-14 .....	10-35
10.4.15	Opgave 10-15 .....	10-36
10.4.16	Opgave 10-16 .....	10-37



10.4.17	Opgave 10-17 .....	10-38
10.4.18	Opgave 10-18 .....	10-39
10.4.19	Opgave 10-19 .....	10-40
10.4.20	Opgave 10-20 .....	10-41
10.4.21	Opgave 10-21 .....	10-42
10.4.22	Opgave 10-22 .....	10-43
10.4.23	Opgave 10-23 .....	10-44
10.4.24	Opgave 10-24 .....	10-45
10.4.25	Opgave 10-25 .....	10-46
10.4.26	Opgave 10-26 .....	10-47
10.4.27	Opgave 10-27 .....	10-48
10.4.28	Opgave 10-28 .....	10-49
10.4.29	Opgave 10-29 .....	10-50
10.4.30	Opgave 10-30 .....	10-51
10.4.31	Opgave 10-31 .....	10-52
10.4.32	Opgave 10-32 .....	10-53
10.4.33	Opgave 10-33 .....	10-54
10.4.34	Opgave 10-34 .....	10-55
10.4.35	Opgave 10-35 .....	10-56
10.4.36	Opgave 10-36 .....	10-57
10.4.37	Opgave 10-37 .....	10-58
10.4.38	Opgave 10-38 .....	10-59
10.4.39	Opgave 10-39 .....	10-60
10.4.40	Opgave 10-40 .....	10-61
10.4.41	Opgave 10-41 .....	10-62
10.4.42	Opgave 10-42 .....	10-63
10.4.43	Opgave 10-43 .....	10-64
10.4.44	Opgave 10-44 .....	10-65
10.4.45	Opgave 10-45 .....	10-66



10.4.46	Opgave 10-46 .....	10-67
10.4.47	Opgave 10-47 .....	10-68
10.4.48	Opgave 10-48 .....	10-69
10.4.49	Opgave 10-49 .....	10-70
10.4.50	Opgave 10-50 .....	10-71
10.4.51	Opgave 10-51 .....	10-72
10.4.52	Opgave 10-52 .....	10-73
10.4.53	Opgave 10-53 .....	10-74
10.4.54	Opgave 10-54 .....	10-75
10.4.55	Opgave 10-55 .....	10-76
10.4.56	Opgave 10-56 .....	10-77
10.4.57	Opgave 10-57 .....	10-78
10.5	Uitwerkingen .....	10-79
10.5.1	Uitwerking van Opgave 10-1 .....	10-80
10.5.2	Uitwerking van Opgave 10-2 .....	10-81
10.5.3	Uitwerking van Opgave 10-3 .....	10-82
10.5.4	Uitwerking van Opgave 10-4 .....	10-83
10.5.5	Uitwerking van Opgave 10-5 .....	10-84
10.5.6	Uitwerking van Opgave 10-6 .....	10-86
10.5.7	Uitwerking van Opgave 10-7 .....	10-87
10.5.8	Uitwerking van Opgave 10-8 .....	10-88
10.5.9	Uitwerking van Opgave 10-9 .....	10-89
10.5.10	Uitwerking van Opgave 10-10.....	10-90
10.5.11	Uitwerking van Opgave 10-11.....	10-91
10.5.12	Uitwerking van Opgave 10-12.....	10-92
10.5.13	Uitwerking van Opgave 10-13.....	10-93
10.5.14	Uitwerking van Opgave 10-14.....	10-94
10.5.15	Uitwerking van Opgave 10-15.....	10-95
10.5.16	Uitwerking van Opgave 10-16.....	10-96



10.5.17	Uitwerking van Opgave 10-17.....	10-97
10.5.18	Uitwerking van Opgave 10-18.....	10-98
10.5.19	Uitwerking van Opgave 10-19.....	10-99
10.5.20	Uitwerking van Opgave 10-20.....	10-100
10.5.21	Uitwerking van Opgave 10-21.....	10-101
10.5.22	Uitwerking van Opgave 10-22.....	10-102
10.5.23	Uitwerking van Opgave 10-23.....	10-103
10.5.24	Uitwerking van Opgave 10-24.....	10-104
10.5.25	Uitwerking van Opgave 10-25.....	10-105
10.5.26	Uitwerking van Opgave 10-26.....	10-106
10.5.27	Uitwerking van Opgave 10-27.....	10-107
10.5.28	Uitwerking van Opgave 10-28.....	10-108
10.5.29	Uitwerking van Opgave 10-29.....	10-109
10.5.30	Uitwerking van Opgave 10-30.....	10-110
10.5.31	Uitwerking van Opgave 10-31.....	10-111
10.5.32	Uitwerking van Opgave 10-32.....	10-112
10.5.33	Uitwerking van Opgave 10-33.....	10-113
10.5.34	Uitwerking van Opgave 10-34.....	10-114
10.5.35	Uitwerking van Opgave 10-35.....	10-115
10.5.36	Uitwerking van Opgave 10-36.....	10-116
10.5.37	Uitwerking van Opgave 10-37.....	10-117
10.5.38	Uitwerking van Opgave 10-38.....	10-118
10.5.39	Uitwerking van Opgave 10-39.....	10-119
10.5.40	Uitwerking van Opgave 10-40.....	10-120
10.5.41	Uitwerking van Opgave 10-41.....	10-121
10.5.42	Uitwerking van Opgave 10-42.....	10-122
10.5.43	Uitwerking van Opgave 10-43.....	10-123
10.5.44	Uitwerking van Opgave 10-44.....	10-124
10.5.45	Uitwerking van Opgave 10-45.....	10-125



10.5.46	Uitwerking van Opgave 10-46.....	10-126
10.5.47	Uitwerking van Opgave 10-47.....	10-127
10.5.48	Uitwerking van Opgave 10-48.....	10-128
10.5.49	Uitwerking van Opgave 10-49.....	10-129
10.5.50	Uitwerking van Opgave 10-50.....	10-130
10.5.51	Uitwerking van Opgave 10-51.....	10-131
10.5.52	Uitwerking van Opgave 10-52.....	10-132
10.5.53	Uitwerking van Opgave 10-53.....	10-133
10.5.54	Uitwerking van Opgave 10-54.....	10-134
10.5.55	Uitwerking van Opgave 10-55.....	10-135
10.5.56	Uitwerking van Opgave 10-56.....	10-136
10.5.57	Uitwerking van Opgave 10-57.....	10-137



## 10 57 uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 10

### 10.1 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 10 hebt opgedaan, kunt toetsen aan echte examenvragen. Het is 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. 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 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.

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 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 10.5

## 10.2 Enkele opmerkingen

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). 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 (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 najaarsexamen.

Het kan zijn dat een opgave jarenlang niet meer is gebruikt en plotseling, bijvoorbeeld 10 jaar of nog meer later, weer opduikt. Denk dus niet dat een opgave die 15 jaar geleden Een betere frequentiestabiliteit van een 2-meterzender kan worden verkregen doorvoor 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. Maar reken bij voorkeur nergens op.

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.

## 10.3 Formularium

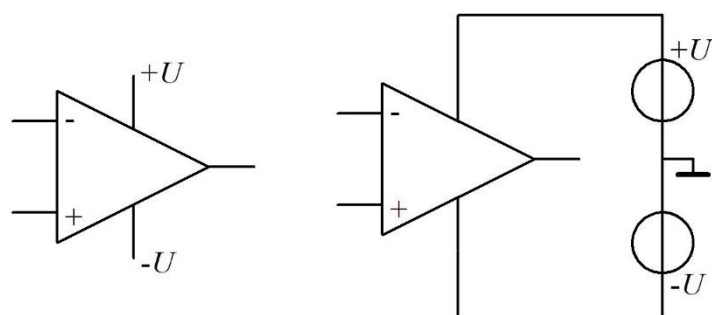
### 10.3.1 Tegenkoppeling

Bij tegenkoppeling wordt een deel van het uitgangsvermogen, spanning of -stroom in tegenfase teruggevoerd naar de ingang. Dat moet leiden tot een aanpassing van de eigenschappen van de schakeling aan de eigenschappen van het tegenkoppelende element. De prijs daarvoor is minder versterking. Misschien de meest eenvoudige vorm van tegenkoppeling is de niet-ontkoppelde emitter-, source- of kathodeweerstand. We behandelen tegenkoppeling voornamelijk aan de hand van opamps.

### 10.3.2 De opamp (operational amplifier)

Een opamp heeft een inverterende en een niet-inverterende ingang. In schema's wordt de eerste aangegeven met een minteken, de tweede met een plus.

De voeding heeft een positieve en een even grote negatieve spanning. Zo kan de uitgangsspanning zowel positief als negatief zijn. Min of meer standaard is +15 V en -15 V.



Schemasympbool met voedingsaansluitingen

Symmetrische voeding

*Figuur 10.3-1. Links: opamp met voedingsaansluitingen, rechts met een positieve en een negatieve spanningsbron.*

Enkele eigenschappen zijn

- Een zeer hoge versterking (“open-lus-versterking”, meestal in de orde van 100 000, maar afnemend met stijgende frequentie).
- Een zeer hoge ingangsweerstand
- Een lage uitgangsweerstand.
- Een laag uitgangsvermogen
- Een frequentiebereik (bandbreedte) dat afhangt van de gerealiseerde versterking (bandbreedte maal gerealiseerde versterking is een vast getal dat afhangt van het type). Een opamp versterkt ook gelijkspanning.



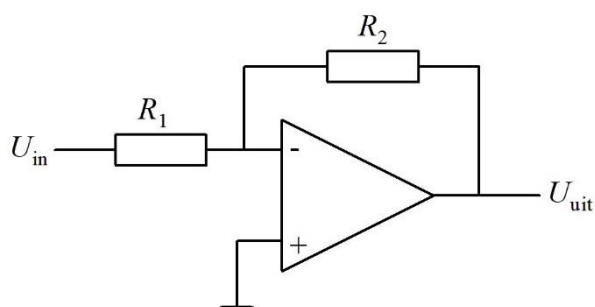
- Bij de tegengekoppelde opamp mogen de spanningen op beide ingangen gelijk worden verondersteld, omdat de open-lus-versterking zo groot is.

### 10.3.3 Schakelingen met opamps

Versterkingschakelingen met opamps zijn altijd tegengekoppeld.

#### De inverterende opamp

Het schema staat in Figuur 10.3-2.



Figuur 10.3-2. Inverterende opamp-schakeling.

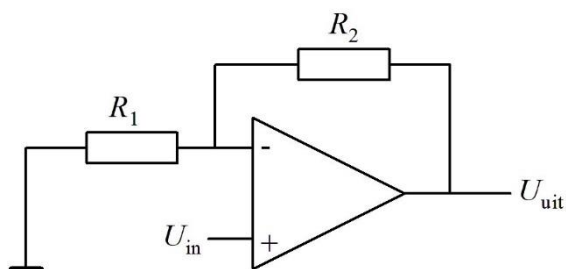
Vergelijking voor de versterking:

$$U_{uit} = -\frac{R_2}{R_1} U_{in}$$

Let op het minteken. Voor een wisselspanning betekent dit dat  $U_{uit}$  in tegenfase is met  $U_{in}$ . De ingangsweerstand van deze schakeling is  $R_1$ .

#### De niet-inverterende opamp

In tegenstelling tot de inverterende opamp staat deingangsspanning  $U_{in}$  op de niet-inverterende ingang (Figuur 10.3-3).



Figuur 10.3-3. Niet-inverterende opamp.

Vergelijking voor de versterking:

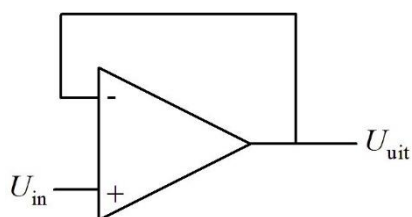
$$\frac{U_{\text{uit}}}{U_{\text{in}}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Verschil met de inverterende opamp: versterking positief en 1 meer dan de weerstandsverhouding bij de inverterende opamp

De ingangsweerstand is zeer hoog.

### De spanningsvolger

Bij de spanningsvolger is de inverterende ingang rechtstreeks verbonden met de uitgang. De niet-inverterende ingang is de signaalingang (Figuur 10.3-4)



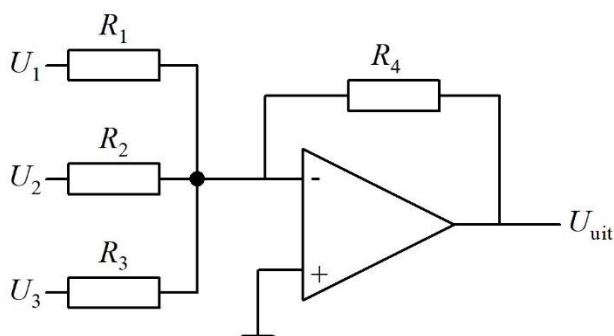
Figuur 10.3-4. De spanningsvolger.

De spanningsversterking is 1, dus  $U_{\text{uit}} = U_{\text{in}}$ .

De ingangsweerstand is zeer hoog, de uitgangsweerstand zeer laag. Toepassing: bufferversterker tussen twee schakelingen, zodat de eerste niet wordt belast door de tweede.

### De optelversterker

De optelversterker doet wat zijn naam belooft: spanningen optellen (Figuur 10.3-5)



Figuur 10.3-5. Optelversterker.

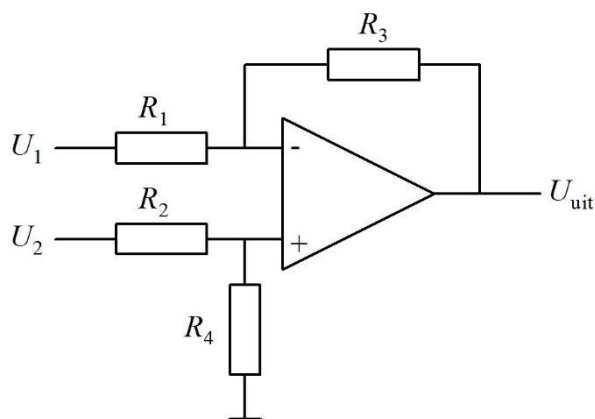
De vergelijking is:

$$U_{\text{uit}} = -\left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3}\right)R_4$$

De schakeling zet een minteken voor de optelling. Indien nodig is dat te verhelpen met een tweede inverterende versterker volgens Figuur 10.3-2 met  $R_1 = R_2$ .

### De verschilversterker

Dit is de moeilijkste versterkerschakeling met een opamp die bij het zendexamen voorkomt. Figuur 10.3-6 toont het schema.



Figuur 10.3-6. De verschilversterker.

De vergelijking:

$$U_{\text{uit}} = -\frac{R_3}{R_1}U_1 + \frac{R_4}{R_2 + R_4} \cdot \frac{R_1 + R_3}{R_1} \cdot U_2$$

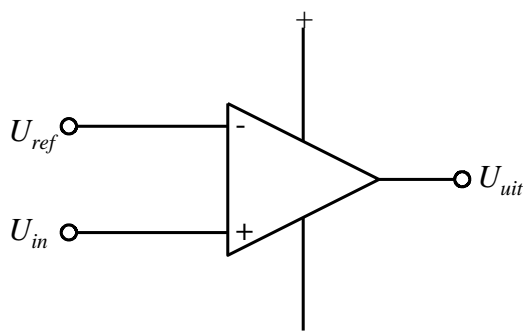
Als alle weerstanden gelijk zijn, vereenvoudigt dit zich tot

$$U_{\text{uit}} = -U_1 + U_2$$

De laatste vergelijking kun je beter onthouden; de eerste zal niet snel worden gevraagd.

### De spanningsvergelijker

De spanningsvergelijker vergelijkt spanningen. Hij is niet tegengekoppeld (Figuur 10.3-7).



Figuur 10.3-7. De spanningsvergelijker met voedingsaansluitingen.

Als in Figuur 10.3-7  $U_{in} > U_{ref}$ , dan is  $U_{uit}$  positief, in het tegengestelde geval negatief. Wordt  $U_{ref}$  verbonden met de niet-inverterende ingang en  $U_{in}$  met de inverterende, dan is de werking andersom. Even opletten dus.

#### 10.3.4 Meekoppeling: oscillatoren

Een oscillator werkt bij de gratie van positieve terugkoppeling (meekoppeling). **Daarbij moet het teruggekoppelde signaal in fase op de ingang van het versterkende element terugkomen.** Het frequentiebepalende element is bij de hier behandelde oscillatoren een LC-kring of een kristal.

Oscillatievoorwaarde is dat de rondgaande versterking bij het begin van de oscillatie 1 is en vervolgens 1. Dat gebeurt vanzelf, meestal doordat het versterkende element zichzelf in klasse B of C trekt via gelijkrichting op de basis-emitter-overgang, rooster-kathode-combinatie of via de gate-source-diode.

Een oscillator is zo los mogelijk gekoppeld aan de schakeling die de opgewekte frequentie verwerkt. Dat beperkt beïnvloeding van de oscillator door de aanhangende schakeling.

Als de resonantiefrequentie  $f_{res}$  wordt bepaald door een LC-kring, is deze te berekenen met de vergelijking van Thomson:

$$\omega_{res} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{wat hetzelfde is als } f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

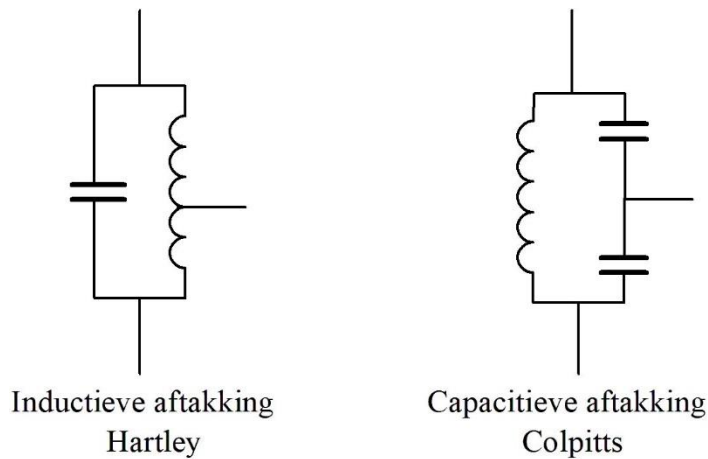
Er zijn drie hoofdgroepen van oscillatoren. Dat zijn oscillatoren in:

- Gemeenschappelijke drain-, collector- en anodeschakeling (GDS, GCS, GAS)
- Gemeenschappelijke gate-, basis- en roosterschakeling (GGS, GBS, GRS)
- Gemeenschappelijke source-, emitter- en kathodeschakeling (GSS, GES, GKS)

Daarbinnen zijn er twee hoofdtypen:

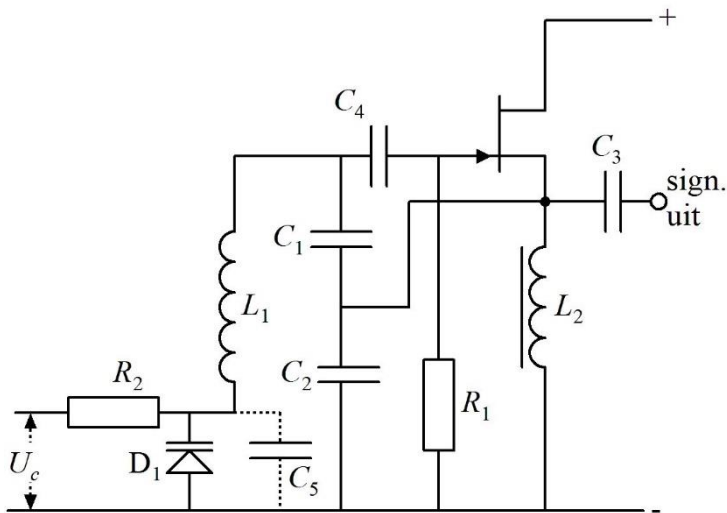
- Met aftakking op de spoel: Hartley-oscillatoren,
- Met capacitive aftakking: Colpitts-oscillatoren.

Dat ziet er zo uit (Figuur 10.3-8):



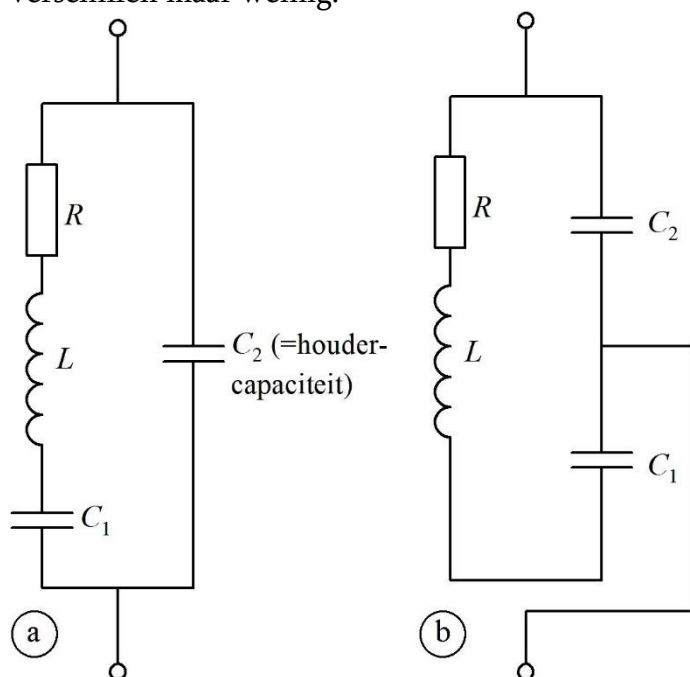
*Figuur 10.3-8. Hoofdkenmerk van Hartley- en Colpitts-schakelingen.*

Door de capaciteit geheel of gedeeltelijk als varicap uit te voeren, kan een spanninggestuurde oscillator worden gemaakt (Figuur 10.3-9).



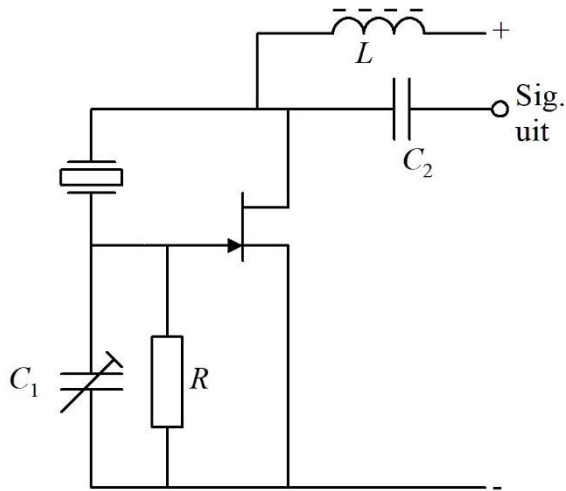
*Figuur 10.3-9. Clapp-oscillator (variant op de Colpitts, let op de capacitive aftakking) met varicap (afstemdiode,  $D_1$ )*

De afstemkring kan ook een kwartskristal zijn. De twee tegenoverliggende oppervlakken van het kristalplaatje zijn gemetalliseerd ter wille van het elektrische contact. Zo'n kristal kan als serie- en als parallelkring worden gezien. De beide resonantiefrequenties verschillen maar weinig.



*Figuur 10.3-10. Vervangingschema's van een kwartskristal. (a) en (b) lijken op het eerste gezicht verschillend, maar zijn het niet. De houdercapaciteit  $C_2$  omvat onder meer de capaciteit tussen de twee gemetalliseerde vlakken.*

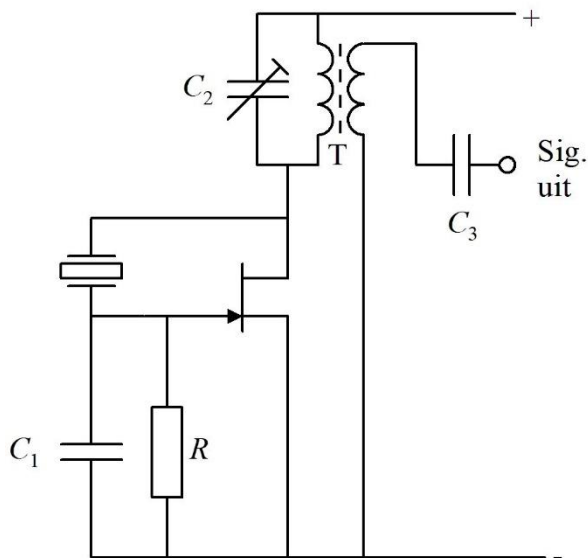
De schakeling van een kristaloscillator kan een Colpitts-oscillator zijn, waarin de spoel is vervangen door een kristal. Er zijn twee schakelingen, waarbij je je op het eerste gezicht afvraagt, hoe dat ding kan oscilleren. Dat zijn de Pierce- en de Miller-oscillator. Daarom laten we ze zien. Ze staan ook in de cursustekst. Figuur 10.3-11 toont de Pierce-oscillator.



*Figuur 10.3-11. Pierce-oscillator.*

Deze terugkoppeling van drain naar gate lijkt op een tegenkoppeling met een 180 graden in fase gedraaid signaal. Het kristal geeft echter nog een fasedraaiing van 180 graden. Samen is dat 360 graden en dat betekent meekoppeling. De schakeling werkt ook met transistor of buis.

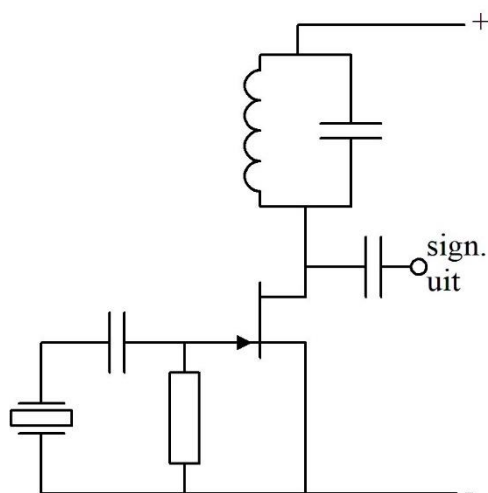
Met een afgestemde kring in de drainleiding kan een overtone-oscillator worden gemaakt.



*Figuur 10.3-12. Pierce-oscillator als overtone-oscillator met een op de overtone afgestemde kring in het draincircuit.*

Als de kring wordt afgestemd op een **oneven** harmonische van de kristalfrequentie oscilleert de Pierce-oscillator op die boventoon (*overtone*). Op die manier zijn stabiele hogere frequenties op te wekken dan met een “gewone” oscillatorschakeling. Voor frequenties boven circa 20 MHz zijn vrijwel alle kristaloscillatoren overtone-oscillatoren.

Het kan op ongeveer dezelfde manier ook met een Miller-oscillator (Figuur 10.3-13).



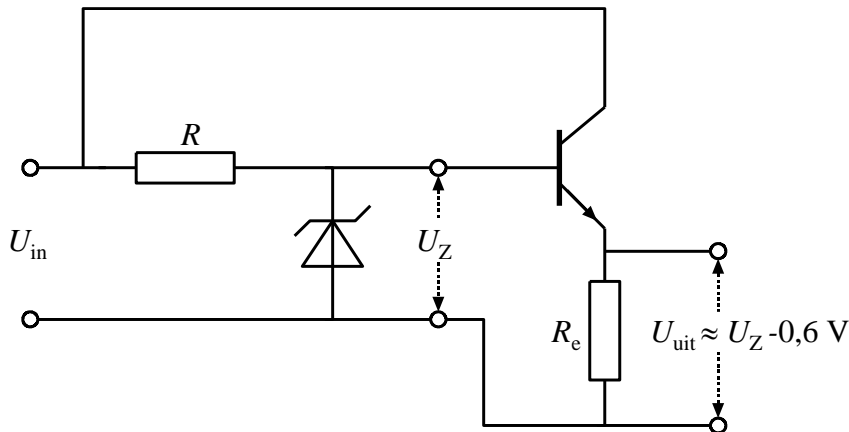
*Figuur 10.3-13. Miller-oscillator als overtone-oscillator*

Zolang de afgestemde LC-kring resonanceert op een oneven harmonische van de grondfrequentie van het kristal, levert de schakeling die harmonische. De condensator in de LC-kring kan ook een instelbaar type zijn.

Beide overtone-schakelingen kunnen ook met een transistor of buis (de Miller alleen met triode vanwege het Miller-effect dat met een schermrooster wordt onderdrukt) worden uitgerust.

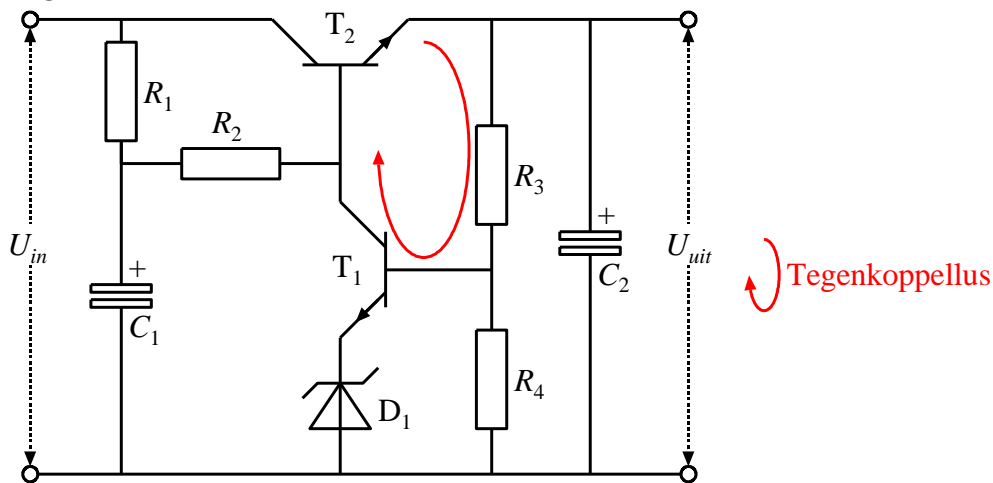
### 10.3.5 Spanningsstabilisatoren en lineaire voedingsschakelingen





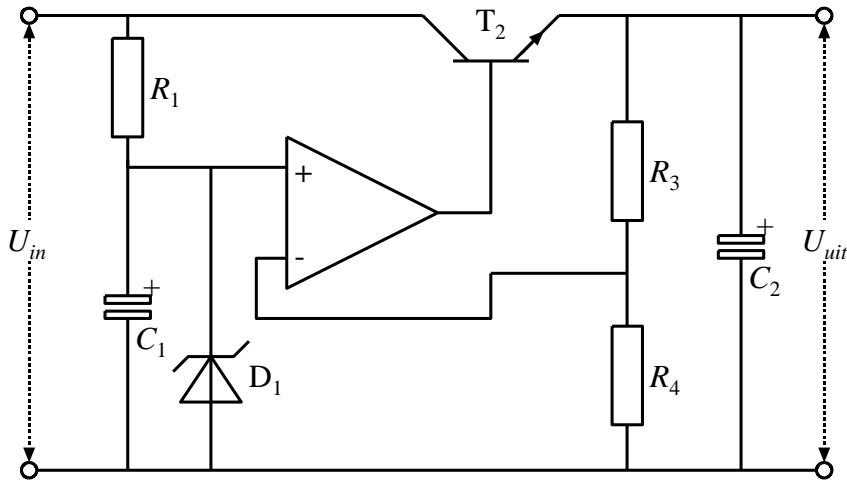
Figuur 10.3-14. Zenerdiode, gevolgd door een emittervolger.

Een schakeling met een zenerdiode, gevolgd door een emittervolger of sourcevolger (Figuur 10.3-14) levert een vrij constante spanning. De emitter- of sourcevolger vangt de belastingvariaties grotendeels op, zodat de zenerspanning redelijk constant kan blijven. Een punt om op te letten: bij toepassing van een Si-transistor is de uitgangsspanning op de emitter 0,6 tot 0,7 V lager dan de zenerspanning als gevolg van de spanning over de basis-emitterovergang. Bij een Ge-transistor is het verschil ongeveer 0,2 V. Met tegenkoppeling wordt de uitgangsspanning nog minder afhankelijk van de belasting (Figuur 10.3-15).



Figuur 10.3-15. Spanningsstabilisator met tegenkoppeling.

De tegenkoppellus bestaat uit de spanningsdeler  $R_3$  en  $R_4$ , zenerdiode  $D_1$  en transistor  $T_1$ . De lus zorgt ervoor dat de basisspanning van  $T_1$  gelijk blijft aan zenerspanning + voorspanning basis-emitterovergang van  $T_1$ . Het kan ook volgens Figuur 10.3-16 met een opamp-spanningvergelijker in plaats van transistor  $T_1$ .



Figuur 10.3-16. Schakeling als in Figuur 10.3-15 met een als spanningsvergelijker geschakelde opamp.

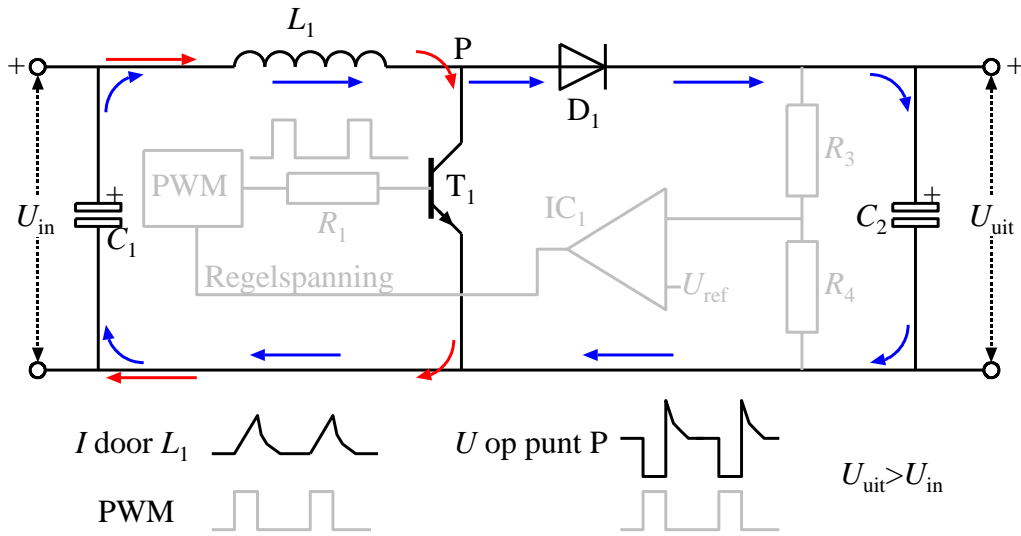
### 10.3.6 Schakelende voedingen met pulsbreedtemodulatie

De drie belangrijkste onderdelen zijn een smoorspoel, schakelend element (transistor, soms FET) en een gelijkrichtdiode. Hun onderlinge positie bepaalt wat de schakeling doet. We behandelen drie schakelingen:

- één die de ingangsspanning omhoog brengt (*step-up*)
- één die de ingangsspanning omlaag brengt (*step-down*)
- één die de ingangsspanning invertteert. Plus wordt min of min wordt plus (*inverter*).

We tonen de drie schema's uit het cursusboek. In alle gevallen geven de rode pijlen de situatie bij geleidend schakelend element en de blauwe bij een gesperd schakelend element. Wees erop bedacht dat in examenopgaven uit het verleden soms onjuiste spanningvormen zijn aangegeven. Let daarom vooral op de posities van de genoemde drie belangrijke onderdelen.

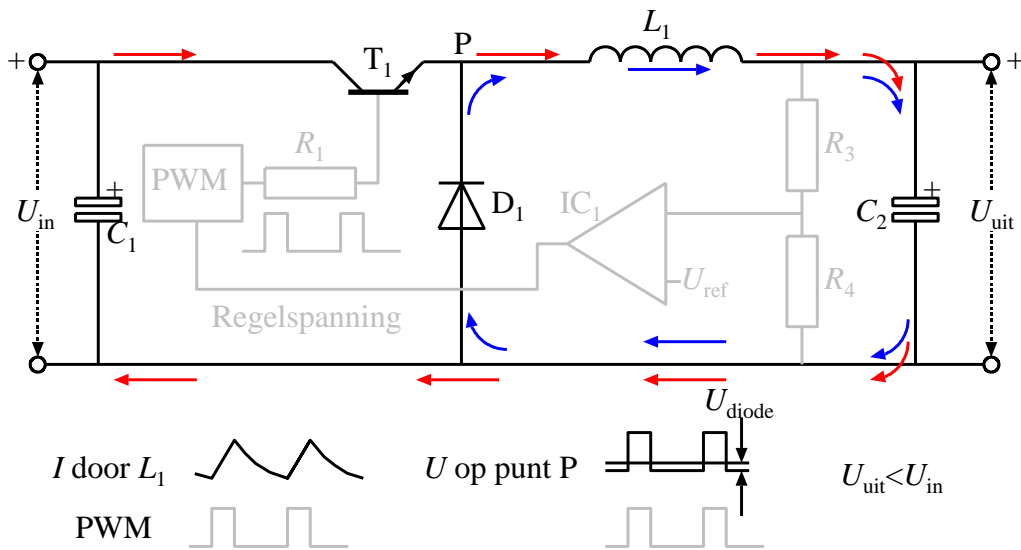
#### De step-up-schakeling



Figuur 10.3-17. Step-up schakeling.

De diode zorgt dat de uitgangsspanning  $U_{uit}$  over  $C_2$  minimaal is opgeladen tot  $U_{in}$ . Daarbovenop komen de schakelpieken van de smoorspoel, zodat  $U_{uit} > U_{in}$ .

### De step-down schakeling



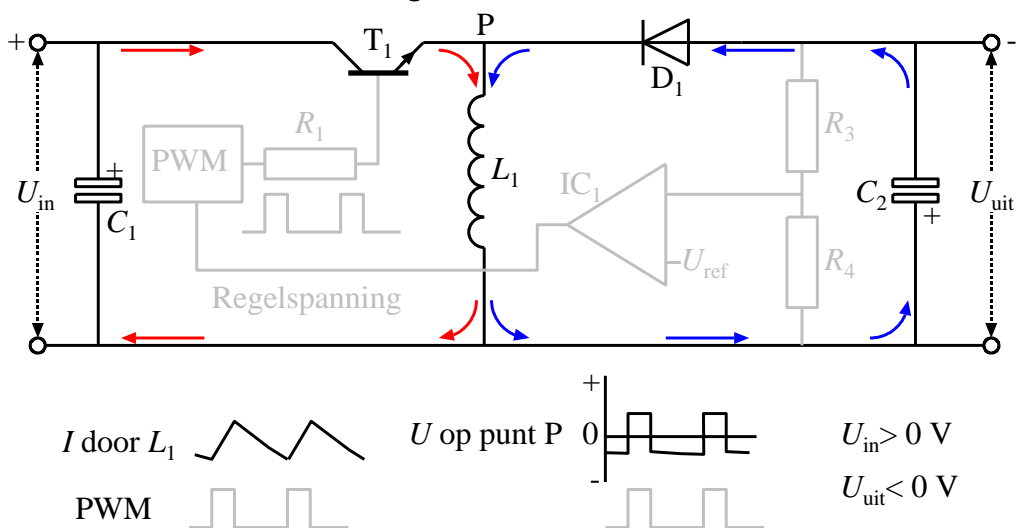
Figuur 10.3-18. Step-down schakeling.

Ten opzichte van Figuur 10.3-17 hebben smoorspoel, schakelend element (transistor, soms FET) en een gelijkrichtdiode een stapje rechtsom gemaakt. Ze zitten op andere posities in de schakeling. De spanning  $U_{uit}$  moet kleiner blijven dan  $U_{in}$  omdat anders transistor  $T_1$

niet meer kan werken. De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is bij benadering gelijk aan de duty cycle  $D_{puls}$  van de pulsspanning op de basis van  $T_1$  maal de ingangsspanning  $U_{in}$ :

$$U_{uit} \approx D_{puls} \cdot U_{in}$$

### De inverterende schakeling



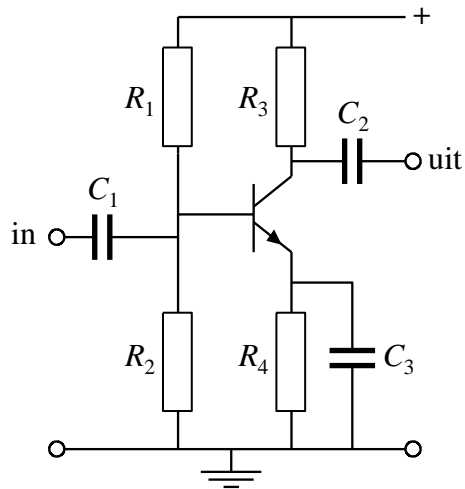
Figuur 10.3-19. Inverterschakeling.

Ten opzichte van de step-down-schakeling hebben spoel en diode van plaats gewisseld. De diode staat met de anode naar de uitgang, zodat de uitgangsspanning negatief moet zijn. Dat is ook te zien aan de polariteit van de elco  $C_2$ . De werking staat in de cursustekst; die herhalen we niet. Het is op het examen vooral een kwestie van kunnen herkennen wat wat is.



## 10.4 Opgaven


## 10.4.1 Opgave 10-1



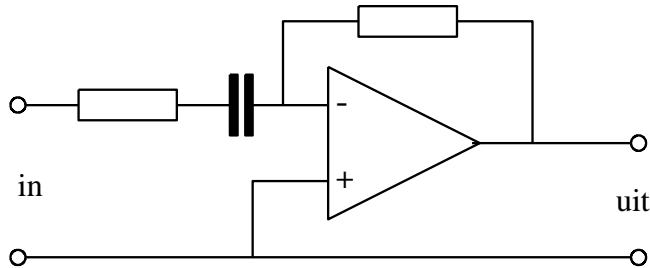
De weerstanden  $R_1$  en  $R_2$  zorgen voor

- A. Vaste voorspanning
- B. Tegenkoppeling
- C. Automatische voorspanning
- D. Ontkoppeling

(F-examen juli 2009, juli 2010, 7-09-2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

## 10.4.2 Opgave 10-2



Dit is een schema van een

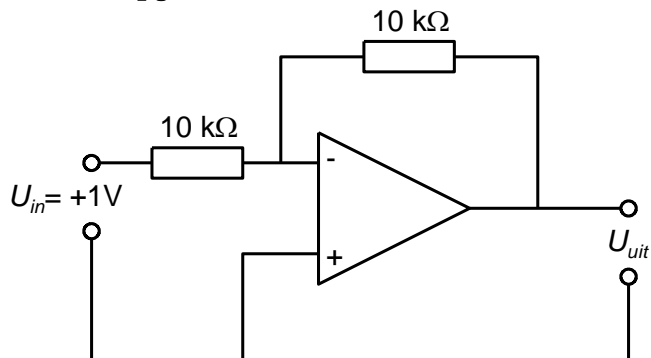
- A. Laagdoorlaatfilter
- B. Spanningvolger
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. Somversterker

(F-examen mei 2016 (2), 7-09-2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




## 10.4.3 Opgave 10-3



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is:

- A. 0 V
- B. -2 V
- C. -1 V
- D. +1 V

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

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 





#### 10.4.4 Opgave 10-4

In een LC-oscillator vindt de positieve terugkoppeling van de uitgang naar de ingang gebruikelijk plaats door middel van een

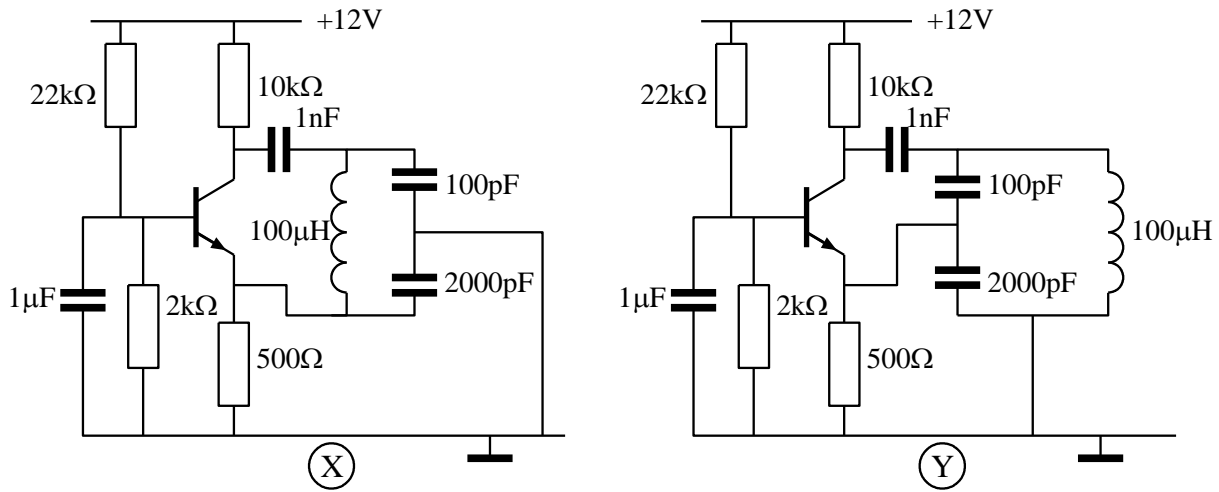
- A. Capacitieve deler
- B. Neutrodyne condensator
- C. NTC-weerstand
- D. Zenerdiode

(F-examen najaar 2001, september 2009 (2), december 2010, mei 2011 (2), mei 2012 (2), september 2013 (2), 2-11-2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




## 10.4.5 Opgave 10-5



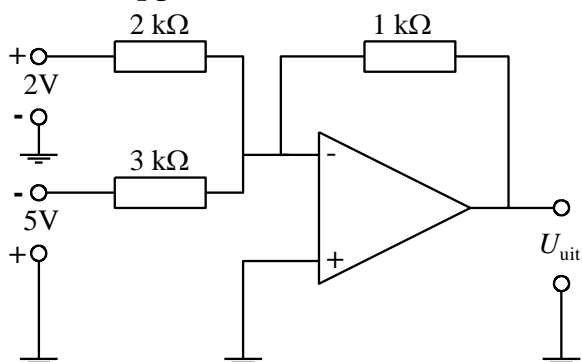
Welke schakeling oscilleert op de resonantiefrequentie van de LC-kring?

- A. Uitsluitend schakeling X
- B. Geen van beide schakelingen
- C. Zowel schakeling X als schakeling Y
- D. Uitsluitend schakeling Y

(F-examen voorjaar 2000, september 2010 (2), 01-03-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

## 10.4.6 Opgave 10-6



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is ongeveer

- A. 0 V
- B. 1,0 V
- C. 2,0 V
- D. 0,7 V

(F-examen voorjaar 2002, voorjaar 2006, 17-05-2017, maart 2018, 05-09-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 10.4.7 Opgave 10-7

Bij een werkende oscillator wordt aan de volgende voorwaarden voldaan:

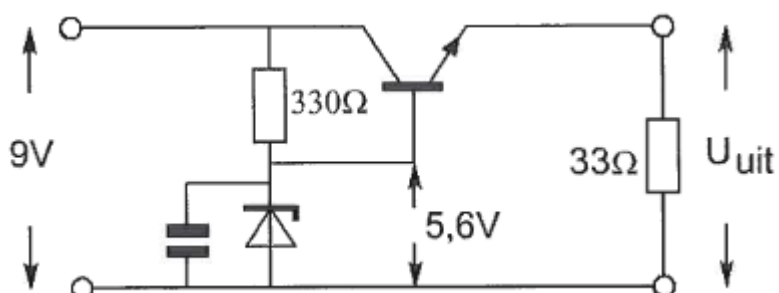
- A. Rondgaande versterking groter dan 1; rondgaande fasedraaiing  $180^\circ$
- B. Rondgaande versterking kleiner dan 1; rondgaande fasedraaiing  $270^\circ$
- C. Rondgaande versterking gelijk aan 1; rondgaande fasedraaiing  $360^\circ$
- D. Rondgaande versterking oneindig; rondgaande fasedraaiing  $90^\circ$

(F-examen voorjaar 2005, 17-05-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




## 10.4.8 Opgave 10-8



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  van de schakeling met siliciumtransistor is ongeveer:

- A. 5,0 V
- B. 8,4 V
- C. 5,6 V
- D. 6,2 V

(F-examen maart 2009 (2), januari 2010, februari 2010 (2), april 2010, mei 2010 (1), augustus 2010, februari 2011, augustus 2011, september 2011 (1), maart 2012, maart 2013, november 2014 (1), 06-09-2017, september 2017))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

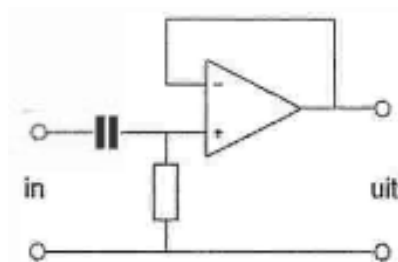
### 10.4.9 Opgave 10-9

Dit is een schema van een

- A. modulator
- B. laagdoorlaatfilter
- C. verschilversterker
- D. hoogdoorlaatfilter

(F-examen najaar 2000, oktober 2008 (1), mei 2009 (2), november 2009, januari 2013, mei 2015 (1), september 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






#### 10.4.10 Opgave 10-10

Het aanbrengen van meekoppeling in een versterker kan tot gevolg hebben dat:

- A. De vervorming afneemt
- B. De versterker ongevoeliger wordt
- C. De versterker gaat oscilleren
- D. De versterker stabiel wordt

(F-examen september 2010 (2), 06-09-2017, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




#### 10.4.11 Opgave 10-11

In een LC-oscillator vindt de positieve terugkoppeling van de uitgang naar de ingang gebruikelijk plaats door een:

- A. Zenerdiode
- B. Neutrodyne condensator
- C. NTC-weerstand
- D. Spoel met aftakking

(F-examen 06-09-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 






#### 10.4.12 Opgave 10-12

Een capaciteitsdiode (varicap) wordt vaak gebruikt om

- A. Een signaal gelijk te richten
- B. Een oscillator te verstemmen
- C. Een spanning constant te houden
- D. Een stroom te variëren

(F-examen april 2008, 01-11-2017, 07-11-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 10.4.13 Opgave 10-13

De open-lus versterkingsfactor van een OpAmp bij een frequentie van 1 kHz is in de praktijk ongeveer

- A. 1.000
- B. 10
- C. 100.000
- D. 100

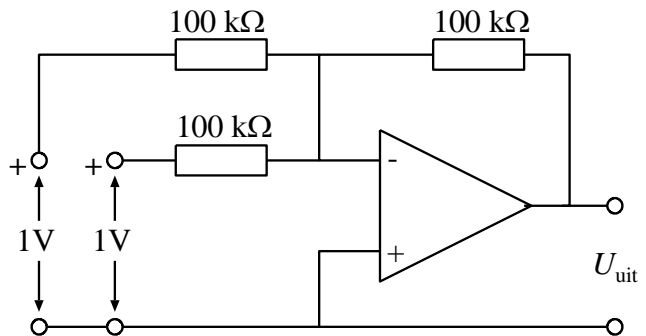
(F-examen november 2011, januari 2013, september 2014 (1), 01-11-2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**10.4.14 Opgave 10-14**De uitgangsspanning  $U_{\text{uit}}$  is

- A. 0 V
- B. -2 V
- C. -1 V
- D. +1 V



(F-examen najaar 2003, augustus 2009, maart 2013, 10-01-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

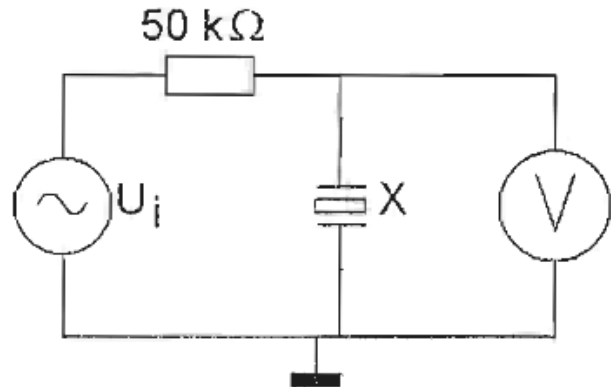


**10.4.15 Opgave 10-15**

X is een kwartskristal voor 7 MHz (grondtoon).  $U_i$  wordt opgewekt door een signaalgenerator met nauwkeurig instelbare frequentie  $f$ . Als  $f$  heel langzaam van 6,99 MHz naar 7,01 MHz wordt veranderd, is op de voltmeter te zien dat het kristal resoneert.

Op de voltmeter ziet men:

- A. Een dip gevolgd door een piek
- B. Een piek gevolgd door een dip
- C. Alleen één piek
- D. Alleen één dip



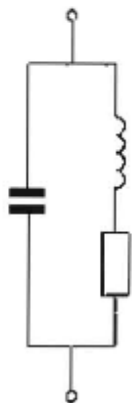
(F-examen mei 2011 (2), mei 2012 (1), mei 2016 (1), 07-03-2018, 16-05-2018, mei 2019 (1), september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



## 10.4.16 Opgave 10-16

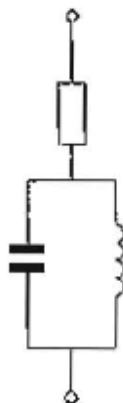
Het gebruikelijke vervangingschema voor een kwartskristal is:



1.



2.



3.



4.

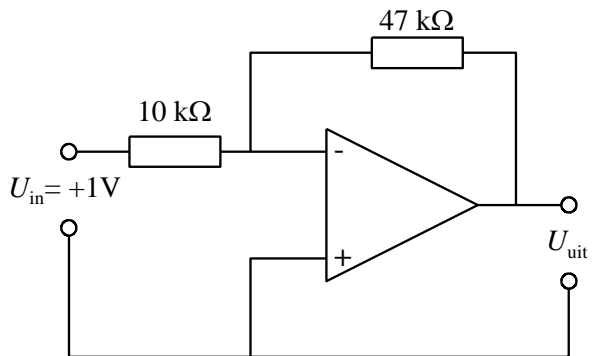
- A. Schema 1
- B. Schema 4
- C. Schema 3
- D. Schema 2

(F-examen december 2010, september 2011 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




## 10.4.17 Opgave 10-17



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is

- A. +4,7 V
- B. -5,7 V
- C. +5,7 V
- D. -4,7 V

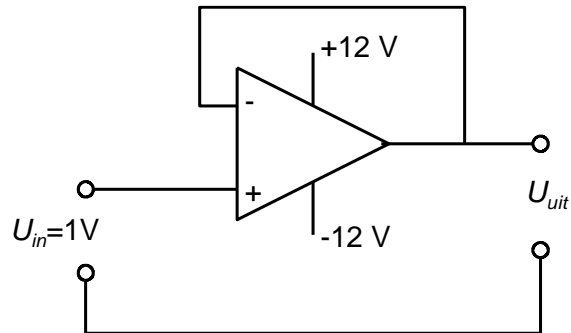
(F-examen 7-03-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**10.4.18 Opgave 10-18**De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is:

- A. +1 V
- B. -1 V
- C. +12 V
- D. 0 V

(F-examen september 2019)



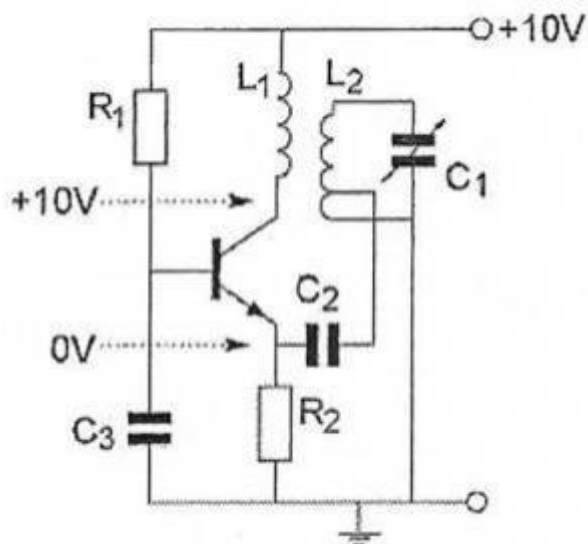
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**10.4.19 Opgave 10-19**


Deze LC-oscillator blijkt niet te werken.

De gelijkspanning wordt op enkele punten gemeten; de waarden staan in het schema. Het waarschijnlijke defect is:



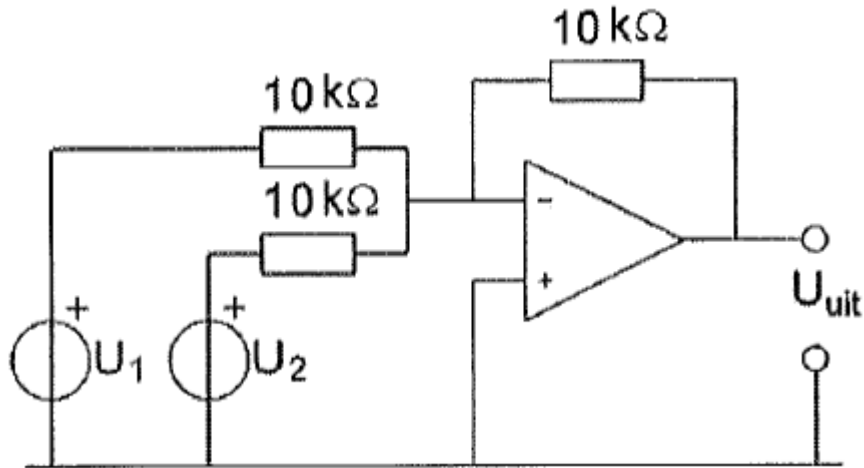
- A.  $R_2$  onderbroken
- B.  $L_2$  onderbroken
- C.  $L_1$  kortgesloten
- D.  $C_3$  kortgesloten

(F-examen september 2007, mei 2010 (1), mei 2011 (1), mei 2013 (2), september 2014, 29-05-2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



## 10.4.20 Opgave 10-20

De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is

- A.  $-(U_1 + U_2)$
- B.  $U_2 - U_1$
- C.  $U_1 + U_2$
- D.  $U_1 - U_2$

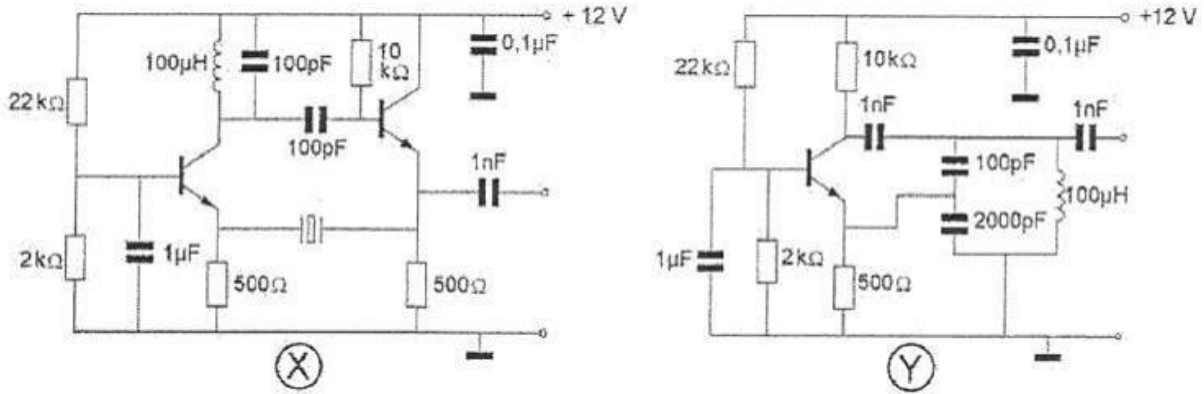
(F-examen september 2008, januari 2018, 09-01-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




10.4.21 Opgave 10-21

Welke schakeling kan als overtone-oscillator werken?



- A. Alleen schakeling Y
- B. Schakeling X en Y
- C. Alleen schakeling X
- D. Geen van beide schakelingen

(F-examen februari 2011, 06-03-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 10.4.22 Opgave 10-22

De frequentie waarop een oscillator werkt, wordt voornamelijk bepaald door

- A. Het versterkende element
- B. De rondgaande versterking
- C. De LC-combinatie
- D. De terugkoppelfactor

(F-examen najaar 2007, 06-03-2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






### 10.4.23 Opgave 10-23

Om een oscillator elektrisch te verstemmen, wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van:

- A. LED
- B. Diodenbrug
- C. Varicapdiode
- D. Zenerdiode

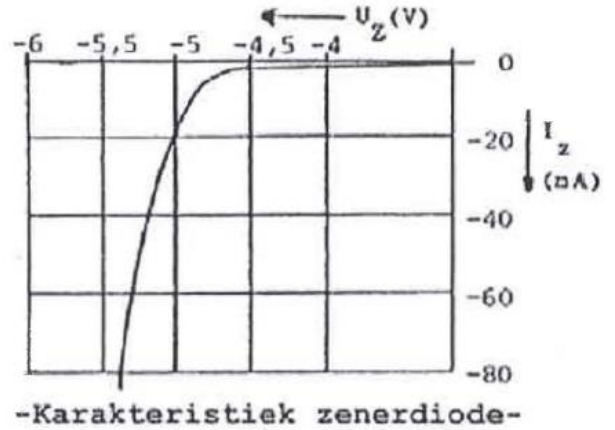
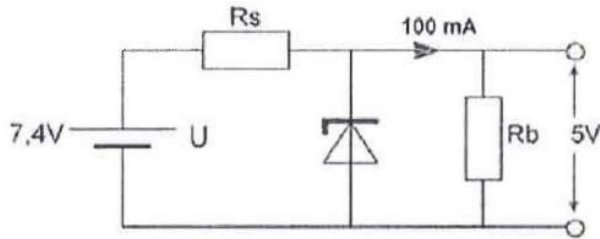
(F-examen december 2011, mei 2014 (2), mei 2016 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 


10.4.24 Opgave 10-24

De spanning over  $R_b$  moet worden gestabiliseerd op 5 volt.  $R_s$  moet zijn:

- A.  $24 \Omega$
- B.  $50 \Omega$
- C.  $20 \Omega$
- D.  $10 \Omega$

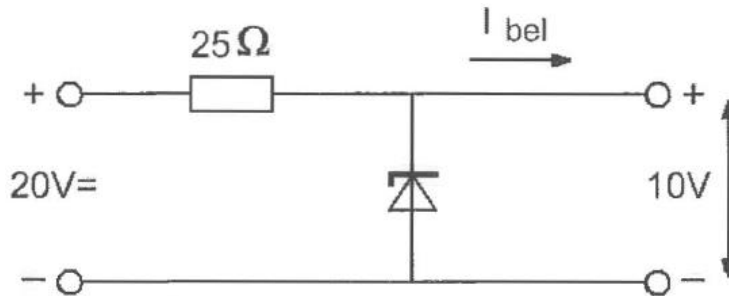


(F-examen najaar 2001, september 2010 (2), november 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**10.4.25 Opgave 10-25**

De belastingsstroom  $I_{\text{bel}}$  varieert van 100 mA tot 300 mA. Het maximaal door de zenerdiode gedissipeerde vermogen is



- A. 2 W
- B. 3 W
- C. 1 W
- D. 8 W

(F-examen najaar 2000, juli 2009, september 2009 (1), januari 2010, november 2010 (2), december 2010, maart 2011 (2), mei 2013 (2), november 2013 (1), mei 2016 (1), september 2017, januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






#### 10.4.26 Opgave 10-26

Een kwartskristal gedraagt zich als:

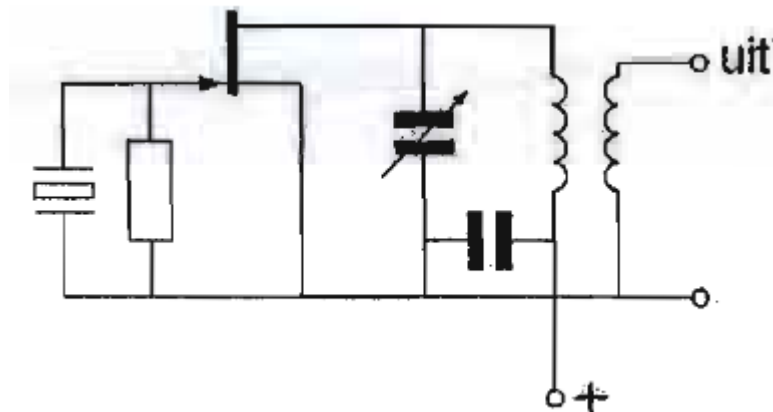
- A. Een oscillator
- B. Een resonantiekring
- C. Een detector
- D. Een afvlakfilter

(F-examen april 2008)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**10.4.27 Opgave 10-27**

De schakeling werkt als overtone-oscillator.



Stelling 1: de kring is afgestemd op de tweede harmonische van het kristal

Stelling 2: het kristal werkt in serie-resonantie

Wat is juist:

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

(F-examen najaar 2005, november 2009, maart 2010, september 2010 (1), maart 2011 (2), juli 2011, september 2014 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

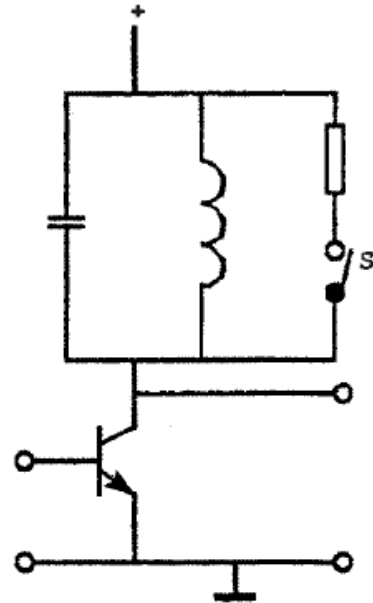





**10.4.28 Opgave 10-28**

Door het sluiten van de schakelaar S wordt:

- A. De versterking kleiner en de bandbreedte kleiner
- B. De versterking groter en de bandbreedte kleiner
- C. De versterking kleiner en de bandbreedte groter
- D. De versterking groter en de bandbreedte groter



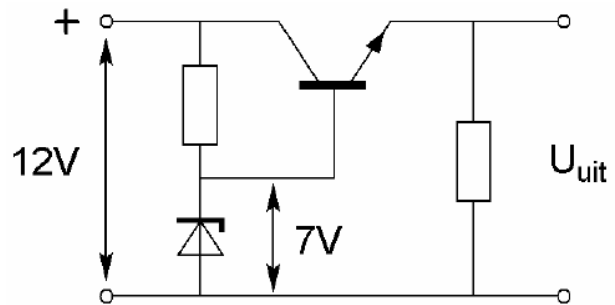
(F-examen najaar 2003, mei 2009 (2), oktober 2009, maart 2010, maart 2012)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**10.4.29 Opgave 10-29**

De uitgangsspanning  $U_{uit}$  van de schakeling met een siliciumtransistor is ongeveer:

- A. 6,3 V
- B. 7 V
- C. 7,7 V
- D. 8,4 V



(F-examen april 2008, november 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





### 10.4.30 Opgave 10-30

De frequentiestabiliteit van een oscillator met een FET kan worden verbeterd door

- A. De temperatuurvariaties te verkleinen
- B. De gate-spanning te verkleinen
- C. De gate-impedantie te verhogen
- D. Het afknijppunt te verleggen

(F-examen maart 2011 (2), september 2011 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

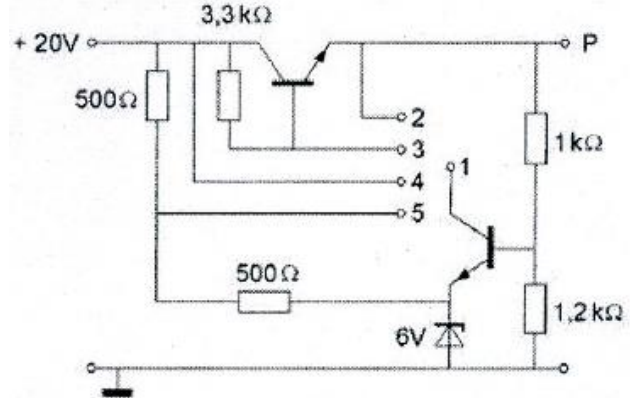


**10.4.31 Opgave 10-31**

Om een gestabiliseerde spanning op punt P te verkrijgen, moet punt 1 worden doorverbonden met

- A. Punt 3
- B. Punt 5
- C. Punt 2
- D. Punt 4

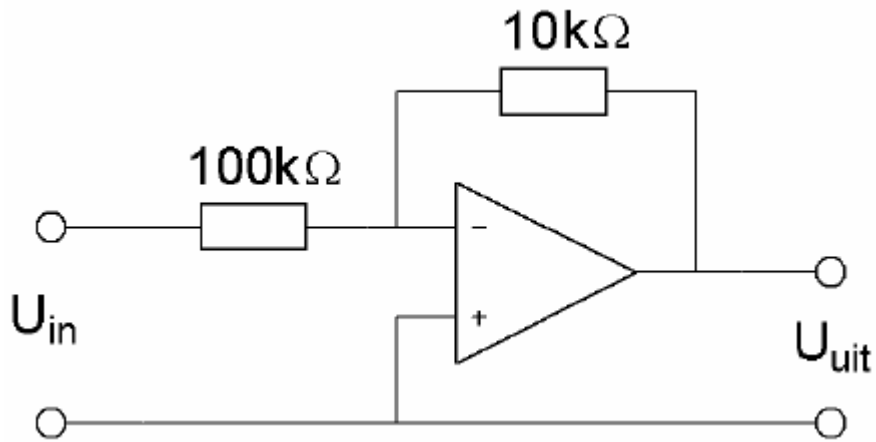
(F-examen voorjaar 2002, maart 2009  
(2), november 2016, mei 2017 (2))



Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




## 10.4.32 Opgave 10-32



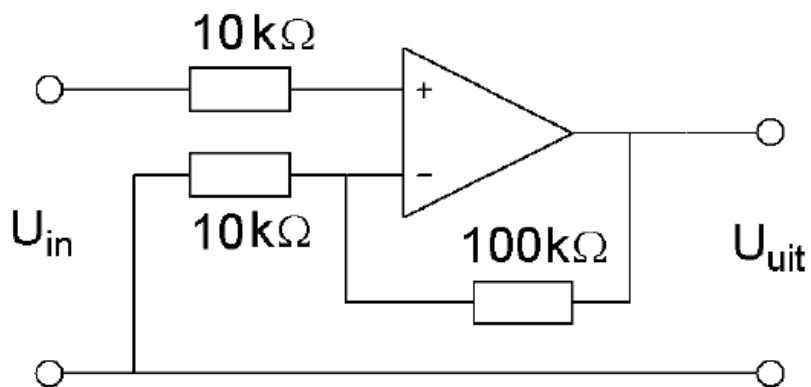
De versterking van de schakeling is:

- A. 0,1x
- B. 10x
- C. 11x
- D. 10.000x

(F-examen april 2008, juli 2009, september 2009 (1), mei 2011 (3), september 2012)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

## 10.4.33 Opgave 10-33



De versterking van de schakeling is:

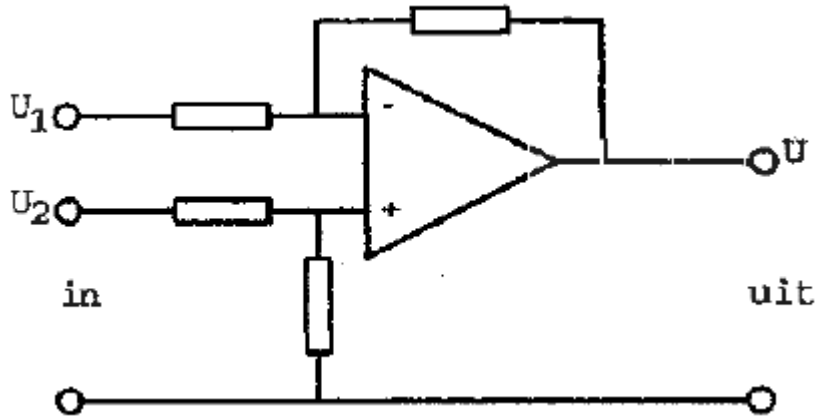
- A. 0,1x
- B. 10x
- C. 11x
- D. 10.000x

(F-examen voorjaar 2004, oktober 2008 (1), november 2008 (1), januari 2009, mei 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




## 10.4.34 Opgave 10-34



De schakeling stelt voor een:

- A. Hoogdoorlaatfilter
- B. Laagdoorlaarfilter
- C. Verschilversterker
- D. Modulator

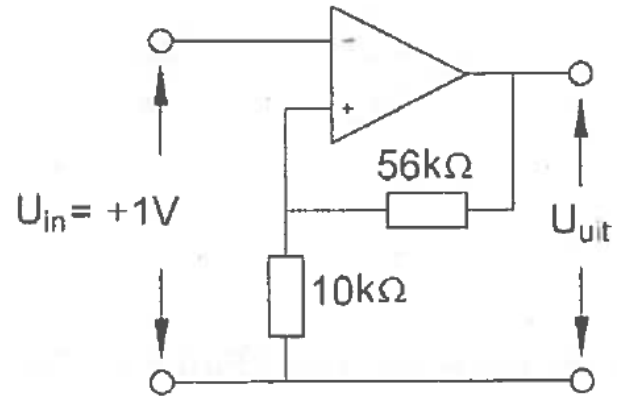
(F-examennajaar 2002, april 2009, februari 2011, November 2014 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**10.4.35 Opgave 10-35**De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is:

- A. +6,6 V
- B. -5,6 V
- C. -1 V
- D. +1 V

(F-examen mei 2009 (1), maart 2016)



Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



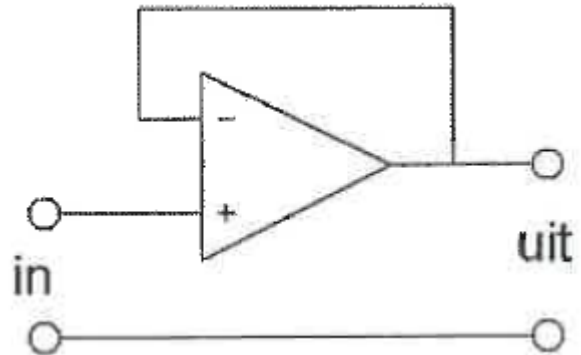


**10.4.36 Opgave 10-36**

De schakeling stelt voor een

- A. Spanningvolger
- B. Somversterker
- C. Detector
- D. Verschilversterker

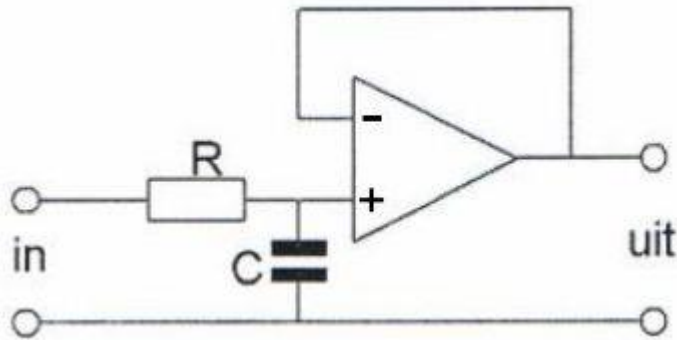
(F-examen maart 2010)



Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



## 10.4.37 Opgave 10-37



Dit is het schema van een:

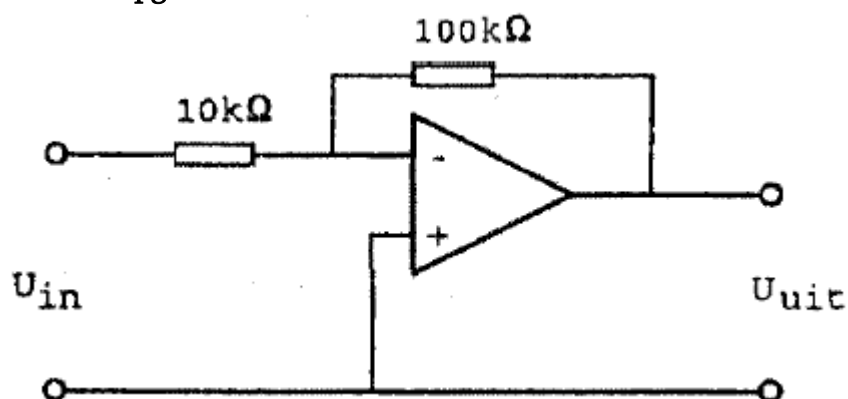
- A. Verschilversterker
- B. Laagdoorlaatfilter
- C. Modulator
- D. Hoogdoorlaatfilter

(F-examen september 2010 (1), september 2014 (2), januari 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



## 10.4.38 Opgave 10-38



De versterking van de schakeling is:

- A. 0,1
- B. 10
- C. 11
- D. 10.000

(F-examen voorjaar 2001)

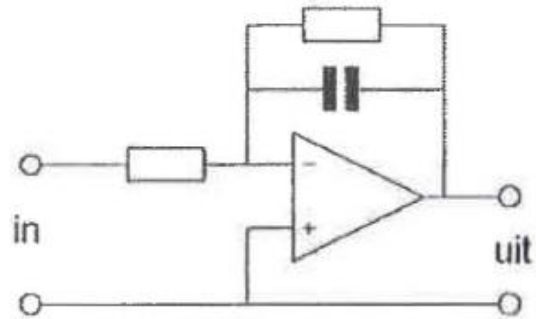
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




**10.4.39 Opgave 10-39**

Dit is het schema van een:

- A. Somversterker
- B. Spanningsvolger
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. Laagdoorlaatfilter



(F-examen mei 2011 (2), september 2011 (2), mei 2012 (1 en 2), september 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



#### 10.4.40 Opgave 10-40

De uitgangsimpedantie van een ideale opamp is:

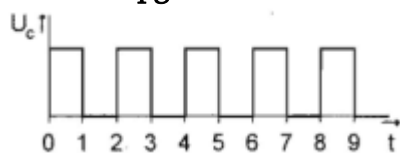
- A. Circa  $100 \Omega$
- B. Circa  $1000 \Omega$
- C. Z  r hoog
- D. Z  r laag

(F-examen november 2013 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



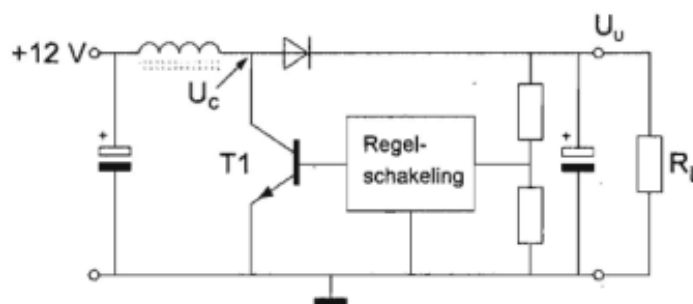
## 10.4.41 Opgave 10-41




De schakelende voeding wordt belast door  $R_L$ .  $T_1$  werkt als een schakelaar: open of dicht.

De spanning  $U_c$  heeft de getekende golfvorm.  $U_U$  is ongeveer:

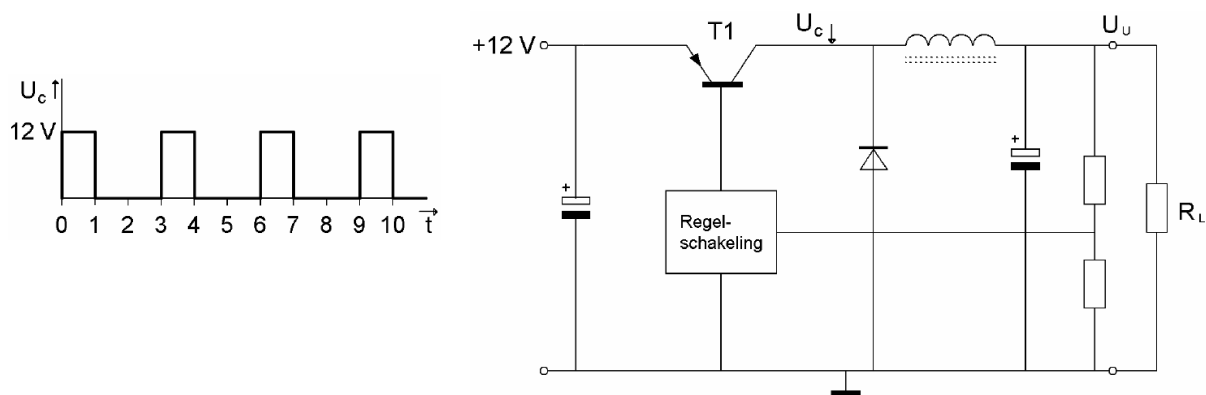
- A. 24 V
- B. 6 V
- C. 8 V
- D. 12 V



(F-examen mei 2009 (2), juli 2011, november 2011, november 2013 (2), september 2016, maart 2018, mei 2018 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

## 10.4.42 Opgave 10-42




De schakelende voeding wordt normaal belast door  $R_L$ . De spanning  $U_C$  heeft de getekende golfvorm.

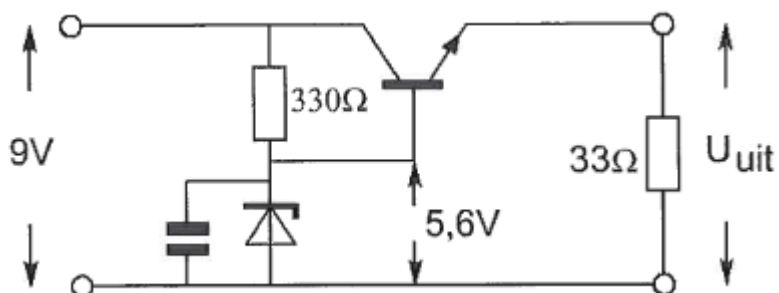
$U_U$  is:

- A. 4 V
- B. 8 V
- C. 12 V
- D. 24 V

(F-examen april 2008, januari 2013, augustus 2013, mei 2018 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

## 10.4.43 Opgave 10-43



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  van de schakeling met een siliciumtransistor is ongeveer:

- A. 8,4 V
- B. 6,2 V
- C. 5,6 V
- D. 5,0 V

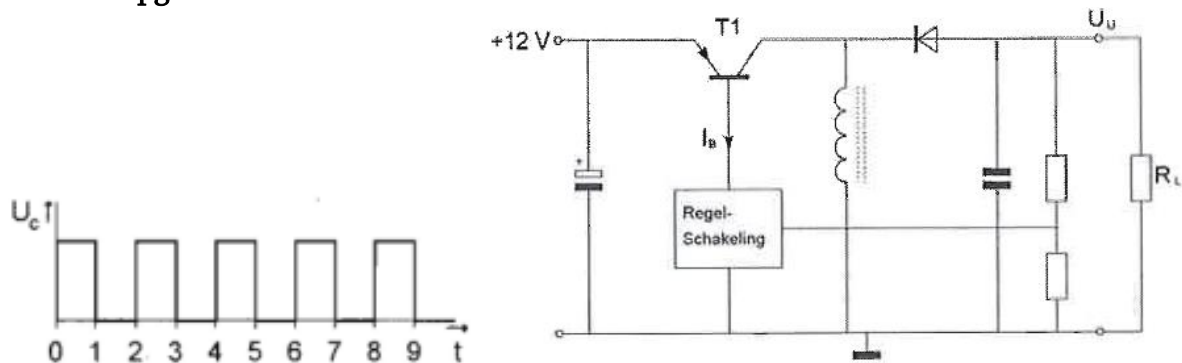
(F-examen januari 2009)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





## 10.4.44 Opgave 10-44




De schakelende voeding wordt belast door  $R_L$ .  $T_1$  werkt als een schakelaar: open of dicht. De basisstroom van  $T_1$  heeft de getekende golfvorm.

$U_u$  is ongeveer:

- A. 24 V
- B. 4 V
- C. -12 V
- D. 12 V

(F-examen maart 2009 (2), augustus 2010, September 2010 (1), maart 2016, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




#### 10.4.45 Opgave 10-45

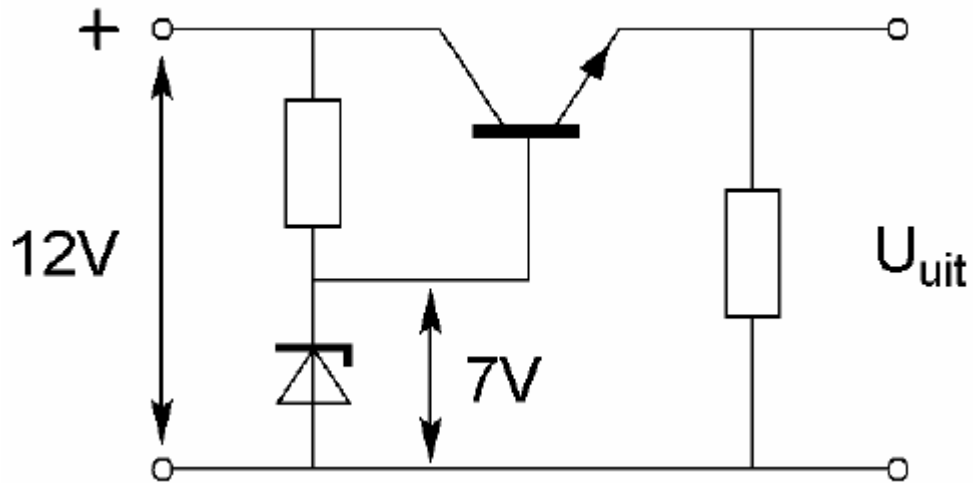
Een schakelende voeding heeft ten opzichte van een voeding met een vermogenstransistor als serie-regelaar het voordeel dat:

- A. De kans op radiostoring kleiner is
- B. Een eenvoudiger regelschakeling kan worden toegepast
- C. Onbelast geen energie wordt verbruikt
- D. Het rendement hoger is

(F-examen juli 2011, september 2011 (1), november 2011)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 


## 10.4.46 Opgave 10-46



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  van de schakeling met een siliciumtransistor is ongeveer:

- A. 6,3 V
- B. 7 V
- C. 7,7 V
- D. 8,4 V

(F-examen april 2008)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




#### 10.4.47 Opgave 10-47

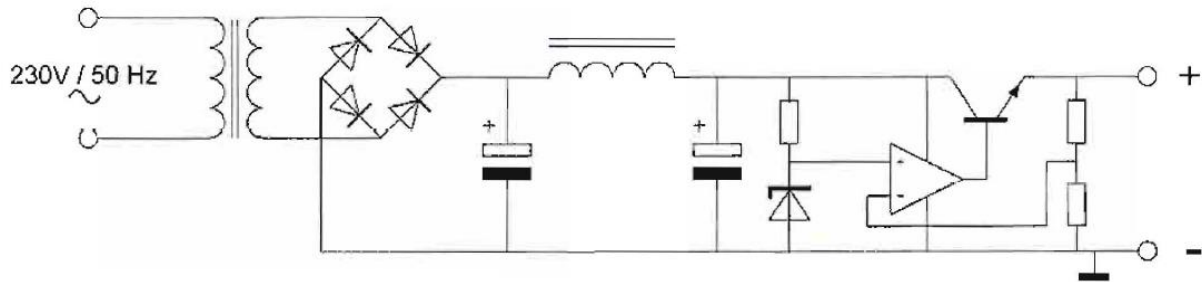
Een overtone-kristaloscillator oscilleert op:

- A. De grondfrequentie
- B. Een oneven harmonische frequentie
- C. Zowel oneven als even harmonische frequenties
- D. Een even harmonische frequentie

(F-examen maart 2009 (2), mei 2009 (2), mei 2015 (1), mei 2016 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 


## 10.4.48 Opgave 10-48



Dit is het schema van een

- A. Zendereindtrap
- B. LF-eindversterker
- C. Gestabiliseerde voeding
- D. Balansmodulator

(F-examen najaar 2006, november 2011, september 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




#### 10.4.49 Opgave 10-49

Een HF-oscillator moet elektrisch en mechanisch stabiel zijn om te bereiken dat de oscillator geen

- A. Sleutelklikken genereert
- B. Frequentieverloop vertoont
- C. Vervorming veroorzaakt
- D. Overmodulatie veroorzaakt

(F-examen januari 2011, maart 2011 (2), januari 2013, mei 2015 (1), januari 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




#### 10.4.50 Opgave 10-50

Een betere frequentiestabiliteit van een 2-meterzender kan worden verkregen door:

- A. De eindtrap in klasse C in te stellen
- B. De antenne goed aan te passen
- C. Voedingsspanning van de oscillator te stabiliseren
- D. Eindtrap in klasse B in te stellen

(F-examen voorjaar 2006, november 2009, december 2010, augustus 2011, september 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 




#### 10.4.51 Opgave 10-51

De frequentiestabiliteit van een oscillator met een FET kan worden verbeterd door:

- A. De gate-spanning te verkleinen
- B. De gate-impedantie te verhogen
- C. Het afknijppunt te verleggen
- D. De temperatuurvariaties te verkleinen

(F-examen voorjaar 2004, januari 2009, augustus 2009)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 






#### 10.4.52 Opgave 10-52

Om de frequentiedrift van een VFO zo klein mogelijk te maken kan men

- A. De voedingsspanning van de VFO stabiliseren
- B. De afgegeven spanning zo hoog mogelijk houden
- C. Een laagdoorlaatfilter opnemen achter de VFO
- D. Alleen de voedingsspanning aansluiten wanneer dit werkelijk vereist is

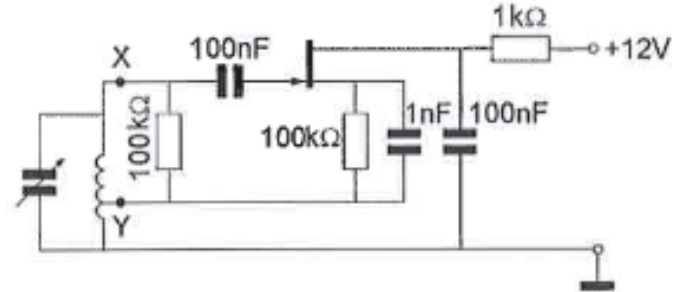
(F-examen mei 2011 (1), januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**10.4.53 Opgave 10-53**

Bij de oscillator is de faseverschuiving tussen de punten X en Y (beide gemeten t.o.v. aarde):

- A.  $270^\circ$
- B.  $180^\circ$
- C.  $0^\circ$
- D.  $90^\circ$



(F-examen januari 2009)

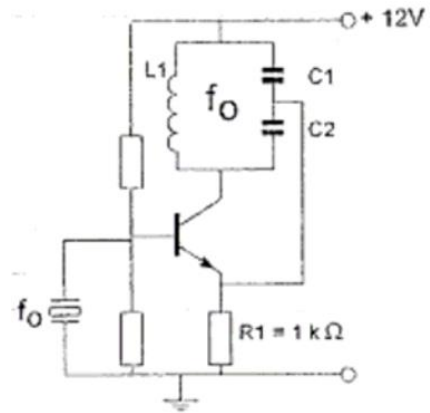
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




**10.4.54 Opgave 10-54**

Deze schakeling oscilleert op de frequentie, bepaald door

- A. Het X-tal in parallelresonantie
- B. Het X-tal in serieresonantie
- C.  $C_1$ ,  $C_2$  en  $R_1$
- D.  $C_1$ ,  $C_2$  en  $L_1$

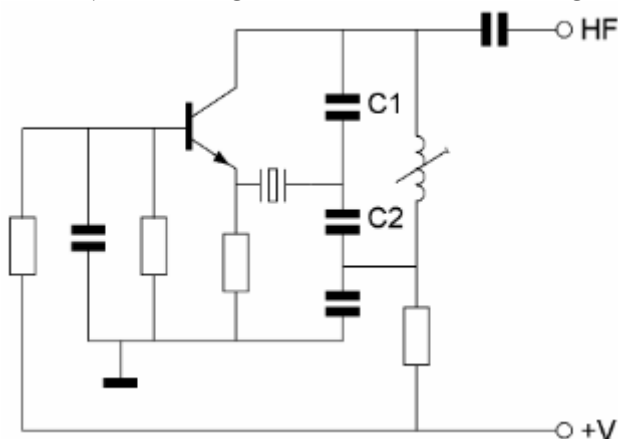


(F-examen april 2010, december 2011, september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 


**10.4.55 Opgave 10-55**

$C_2$  is vijf maal zo groot als  $C_1$ . De schakeling werkt:



- A. Als oscillator, zowel met een kristal in parallel- als in serieresonantie
- B. Als oscillator met het kristal in serieresonantie
- C. Als oscillator met het kristal in parallelresonantie
- D. Niet als oscillator

(F-examen najaar 2007, maart 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



### 10.4.56 Opgave 10-56

Een kwartskristal gedraagt zich als:

- A. Een oscillator
- B. Een resonantiekring
- C. Een detector
- D. Een afvlakfilter

(F-examen april 2008, januari 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

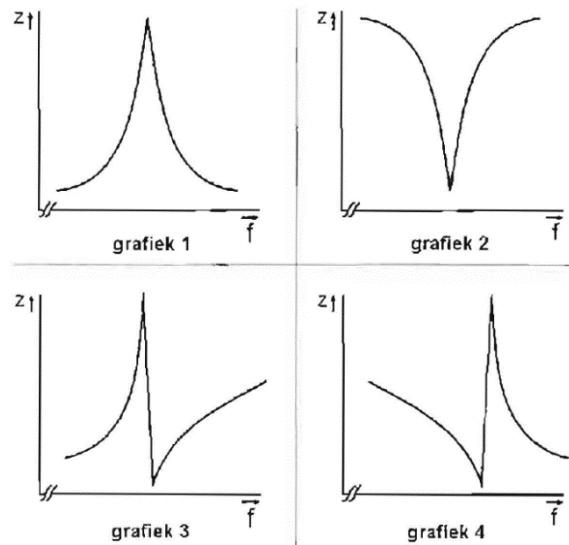


**10.4.57 Opgave 10-57**

De impedantiegrafiek van een kwartskristal rond de resonantiefrequentie op de grondtoon is gegeven in:

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

(F-examen oktober 2008 (1), maart 2009 (1), januari 2011, augustus 2013)



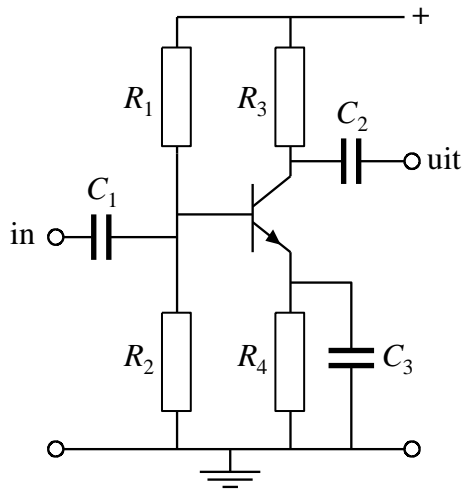
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





## 10.5 Uitwerkingen

### 10.5.1 Uitwerking van Opgave 10-1



De weerstanden  $R_1$  en  $R_2$  zorgen voor

- A. Vaste voorspanning
- B. Tegenkoppeling
- C. Automatische voorspanning
- D. Ontkoppeling

#### Uitwerking

De versterkerschakeling staat in klasse A. De functie van beide weerstanden is het maken van een voorspanning Die ligt met de twee weerstanden en de emitterweerstand  $R_4$  vast. Antwoord A is goed.

#### Opmerkingen

Er is ontkoppeling, maar die verloopt via condensator  $C_3$ .  $R_4$  verzorgt tegenkoppeling voor gelijkstroom.

Het verschil tussen vaste en automatische voorspanning: vast is er altijd; automatisch alleen als het nodig is.

Deze opgave zou je mogelijk eerder verwachten bij hoofdstuk 9, maar omdat bij de antwoorden tegenkoppeling wordt genoemd, staat hij hier.



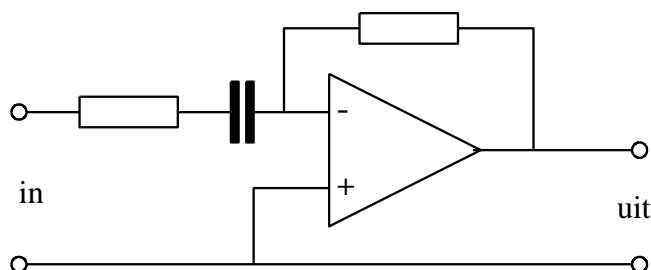
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.2 Uitwerking van Opgave 10-2



Dit is een schema van een

- A. Laagdoorlaatfilter
- B. Spanningvolger
- C. **Hoogdoorlaatfilter**
- D. Somversterker

#### Uitwerking

Aan de ingang van de tegengekoppelde opamp is een hoogdoorlatend filter geschakeld. De waarde van de tegenkoppelweerstand is onafhankelijk van de frequentie. Daardoor is de versterking hoger, naarmate de frequentie hoger is. Daarmee is niet alleen de ingangsschakeling met weerstand en condensator een hoogdoorlaatfilter, maar is de hele schakeling het. Dat betekent antwoord C

#### Opmerking

Het nut van de opamp hierbij is dat de belastingsschakeling geen invloed heeft op de eigenschappen van het filter.

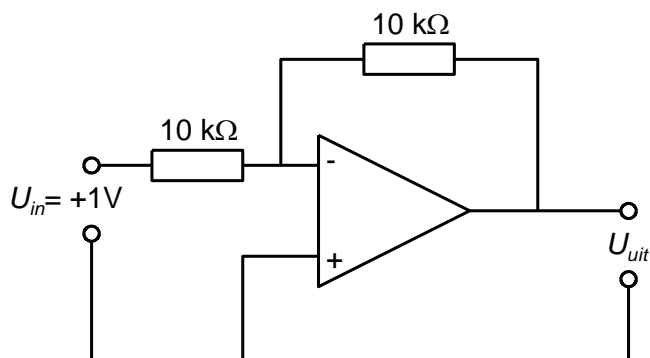


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



## 10.5.3 Uitwerking van Opgave 10-3



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is:

- A. 0 V
- B. -2 V
- C. -1 V
- D. +1 V

**Uitwerking**

Dit is een inverterende (omkerende) versterker. De spanningsversterking is gelijk aan terugkoppelweerstand  $R_t$  gedeeld door ingangswaerstand  $R_{in}$  met een minteken ervoor. In vergelijkingvorm is dat  $-U_{in} \cdot R_t / R_{in}$  en daar komt -1 V uit. Anders gezegd: de ingangsspanning van +1V wordt vermenigvuldigd met -1 en aan de uitgang vinden we daarom  $U_{uit} = (-1) \cdot (+1V) = -1 V$ , antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.4 Uitwerking van Opgave 10-4

In een LC-oscillator vindt de positieve terugkoppeling van de uitgang naar de ingang gebruikelijk plaats door middel van een

- A. **Capacitieve deler**
- B. Neutrodyne condensator
- C. NTC-weerstand
- D. Zenerdiode

#### **Uitwerking**

De terugkoppeling in een LC-oscillator loopt via een capacitieve deler (Colpitts) of een inductieve deler (Hartley). In het rijtje antwoorden staat van deze twee alleen de capacitieve deler en de rest valt af omdat die niets met oscillatoren van doen heeft. Antwoord A dus.

#### **Opmerking 1**

In Opgave 10-11 staat eenzelfde vraag, maar met een aftakking op de spoel (dus een inductieve deler, Hartley).

#### **Opmerking 2 (voor wie wil weten waar antwoord B vandaan komt)**

Misschien is het goed om iets over antwoord B te zeggen. De neutrodyne of neutrodynisatie-condensator zat ooit in de exameneisen en je komt de term af en toe nog tegen, zoals hier. Die condensator dient als een soort tegenkoppeling om te voorkomen dat een schakeling met aan zowel in- als uitgang een afgestemde parallelkring, aan het oscilleren slaat. Die oscillerende schakeling is de in Hoofdstuk 10 kort besproken Huth-Kühn-oscillator. Toegepast als versterker mag hij juist niet oscilleren. De neutrodynisatie-condensator is daarom een ding dat oscillatie voorkomt.

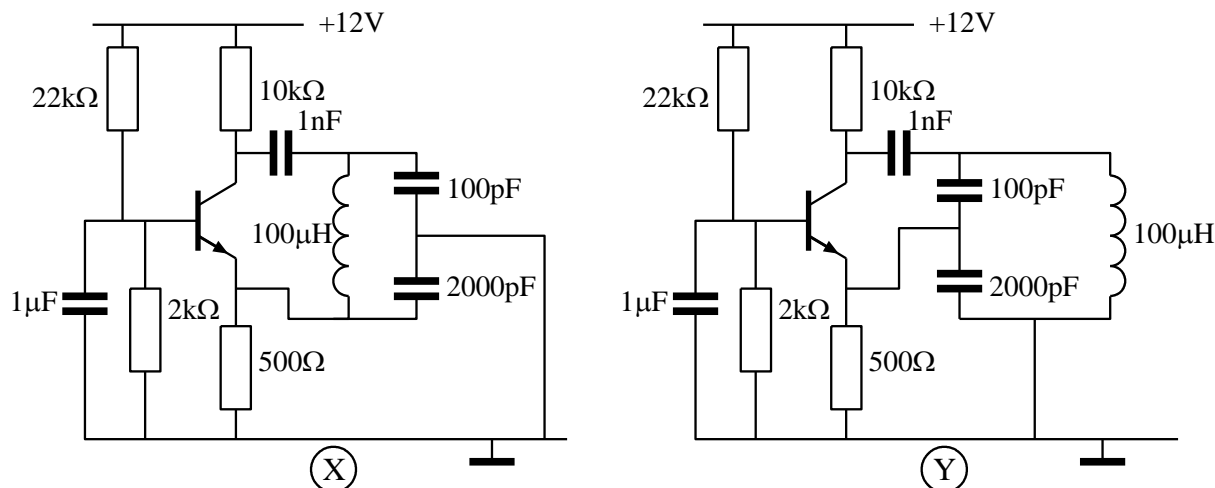


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.5 Uitwerking van Opgave 10-5



Welke schakeling oscilleert op de resonantiefrequentie van de LC-kring?

- A. Uitsluitend schakeling X
- B. Geen van beide schakelingen
- C. Zowel schakeling X als schakeling Y
- D. Uitsluitend schakeling Y

#### Uitwerking

De eerste te beantwoorden vraag is in welke basisschakeling de transistor staat, want we moeten weten of het signaal in fase of in tegenfase wordt teruggekoppeld naar de signaalingang.

In beide schema's is de basis via een condensator van  $1\ \mu\text{F}$  ontkoppeld naar massa en heeft daardoor alleen een constante gelijkspanning. De transistor staat daarom in GBS, de Gemeenschappelijke BasisSchakeling (Hoofdstuk 8). De emitter is signaalingang, de collector signaaluitgang en in- en uitgangssignaal zijn in fase.

Het signaal op de collector moet via de afgestemde kring in fase terug naar de emitter. In beide schakelingen is de bovenkant van de kring op dezelfde manier verbonden met de collector.

In schakeling X is de onderkant van de kring rechtstreeks verbonden met de emitter en er is een capacitieve aftakking naar  $0\text{V}$ . Dat betekent dat in de kring fase-omkering plaats vindt. Het signaal komt in tegenfase terug: tegenkoppeling in plaats van meekoppeling. Conclusie: oscillatie onmogelijk.



In schakeling Y is de kring met zijn onderkant verbonden met 0V. De emitter krijgt via de capacitieve aftakking signaal terug in fase: meekoppeling. Dan is er oscillatie.

Kortom, X oscilleert niet, Y wel. Antwoord D is daarom goed.

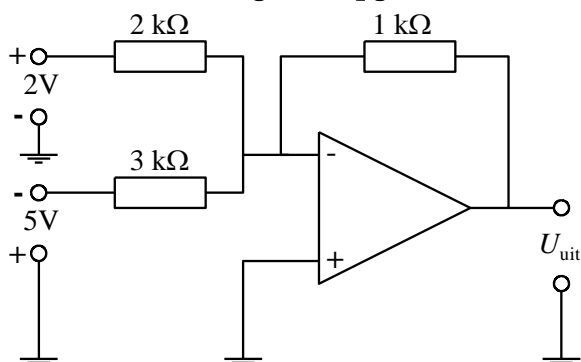


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.6 Uitwerking van Opgave 10-6



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is ongeveer

- A. 0 V
- B. 1,0 V
- C. 2,0 V
- D. 0,7 V

#### Uitwerking

Let allereerst op de polariteit van de tweeingangsspanningen. De 2V is positief, de 5V komt uit een bron die met de + aan massa (aarde) ligt, zodat de 5V in werkelijkheid -5V is.

Het gaat hier om een inverterende optelschakeling. Wat plus is aan de ingang, wordt min aan de uitgang en omgekeerd.

De tegenkoppelweerstand  $R_t$  is die van  $1\text{ k}\Omega$ . De  $+2\text{ V}$  is via een ingangsweerstand  $R_{in}$  van  $2\text{ k}\Omega$  verbonden met de inverterende ingang. De  $-5\text{ V}$  is via een  $R_{in}$  van  $3\text{ k}\Omega$  verbonden met diezelfde inverterende ingang. Voor de spanningsversterking  $A_u$  van de afzonderlijke spanningen geldt:

$$A_u = -\frac{R_t}{R_{in}}$$

De 2V geeft zo aan de uitgang  $-2\text{V}/2 = -1\text{V}$ . De -5V wordt aan de uitgang  $+5\text{V}/3 \approx +1,7\text{ V}$ . Dan is  $U_{uit} = -1\text{V} + 1,7\text{ V} = +0,7\text{V}$ . Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.7 Uitwerking van Opgave 10-7

Bij een werkende oscillator wordt aan de volgende voorwaarden voldaan:

- A. Rondgaande versterking groter dan 1; rondgaande fasedraaiing  $180^\circ$
- B. Rondgaande versterking kleiner dan 1; rondgaande fasedraaiing  $270^\circ$
- C. Rondgaande versterking gelijk aan 1; rondgaande fasedraaiing  $360^\circ$**
- D. Rondgaande versterking oneindig; rondgaande fasedraaiing  $90^\circ$

#### **Uitwerking**

Bij een oscillator moet de rondgaande fasedraaiing  $360^\circ$  zijn. Dat is hetzelfde als  $0^\circ$ . Een oscillator stelt zich daarop vanzelf in omdat op die frequentie de grootste rondgaande versterking wordt bereikt. Dat sluit alle antwoorden behalve C uit.

We controleren toch even:

De rondgaande versterking is aan het begin van het oscillatieproces groter dan 1, maar doordat het versterkende element zichzelf in klasse C (of soms B) trekt, wordt de versterking vanzelf teruggebracht tot 1. Dat laatste is in dit geval gebeurd, want in de eerste zin gaat het over een *werkende* oscillator.

Dat bevestigt dat antwoord C het juiste antwoord is.

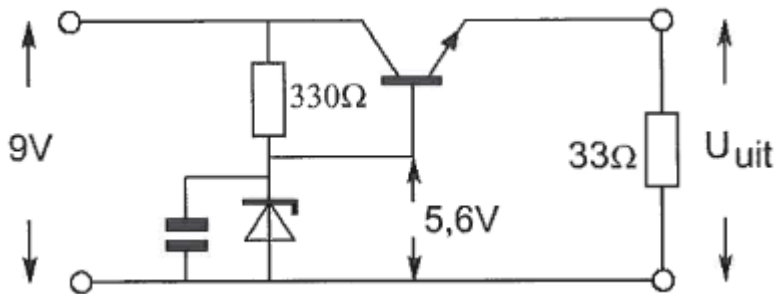


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



## 10.5.8 Uitwerking van Opgave 10-8



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  van de schakeling met siliciumtransistor is ongeveer:

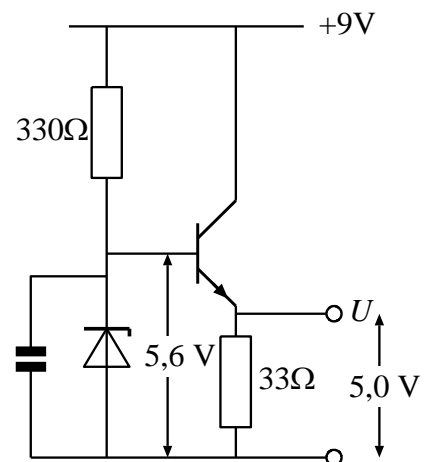
- A. 5,0 V
- B. 8,4 V
- C. 5,6 V
- D. 6,2 V

**Uitwerking**

Het kan handig zijn, de schakeling een beetje anders te tekenen (rechts). Dan wordt duidelijker waarom het gaat.

De transistor staat in gemeenschappelijke collectorschakeling. Dat is hetzelfde als een emittervolger.

De zenerdiode levert 5,6 V aan de basis. De basis-emitterdiode snoept daar ongeveer 0,6 V vanaf, want het gaat om een siliciumtransistor. Voor  $U$  blijft er dan ongeveer 5,0 V over. Dat antwoord zien we bij A.


**Opmerking**

Deze schakeling komt in de buurt van de gestabiliseerde voedingen. Wat ontbreekt, is tegenkoppeling. Door de versterking in de transistor kan veel meer stroom van de schakeling worden afgenomen dan van een schakeling met alleen een zenerdiode. Daarom staat deze opgave bij hoofdstuk 10 in plaats van bij 8. De grotere beschikbare stroom gaat ten koste van een 0,6 V lagere uitgangsspanning.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

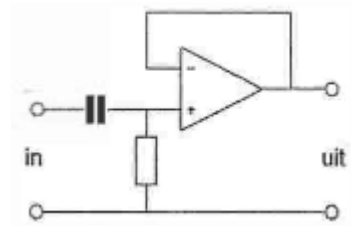




### 10.5.9 Uitwerking van Opgave 10-9

Dit is een schema van een

- A. Modulator
- B. Laagdoorlaatfilter
- C. Verschilversterker
- D. **Hoogdoorlaatfilter**



#### Uitwerking

De inverterende ingang van de opamp is direct verbonden met de uitgang. In de cursustekst heet dit een spanningsvolger: de uitgangsspanning is gelijk aan die op de niet-inverterende ingang. Deingangsimpedantie is zeer hoog, de uitgangsimpedantie uiterst laag.

De verdere werking komt van de weerstand en condensator aan de niet-inverterende ingang. Die schakeling kennen we uit hoofdstuk 5: een hoogdoorlaatfilter. De functie van de op-amp is die van een bufferversterker die de invloed van de vervolgschakeling op de werking van het filter uitsluit. Dat wordt dus antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.10 Uitwerking van Opgave 10-10

Het aanbrengen van meekoppeling in een versterker kan tot gevolg hebben dat:

- A. De vervorming afneemt
- B. De versterker ongevoeliger wordt
- C. De versterker gaat oscilleren**
- D. De versterker stabiel wordt

#### **Uitwerking**

Bij het aanbrengen van meekoppeling is aan één oscillatievoorwaarde al voldaan: er is minstens één frequentie waarbij de fase-omkering tussen twee punten in de versterkerschakeling  $0^\circ$  of  $360^\circ$  is. Die twee getallen komen op hetzelfde neer..

Als er tussen diezelfde punten een rondgaande versterking is die bij het begin van de oscillatie groter is dan 1, kan de oscillatiefrequentie uit de ruis worden opgepikt en start de oscillatie. Als die eenmaal loopt, zakt die versterking naar 1. Meestal gebeurt dat doordat een versterkend element in de schakeling zich in Klasse C trekt.

Dat betekent antwoord C.

#### **Opmerking**

Voor de zekerheid kijken we nog even naar de andere antwoorden.

Antwoord A: de vervorming zal bij meekoppeling in het beste geval gelijk blijven, maar waarschijnlijk toenemen omdat de versterker minder stabiel wordt als hij al niet gaat oscilleren.

Antwoord B: de gevoeligheid van de versterker zal, mits de versterker niet gaat oscilleren, iets groter worden, niet kleiner.

Antwoord D: zie commentaar op antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.11 Uitwerking van Opgave 10-11

In een LC-oscillator vindt de positieve terugkoppeling van de uitgang naar de ingang gebruikelijk plaats door een:

- A. Zenerdiode
- B. Neutrodyne condensator
- C. NTC-weerstand
- D. Spoel met aftakking**

#### **Uitwerking**

Deze vraag lijkt sterk op Opgave 10-4. Het enige verschil is dat nu een spoel met aftakking wordt genoemd en in Opgave 10-4 wordt gesproken over een capacitieve aftakking. Dat was daar het goede antwoord en hier is dat de spoel met aftakking, de Hartley-oscillator. Het goede antwoord is hier dus D.

Voor meer commentaar, ga naar Uitwerking van Opgave 10-4.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.12 Uitwerking van Opgave 10-12

Een capaciteitsdiode (varicap) wordt vaak gebruikt om

- A. Een signaal gelijk te richten
- B. Een oscillator te verstemmen**
- C. Een spanning constant te houden
- D. Een stroom te variëren

#### Uitwerking

Dit is typisch een vraag om de antwoorden na te lopen, want de meeste gespecialiseerde dioden *kun* je ook voor andere dingen gebruiken dan waarvoor ze zijn gemaakt.

- A. Een capaciteitsdiode wordt zelden of nooit gebruikt om een signaal gelijk te richten. Daar zijn geschiktere dioden voor. Dit zal het goede antwoord dus niet zijn.
- B. Capaciteitsdioden heten ook wel *afstemdioden* omdat je er een afgestemde kring mee kunt verstemmen. Oscillatoren bevatten er vaak één. Dit zou dus wel eens het goede antwoord kunnen zijn. Voor de zekerheid kijken we verder.
- C. Een spanning constant houden doe je met een zenerdiode. Dit antwoord maakt dus geen schijn van kans.
- D. Een stroom variëren lukt niet met een diode, maar wel met een FET, buis of transistor. Er zijn opamp-schakelingen waarmee het ook kan, maar we kunnen bij dit antwoorde dezelfde conclusie trekken als bij C: geen schijn van kans.

Conclusie: antwoord B is het juiste antwoord.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

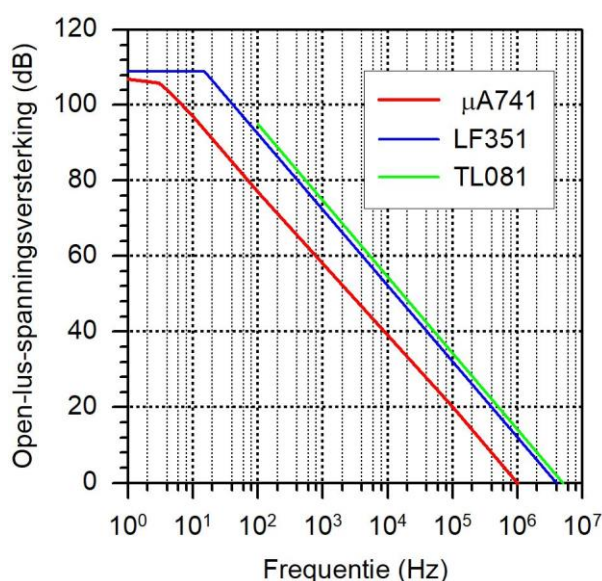


### 10.5.13 Uitwerking van Opgave 10-13

De open-lus versterking van een opamp bij een frequentie van 1 kHz is in de praktijk ongeveer:

- A. 100
- B. 1.000
- C. 100.000 (het officiële” antwoord, maar lees vooral de uitwerking)
- D. 10

#### Uitwerking



Open-lusversterking is kort besproken in de cursustekst met toevoeging van een kadertje met grafiek. Die laatste hebben we hier nodig, want het “officiële” antwoord is .... **fout**.

We bekijken de rode grafiek, de onderste dus. Dat is die voor de  $\mu A741$ . Voor 1 kHz ( $10^3$  Hz in de grafiek) vinden we 60 dB. Dat is spanningsversterking en dus geen 1 miljoen, maar de wortel daaruit, dat is 1000. Antwoord B zou dus goed moeten zijn, maar de antwoordenlijsten van de examens geven C.

Dat antwoord zou neerkomen op 100 dB. Het zou aardig passen bij gelijkspanning of, met een beetje soepelheid, 15 Hz (neem de blauwe grafiek), maar niet bij 1000 Hz.

#### Opmerking

Uw schrijver was hier aanvankelijk ook ingestonken, tot hij door een mede-amateur attent werd gemaakt op het foute officiële antwoord. Mocht deze opgave in je examen zitten, dan kun je twee dingen doen: 1) het officiële antwoord aankruisen in de hoop dat men bij de examencommissie niet wakker geworden is of 2) het juiste antwoord (1000) aankruisen en voor alle zekerheid bezwaar maken bij de examencommissie. Verwijs gerust naar deze opgavenbundel met hoofdstuknummer voor bewijsmateriaal.



Terug naar de opgave

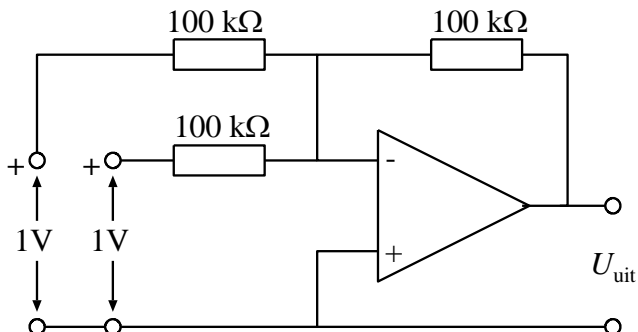
Naar de volgende opgave



### 10.5.14 Uitwerking van Opgave 10-14

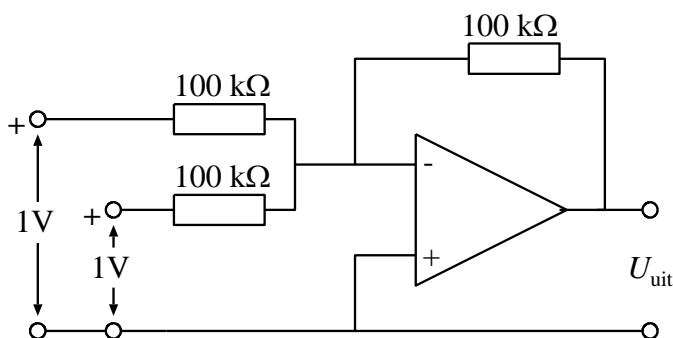
De uitgangsspanning  $U_{\text{uit}}$  is

- A. 0 V
- B. -2 V
- C. -1 V
- D. +1 V



#### Uitwerking

Door het schema iets anders te tekenen, kun je mogelijk een wat duidelijker beeld krijgen van wat hier gebeurt. Hieronder hetzelfde schema in iets andere vorm.



Zo wordt duidelijker dat de twee linker weerstanden van  $100\text{ k}\Omega$  elektrisch gezien dezelfde positie innemen. We hebben hier te maken met een inverterende optelschakeling. Beide spanningen van  $+1\text{ V}$  worden opgeteld en  $-1$  keer versterkt.  $-(1\text{ V} + 1\text{ V}) = -2\text{ V}$ . Antwoord B.

#### Opmerking

Schema's kun je soms beter doorgronden als je ze iets anders tekent. Zien hoe het ook kan is een vaardigheid die je kunt ontwikkelen door schema's goed te bekijken. De te stellen vraag is steeds dezelfde: "wat gebeurt hier precies?"



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

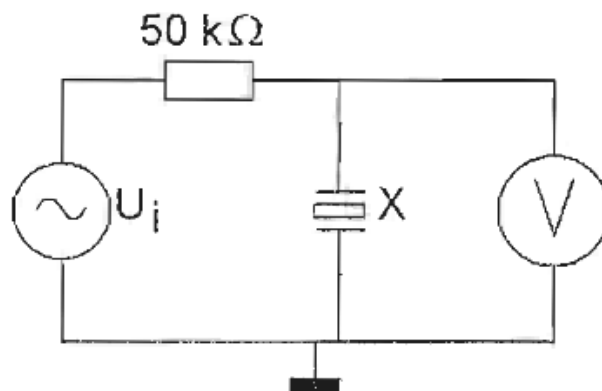


### 10.5.15 Uitwerking van Opgave 10-15

$X$  is een kwartskristal voor 7 MHz (grondtoon).  $U_i$  wordt opgewekt door een signaalgenerator met nauwkeurig instelbare frequentie  $f$ . Als  $f$  heel langzaam van 6,99 MHz naar 7,01 MHz wordt veranderd, is op de voltmeter te zien dat het kristal resonanceert.

Op de voltmeter ziet men:

- A. Een dip gevolgd door een piek
- B. Een piek gevolgd door een dip
- C. Alleen één piek
- D. Alleen één dip

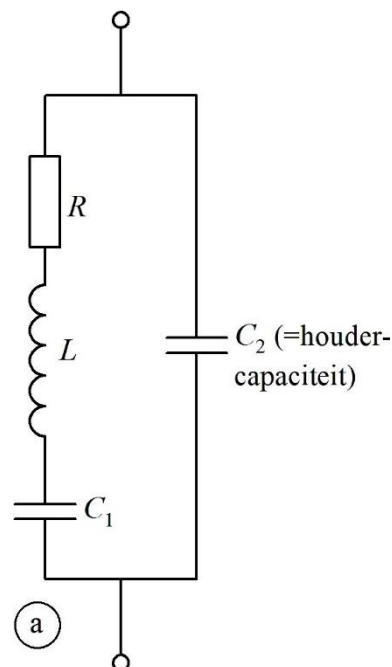


### Uitwerking

We hebben hier te maken met de net niet helemaal gelijke parallel- en serieresonantiefrequentie van een kristal. We pakken vervangingschema a uit de betreffende figuur in hoofdstuk 10 erbij (rechts).

De laagste resonantiefrequentie is de serieresonantie, bepaald door  $C_1$  en  $L$ . Samen vormen ze (nagenoeg) een kortsluiting die  $C_2$  buitenspel zet. Als de frequentie stijgt, stijgt de reactantie van  $L$  en daalt die van  $C_1$ . Dan reageert de kring als zelfinductie en vormt een parallelkring met  $C_2$  die bij resonantie een heel hoge impedantie vormt.

Een seriekring is bij resonantie vrijwel een kortsluiting die met de weerstand van  $50\text{ k}\Omega$  een spanningsdeler vormt. Dat wordt dus een flinke spanningsdip. Vervolgens komt de parallelkring aan de beurt die bij resonantie een heel hoge weerstand vertegenwoordigt en voor een spanningspiek zorgt. (zie ook de grafiek in het cursusboek en bij de uitwerking van Opgave 10-57). Dit alles betekent antwoord A.



### Opmerking

Je kunt ook redeneren dat bij parallelresonantie  $C_1$  en  $C_2$  vanuit  $L$  gezien in serie staan. Dan zijn ze samen kleiner dan de kleinste en moet de resonantiefrequentie hoger zijn dan bij serieresonantie, want bij serieresonantie doet alleen  $C_1$  mee.



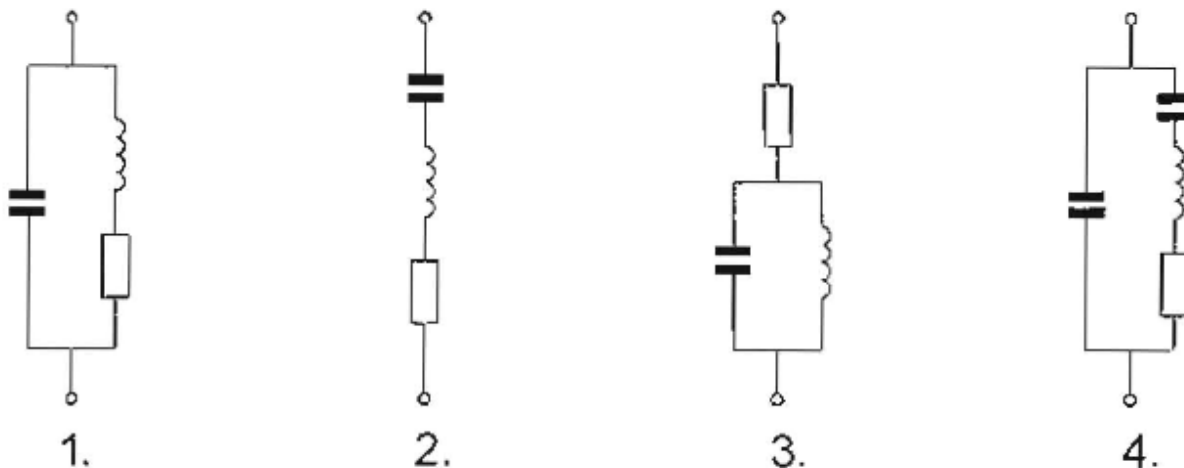
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.16 Uitwerking van Opgave 10-16

Het gebruikelijke vervangingschema voor een kwartskristal is:



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

### Uitwerking

Een kwartskristal gedraagt zich als een resonantiekring met twee resonantiefrequenties, één die hoort bij een parallelle kring en één die hoort bij een seriële kring. Er is maar één schakeling die zowel een seriële als parallelle resonantiekring is en dat is schema 4, dat voor de verandering bij antwoord B hoort.

### Opmerking

De twee resonantiefrequenties liggen altijd vlak bij elkaar.



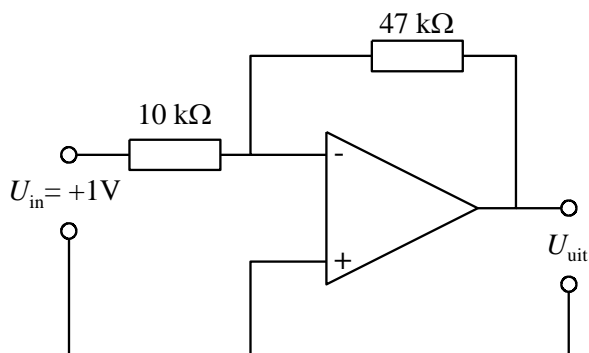
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





## 10.5.17 Uitwerking van Opgave 10-17



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is

- A. +4,7 V
- B. -5,7 V
- C. +5,7 V
- D. -4,7 V

**Uitwerking**

De opamp is geschakeld als inverterende versterker. De spanningsversterking is gelijk aan  $-\text{tegenkoppelweerstand}/\text{ingangsweerstand} = -47 \text{ k}\Omega/10 \text{ k}\Omega = -4,7$ .  $U_{uit}$  is dus -4,7 V, antwoord D.



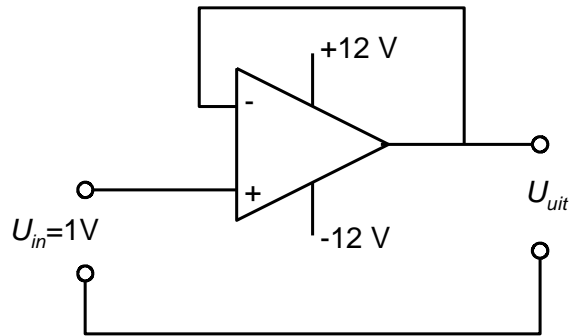
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**10.5.18 Uitwerking van Opgave 10-18**De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is:

- A. +1 V
- B. -1 V
- C. +12 V
- D. 0 V

**Uitwerking**

De inverterende ingang is rechtstreeks verbonden met de uitgang van de op-amp. Conclusie: dit is een spanningsvolger. De spanning op de niet-inverterende ingang komt onveranderd op de uitgang. Dan is  $U_{uit} = U_{in} = +1 \text{ V}$  en is antwoord A goed.



Terug naar de opgave

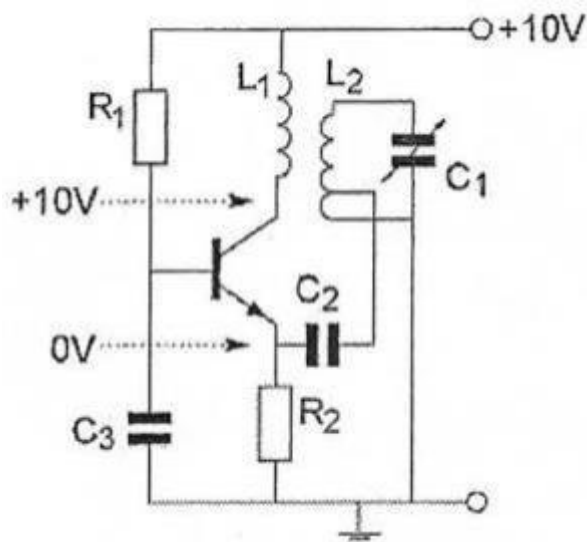
Naar de volgende opgave



### 10.5.19 Uitwerking van Opgave 10-19

Deze LC-oscillator blijkt niet te werken.

De gelijkspanning wordt op enkele punten gemeten; de waarden staan in het schema. Het waarschijnlijke defect is:



- A.  $R_2$  onderbroken
- B.  $L_2$  onderbroken
- C.  $L_1$  kortgesloten
- D.  $C_3$  kortgesloten

#### Uitwerking

Laten we het rijtje maar eens nalopen.

1. Een onderbreking van  $R_2$  zet de transistor stroomloos. Door de lekstroom in de transistor meet je dan op de emitter geen 0 V, maar (met een goede meter) waarschijnlijk iets dat niet ver onder de 10 V ligt.
2. Een onderbreking van  $L_2$  is met deze metingen niet vast te stellen omdat de spoel galvanisch losstaat van de rest van de schakeling.
3. Hoe wil je een kortsluiting in een spoel vaststellen met een gelijkstroommeting?
4. Als  $C_3$  is kortgesloten, staat er 0 V op de basis, loopt er geen emitterstroom, is de emitterspanning praktisch 0 (klopt met de meting) en loopt er geen collectorstroom. De collector heeft 10 V, maar dat zegt niet veel omdat  $L_1$  weinig weerstand zal hebben.

Als we dit overzien, is kortsluiting van  $C_3$  veruit de meest waarschijnlijke oorzaak van het probleem. Antwoord D dus.



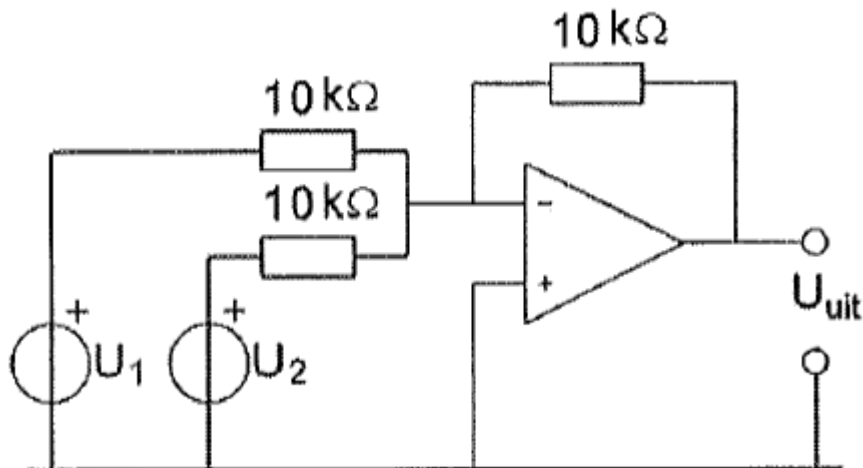
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.20 Uitwerking van Opgave 10-20

De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is



- A.  $-(U_1 + U_2)$
- B.  $U_2 - U_1$
- C.  $U_1 + U_2$
- D.  $U_1 - U_2$

#### Uitwerking

Bij deze optelschakeling loopt het versterkingscircuit via de inverterende ingang van de opamp. Dat betekent dat er een minteken voor de uitkomst van de optelling moet. De spanningsversterking bij dit soort schakeling is gelijk aan de tegenkoppelweerstand (die tussen uitgang en inverterende ingang) gedeeld door de ingangswaerstand (de weerstand tussen de aangeboden spanning(en) en de inverterende ingang). In het schema gebeuren dus drie dingen:

- $U_1$  en  $U_2$  worden opgeteld
- De uitkomst wordt met  $10\text{ k}\Omega/10\text{ k}\Omega = 1$  vermenigvuldigd. Die verandert dus niet
- Vóór het resultaat komt een minteken, want het signaal komt binnen op de inverterende ingang.

Dan is antwoord A juist.



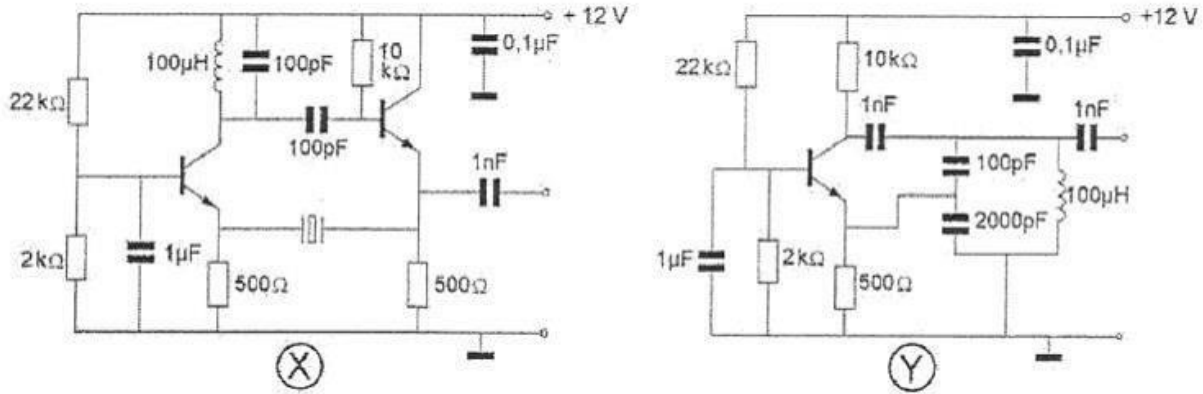
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.21 Uitwerking van Opgave 10-21

Welke schakeling kan als overtone-oscillator werken?



- A. Alleen schakeling Y
- B. Schakeling X en Y
- C. **Alleen schakeling X**
- D. Geen van beide schakelingen

#### Uitwerking

Een overtone-oscillator oscilleert op een harmonische van een kristal. Dan moet er wel een kristal zijn en dat ontbreekt in schakeling Y. Schakeling Y valt dus af.

In schakeling X zit wel een kristal, namelijk tussen de emitters van beide transistoren. De linker transistor heeft een parallelkring tussen collector en voedingsspanning. Dat tezamen duidt op een overtone-oscillator. De signaaldoorgave op de rechtertransistor is ook in orde, want dat is een emittervolger. Dat leidt tot antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.22 Uitwerking van Opgave 10-22

De frequentie waarop een oscillator werkt, wordt voornamelijk bepaald door

- A. Het versterkende element
- B. De rondgaande versterking
- C. De LC-combinatie**
- D. De terugkoppelfactor

#### **Uitwerking**

Het is altijd de trillingskring, dat is de LC-combinatie, het kristal of bij LF-oscillatoren ook wel de RC-combinatie (die laatste is geen examenstof) die de frequentie bijna volledig bepaalt. Het kwartskristal staat niet in het rijtje en dan blijft antwoord C over.

#### **Opmerking**

De rondgaande versterking mag op het eerste gezicht misschien een goed antwoord lijken, maar die bepaalt alleen of er oscillatie plaatsvindt en heeft niets te maken met de frequentie.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.23 Uitwerking van Opgave 10-23

Om een oscillator elektrisch te verstemmen, wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van:

- A. LED
- B. Diodenbrug
- C. **Varicapdiode**
- D. Zenerdiode

#### **Uitwerking**

Een verstembare oscillator bestaat meestal uit een afstembare resonantiekering met een LC-combinatie. Om de oscillator te verstemmen, moet L en/of C in waarde worden veranderd. Omdat het variëren van een spoel lastiger is dan het variëren van een capaciteit, zeker als dat elektrisch moet, wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van een varicap die ook wel afstemdiode heet. Dat komt neer op antwoord C.



Terug naar de opgave

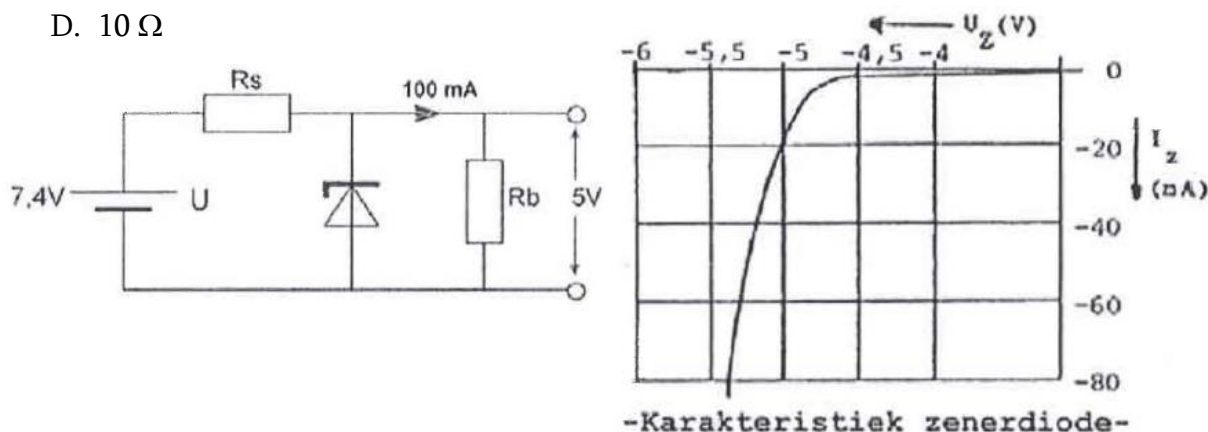
Naar de volgende opgave



### 10.5.24 Uitwerking van Opgave 10-24

De spanning over  $R_b$  moet worden gestabiliseerd op 5 volt.  $R_s$  moet zijn:

- A.  $24 \Omega$
- B.  $50 \Omega$
- C.  $20 \Omega$
- D.  $10 \Omega$



#### Uitwerking

Er loopt 100 mA door  $R_b$ . Door  $R_s$  loopt diezelfde 100 mA plus de stroom door de zenerdiode. Omdat over de zenerdiode 5 V staat, is de zenerstroom af te lezen in de grafiek: 20 mA. Dan loopt door  $R_s$   $100 \text{ mA} + 20 \text{ mA} = 120 \text{ mA}$ . De spanning over  $R_s$  is  $7,4 \text{ V} - 5 \text{ V} = 2,4 \text{ V}$ .

Dan zijn spanning en stroom bekend en volgt  $R_s$  uit de wet van Ohm:

$$R_s = \frac{2,4 \text{ V}}{0,12 \text{ A}} = 20 \Omega$$

Dat is antwoord C.



Terug naar de opgave

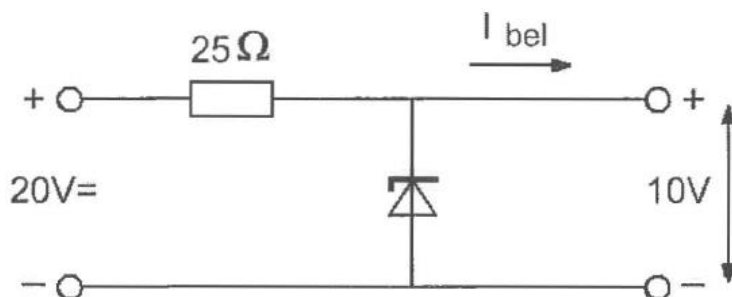
Naar de volgende opgave





### 10.5.25 Uitwerking van Opgave 10-25

De belastingsstroom  $I_{\text{bel}}$  varieert van 100 mA tot 300 mA. Het maximaal door de zenerdiode gedissipeerde vermogen is:



- A. 2 W
- B. 3 W
- C. 1 W
- D. 8 W

#### Uitwerking

Om de dissipatie door de zenerdiode te bepalen, moeten we de zenerstroom kennen. Daarvoor moeten we eerst de stroom door de weerstand bepalen. Links van de weerstand is de spanning 20 V, rechts 10 V. Over de weerstand staat dus  $20\text{ V} - 10\text{ V} = 10\text{ V}$ .  $10\text{ V}$  over  $25\ \Omega$  leidt tot een stroom van  $10\text{ V} / 25\ \Omega = 0,4\text{ A} = 400\text{ mA}$ .

Als de belastingsstroom 100 tot 300 mA is, blijft er voor de zenerstroom  $400 - 100\text{ mA} = 300\text{ mA}$  tot  $400\text{ mA} - 300\text{ mA} = 100\text{ mA}$  over voor de zenerdiode. “Toevallig” dezelfde waarden als de belastingsstroom, maar in omgekeerde volgorde. De hoogste zenerstroom is dan 300 mA. Bij een zenerspanning van 10 V is dat  $0,3\text{ A} * 10\text{ V} = 3\text{ W}$ . Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.26 Uitwerking van Opgave 10-26

Een kwartskristal gedraagt zich als:

- A. Een oscillator
- B. Een resonantiekring**
- C. Een detector
- D. Een afvlakfilter

#### **Uitwerking**

Een kwartskristal gedraagt zich als een resonantiekring. Het kan onderdeel zijn van een oscillator, maar is er zelf geen. Antwoord B.

#### **Opmerking**

De antwoorden C en D hebben wel betrekking op bestaande schakelingen, maar die hebben met kwartskristallen niets van doen.



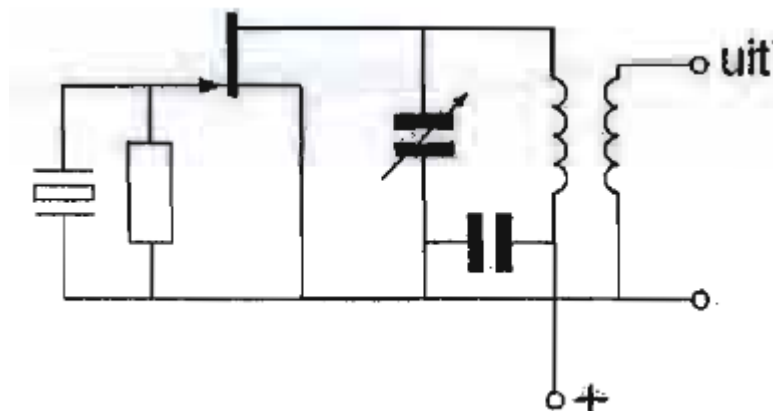
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.27 Uitwerking van Opgave 10-27

De schakeling werkt als overtone-oscillator.



Stelling 1: de kring is afgestemd op de tweede harmonische van het kristal

Stelling 2: het kristal werkt in serie-resonantie

Wat is juist:

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

#### Uitwerking

De schakeling is een Miller-oscillator, waarbij de koppeling tussen in- en uitgangskring wordt gevormd door de gate-drain capaciteit van de FET.

Bij overtone-oscillatie is de resonantiefrequentie een oneven harmonische van de grondfrequentie van het kristal. Daarmee kan stelling 1 worden afgeschreven.

Bij dit type oscillator werkt het kristal (nagenoeg) in parallel-resonantie. Dan kan ook stelling 2 worden afgeschreven en zijn er alleen foute stellingen.

Dat betekent antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.28 Uitwerking van Opgave 10-28

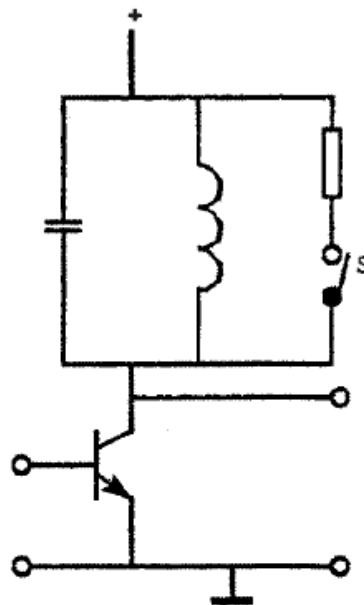
Door het sluiten van de schakelaar S wordt:

- A. De versterking kleiner en de bandbreedte kleiner
- B. De versterking groter en de bandbreedte kleiner
- C. De versterking kleiner en de bandbreedte groter**
- D. De versterking groter en de bandbreedte groter

#### Uitwerking

Als de impedantie van de collectorkring groter wordt, wordt de versterking groter; wordt de impedantie kleiner, dan wordt ook de versterking kleiner. Door het parallel schakelen van een weerstand aan de LC-kring in het collectorcircuit wordt de impedantie kleiner; de versterking dus ook. Daarmee blijven de antwoorden A en C over.

Doordat een weerstand parallel aan de kring wordt geschakeld, wordt de  $Q$  van de kring lager. Daardoor wordt de bandbreedte groter. Antwoord C blijft over.



Terug naar de opgave

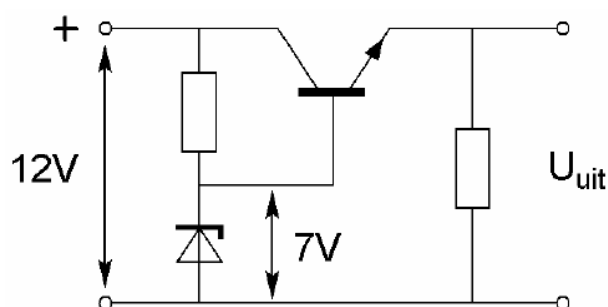
Naar de volgende opgave



### 10.5.29 Uitwerking van Opgave 10-29

De uitgangsspanning  $U_{uit}$  van de schakeling met een siliciumtransistor is ongeveer:

- A. 6,3 V
- B. 7 V
- C. 7,7 V
- D. 8,4 V



### Uitwerking

De zenerdiode bepaalt de basisspanning van de transistor op 7 V.  $U_{uit}$  is de emitterspanning. Omdat het om een siliciumtransistor gaat, moet de emitterspanning tussen 0,7 V en 0,5 V lager zijn dan de basisspanning. Daarop past antwoord A met 6,3 V; verschil 0,7 V.

### Opmerking

Wie op antwoord C uitkomt, heeft 0,7 V bij de zenerspanning opgeteld, maar bij een NPN-transistor is de emitterspanning één Si-drempelspanning lager dan de basisspanning.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.30 Uitwerking van Opgave 10-30

De frequentiestabiliteit van een oscillator met een FET kan worden verbeterd door

- A. De temperatuurvariatië te verkleinen
- B. De gate-spanning te verkleinen
- C. De gate-impedantie te verhogen
- D. Het afknijppunt te verleggen

#### Uitwerking

Elke oscillator krijgt een betere frequentiestabiliteit als ervoor wordt gezorgd dat de temperatuur zo constant mogelijk is. Dat betekent antwoord A.

#### Opmerkingen

Door het verlagen van de gatespanning zou de stroom door de FET kunnen worden verkleind en daarmee de warmte-ontwikkeling. In de praktijk trekt een oscillator zich meestal zelf in klasse C, zodat antwoord B zelden veel uithaalt.

De gate-impedantie heeft weinig of niets te maken met frequentiestabiliteit en bovendien is het de vraag, hoe je die dan zou moeten verhogen. Een onzin-antwoord dus.

Het afknijppunt verleggen betekent ingrijpen in de eigenschappen van de FET, dus nog een onzin-antwoord.



Terug naar de opgave

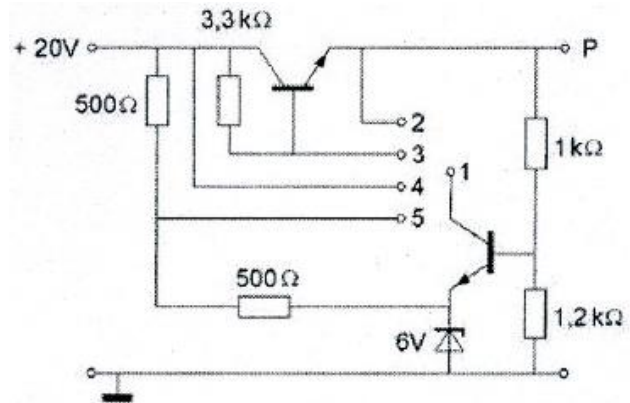
Naar de volgende opgave



### 10.5.31 Uitwerking van Opgave 10-31

Om een gestabiliseerde spanning op punt P te verkrijgen, moet punt 1 worden doorverbonden met

- A. Punt 3
- B. Punt 5
- C. Punt 2
- D. Punt 4



#### Uitwerking

De tegenkoppeling vanaf de uitgang loopt via de collector van de NPN-transistor rechtsonder naar de basis van de stabilisatietransistor bovenin het schema. Dat betekent punt 1 verbinden met punt 3. Dan heeft de transistor rechtsonder meteen collectorspanning via de weerstand tussen collector en basis van de stabilisatietransistor. Antwoord A is daarom goed.

#### Opmerking

De tegenkoppeling verloopt via de collector van de transistor rechts en de basis van de stabilisatietransistor bovenin. De weerstand tussen de 20 V-leiding en de basis van de stabilisatietransistor bovenin het schema is tevens collectorweerstand voor de onderste transistor.

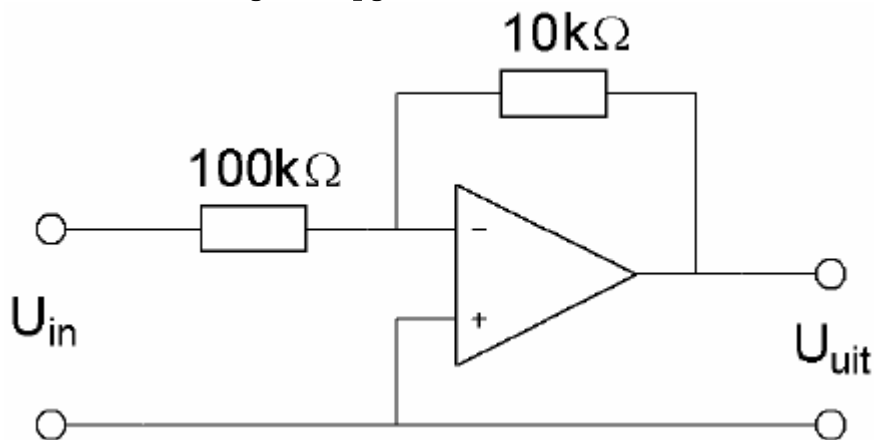


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



## 10.5.32 Uitwerking van Opgave 10-32



De versterking van de schakeling is:

- A. 0,1x
- B. 10x
- C. 11x
- D. 10.000x

**Uitwerking**

De versterking van een inverterende opamp-schakeling zoals deze is tegenkoppelweerstand gedeeld door ingangsweerstand. Dat is hier  $10/100$  is 0,1. De schakeling is dus eigenlijk een verzwakker. Dat is antwoord A.

**Opmerking**

Strikt genomen moet er een minteken voor het antwoord, want het signaal loopt via de inverterende ingang.



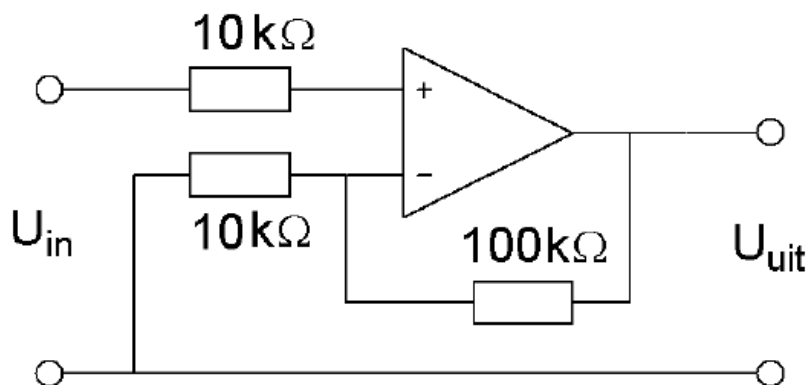
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





## 10.5.33 Uitwerking van Opgave 10-33



De versterking van de schakeling is:

- A. 0,1x
- B. 10x
- C. 11x
- D. 10.000x

**Uitwerking**

Bij deze opamp-schakeling loopt het signaal via de niet-inverterende ingang (gemarkeerd met een +). Het is daarom een niet-inverterende versterker. De versterking van dit type schakeling is  $1 + \text{terugkoppelweerstand} / \text{ingangsweerstand}$ . Algebraïsch uitgeschreven:

$$\frac{U_{\text{uit}}}{U_{\text{in}}} = 1 + \frac{R_{\text{tegenkoppel}}}{R_{\text{in}}}$$

Dat komt neer op  $1 + 100/10 = 11x$ . Antwoord C is daarom juist.

**Opmerking**

De weerstand van 10 kΩ aan de niet-inverterende ingang is strikt genomen niet nodig en hij hoeft daarom ook geen 10 kΩ te zijn. De spanningsdeler over de inverterende ingang (die met het minteken) bepaalt de versterking. De  $R_{\text{in}}$  in de vergelijking is de 10 kΩ aan de inverterende ingang.

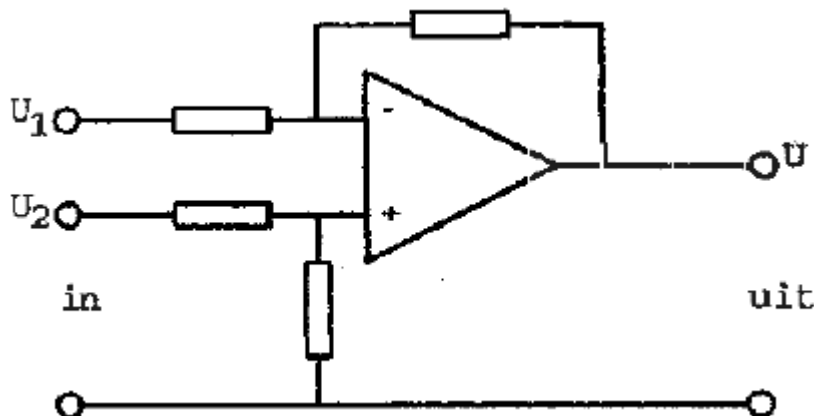


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



## 10.5.34 Uitwerking van Opgave 10-34



De schakeling stelt voor een:

- A. Hoogdoorlaatfilter
- B. Laagdoorlaarfilter
- C. **Versilversterker**
- D. Modulator

**Uitwerking**

De schakeling gebruikt beide signaalgangen van de op-amp, de inverterende en de niet-inverterende. Dat doet vermoeden dat de versterkingen tegengesteld zijn. Dat vermoeden is juist. Daarom is het een verschilversterker. Antwoord C is dus goed.



Terug naar de opgave

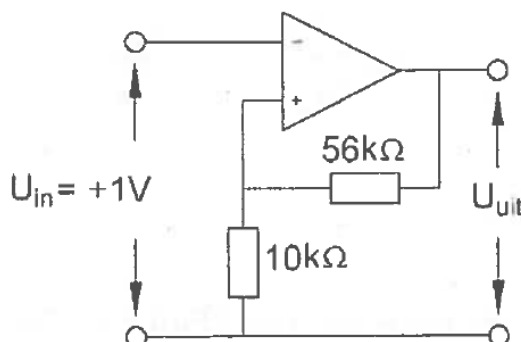
Naar de volgende opgave



### 10.5.35 Uitwerking van Opgave 10-35

De uitgangsspanning  $U_{uit}$  is:

- A. +6,6 V
- B. -5,6 V
- C. -1 V
- D. +1 V



**Een fout!**

In de tekening staat een lelijke fout. Wel/niet gezien? De inverterende en niet-inverterende ingang (het plus- en minteken bij de ingangen) zijn verwisseld. Toch is deze opgave in 2 examens met bijna 7 jaar ertussen gebruikt. In de getekende vorm heeft de schakeling geen tegen-, maar meekoppeling. Als we die fout rechtzetten, wordt het alsnog een interessante opgave.

#### Uitwerking 1 met gecorrigeerde fout

De versterking bij deze op-amp wordt bepaald door de spanningsdeler met 56 K en 10 K en de inverterende ingang aan het knooppunt. Deze opgave is niet wezenlijk anders dan Opgave 10-33, maar we werken hem deze keer wat uitvoeriger uit.

Uitgangspunt is, zoals bij alle tegengekoppelde op-amp schakelingen dat de spanningen op de inverterende en niet-inverterende ingang gelijk zijn. Op de niet-inverterende ingang (+) staat dus net als op de inverterende ingang  $U_{in} = +1 V$ . De spanning op de uitgang moet dan zo groot zijn dat de spanningsdeler die +1 V netjes op de + ingang aflevert.

Er geldt:

$$U_{in} = \frac{10}{10 + 56} U_{uit} \rightarrow U_{uit} = U_{in} = 1 + \frac{56}{10} U_{in} = 6,6 U_{in}$$

Als  $U_{in} = +1 V$ , dan is  $U_{uit} = +6,6 V$ . Antwoord A.

#### Uitwerking 2 met gecorrigeerde fout

Het kan ook zonder vergelijkingen. Over de 10 kΩ staat 1 V. Door beide weerstanden loopt dezelfde stroom. Dan staat er 5,6 V over de 56 kΩ. Samen 6,6 V. Ook antwoord A.



Terug naar de opgave

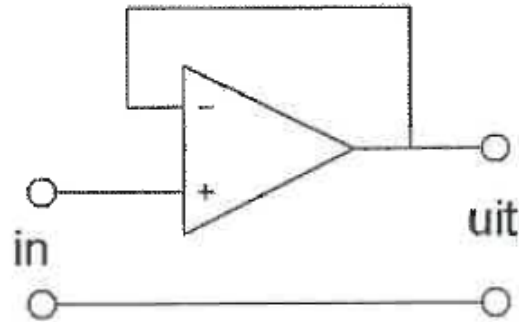
Naar de volgende opgave



### 10.5.36 Uitwerking van Opgave 10-36

De schakeling stelt voor een

- A. **Spanningvolger**
- B. Somversterker
- C. Detector
- D. Verschilversterker



#### Uitwerking

De uitgang is teruggekoppeld naar de inverterende ingang. Op basis van het uitgangspunt dat bij een tegengekoppelde op-amp de spanningen op de inverterende en niet-inverterende ingang gelijk moeten zijn, moet de spanning op de uitgang wel gelijk zijn aan die op de niet-inverterende ingang, dat is de ingang met het plusteken.

Dat is het gedrag van een spanningvolger. Antwoord A dus.

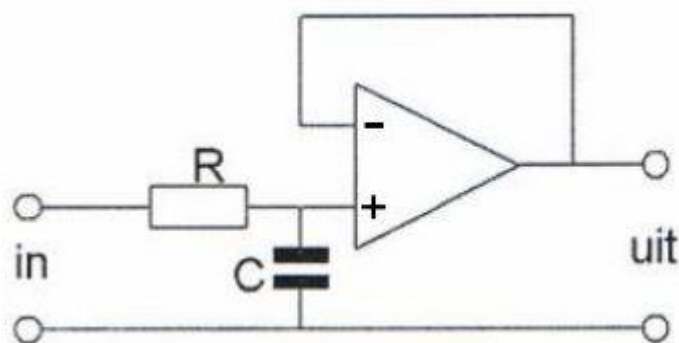


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.37 Uitwerking van Opgave 10-37



Dit is het schema van een:

- A. Verschilversterker
- B. Laagdoorlaatfilter**
- C. Modulator
- D. Hoogdoorlaatfilter

#### **Uitwerking**

De op-amp is geschakeld als spanningvolger en heeft een laagdoorlaatfilter aan de niet-inverterende ingang. Daarmee is het geheel ook een laagdoorlaatfilter. Het verschil met alleen een weerstand en een condensator is, dat de filterschakeling niet belast wordt door een vervolgschakeling, want de op-amp is hier de buffer die er tussenin zit. Antwoord B.

#### **Opmerking**

Dit is niet de oorspronkelijke schakeling. Daarin waren de inverterende en de niet-inverterende ingangen verwisseld (zelfde fout als in Opgave 10-35) en was de op-amp positief teruggekoppeld, wat natuurlijk niet de bedoeling is/was. De vraag heeft het in die foute vorm 5 jaar en 3 examens uitgehouden en misschien komt-ie nog wel een keer in een examen.... Ook het beste paard struikelt wel eens, maar wees gewaarschuwd!

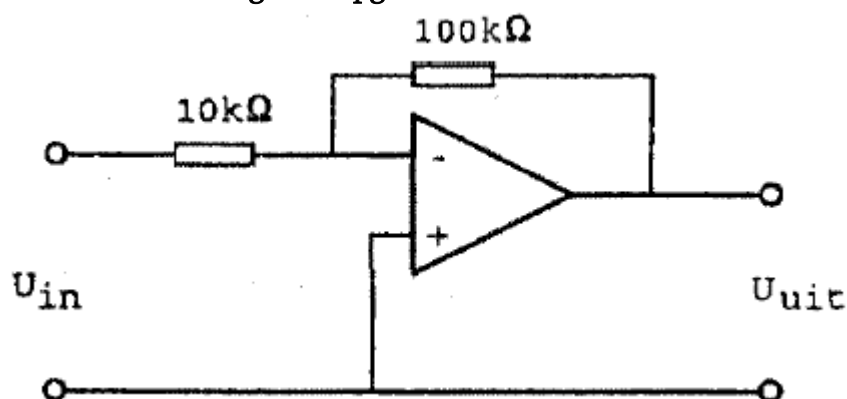


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



## 10.5.38 Uitwerking van Opgave 10-38



De versterking van de schakeling is:

- A. 0,1
- B. 10**
- C. 11
- D. 10.000

**Uitwerking**

Kijk eerst welke ingang de signaalingang is. Dat is de inverterende ingang. Dan is de (spannings)versterking van de schakeling gelijk aan tegenkoppelweerstand gedeeld door ingangsweerstand. In dit geval is dat  $100/10 = 10$  en dat is antwoord B.

**Opmerking**

Welke weerstand je moet delen door welke weerstand is gemakkelijk te begrijpen als je je realiseert dat de tegenkoppeling minder wordt, naarmate de tegenkoppelweerstand groter is. Hoe minder tegenkoppeling, des te groter is de versterking. Het omgekeerde geldt voor de ingangsweerstand: hoe kleiner die is, des te groter de versterking. Voor de berekening moet de ingangsweerstand dan ook in de noemer en de terugkoppelweerstand in de teller. Zo vind je de versterkingsfactor.



Terug naar de opgave

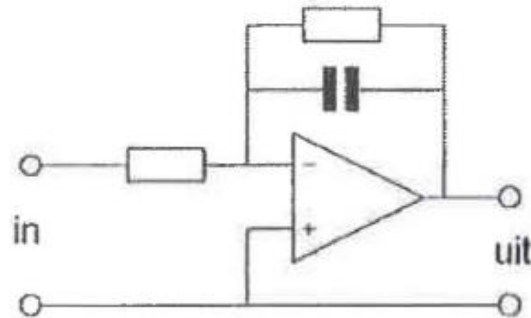
Naar de volgende opgave



### 10.5.39 Uitwerking van Opgave 10-39

Dit is het schema van een:

- A. Somversterker
- B. Spanningsvolger
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. **Laagdoorlaatfilter**



#### Uitwerking

Het schema stelt een tegengekoppelde opamp voor, maar in tegenstelling tot wat we een beetje gewend zijn, zitten een condensator en een weerstand parallel in de tegenkoppellus. De condensator maakt de tegenkoppeling sterker voor hoge frequenties, want  $X_C$  wordt lager naarmate de frequentie hoger wordt. Hoge frequenties worden dus minder versterkt dan lage. Daarom is de schakeling een laagdoorlaatfilter en is antwoord D het juiste



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.40 Uitwerking van Opgave 10-40

De uitgangsimpedantie van een ideale opamp is:

- A. Circa 100  $\Omega$
- B. Circa 1000  $\Omega$
- C. Z  r hoog
- D. **Z  r laag**

#### **Uitwerking**

De uitgangsimpedantie van een ideale opamp is in theorie 0, maar als dat niet bij de antwoorden staat is antwoord D natuurlijk de bedoeling.

#### **Opmerking**

Deze eigenschap maakt de opamp heel geschikt als buffer- of scheidingstrap.



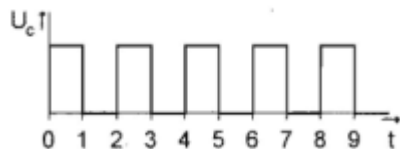
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

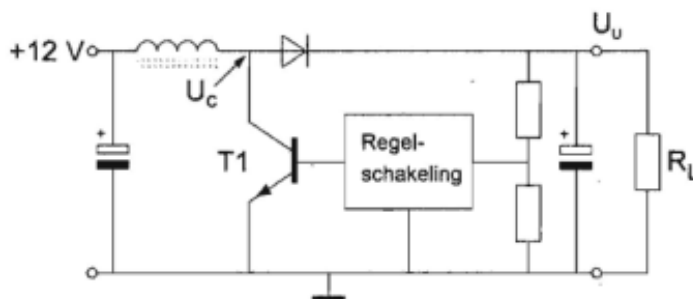




### 10.5.41 Uitwerking van Opgave 10-41



De schakelende voeding wordt belast door  $R_L$ .  $T_1$  werkt als een schakelaar: open of dicht.



De spanning  $U_c$  heeft de getekende golfvorm.  $U_u$  is ongeveer:

- A. 24 V
- B. 6 V
- C. 8 V
- D. 12 V

#### Uitwerking

Dit is een voorbeeld van een step-up converter. Als de transistorschakelaar geleidt, loopt er stroom door de spoel. De uitgangsspanning wordt geladen tot 12 V. Als de geleiding stopt, ontstaat er volgens de Wet van Lenz een spanningspiek over de spoel, waardoor de elco op de uitgang verder wordt geladen dan die 12 V. De uitgangsspanning moet dus hoger zijn dan 12 V. Het enige antwoord dat daaraan voldoet, is antwoord A.

#### Opmerking

De spanning  $U_c$  is hier niet goed getekend. Die hoort pieken te hebben. De bijbehorende grafiek zou wel die van de basis- of collectorstroom van de transistor kunnen zijn (en is dat vermoedelijk ook).

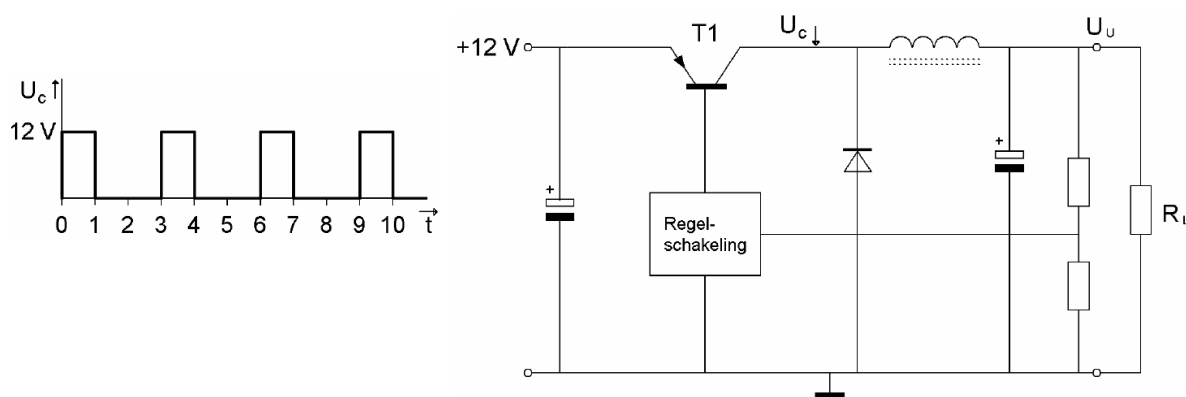


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



## 10.5.42 Uitwerking van Opgave 10-42



De schakelende voeding wordt normaal belast door  $R_L$ . De spanning  $U_C$  heeft de getekende golfvorm.

$U_U$  is:

- A. 4 V
- B. 8 V
- C. 12 V
- D. 24 V

**Uitwerking**

De schakeling is een step-down schakeling. Daarvoor geldt dat de uitgangsspanning bij benadering gelijk is aan de ingangsspanning, vermenigvuldigd met de duty cycle  $D$  van de blokspanning uit de regelschakeling:

$$U_{uit} = D \cdot U_{in}$$

De waarde van  $D$  is hier  $1/3$ : 1 tijdstap met 12 V, gevolgd door 2 tijdstappen met 0 V.  $1/3$  van 12 V is 4 V.

Je kunt ook uitgaan van de gemiddelde spanning. Dat werkt net zo. Loop de pulsspanning na: 1 blok van 12 V, gevolgd door 2 blokken van 0 V leveren  $(12 \text{ V} + 0 \text{ V} + 0 \text{ V})/3 = 4 \text{ V}$ .  
Antwoord A is in beide gevallen goed.

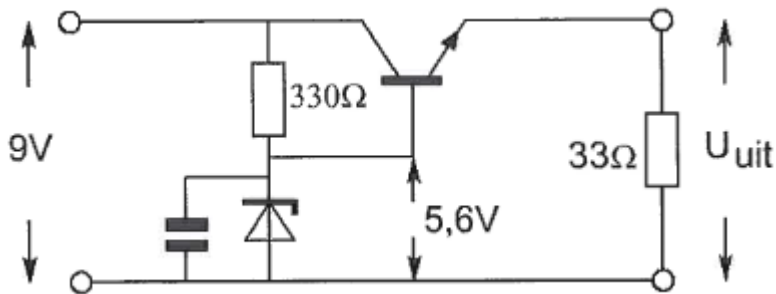


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



## 10.5.43 Uitwerking van Opgave 10-43



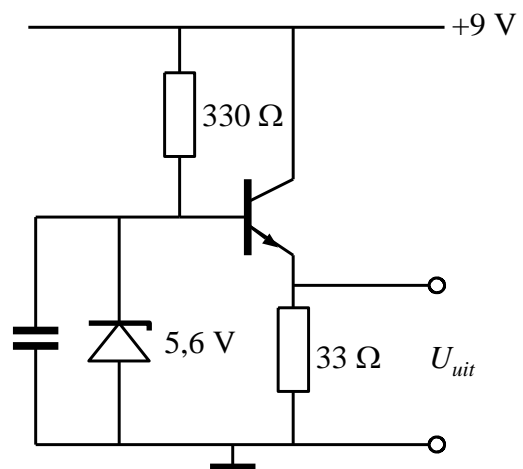
De uitgangsspanning  $U_{uit}$  van de schakeling met een siliciumtransistor is ongeveer:

- A. 8,4 V
- B. 6,2 V
- C. 5,6 V
- D. 5,0 V

**Uitwerking**

Deze analoge zenergestuurde voeding is op een gebruikelijke manier getekend. Voor wie dit type schema niet vaak tegenkomt, zal de herkenning misschien gemakkelijker zijn als de schakeling iets anders getekend is (zie figuur rechts).

De uitgangsspanning  $U_{uit}$  volgt nu uit de zenerspanning van 5,6 V min 0,6 V basis-emitterspanning van de Si-transistor. Dat wordt 5,0 V en dat is antwoord D.

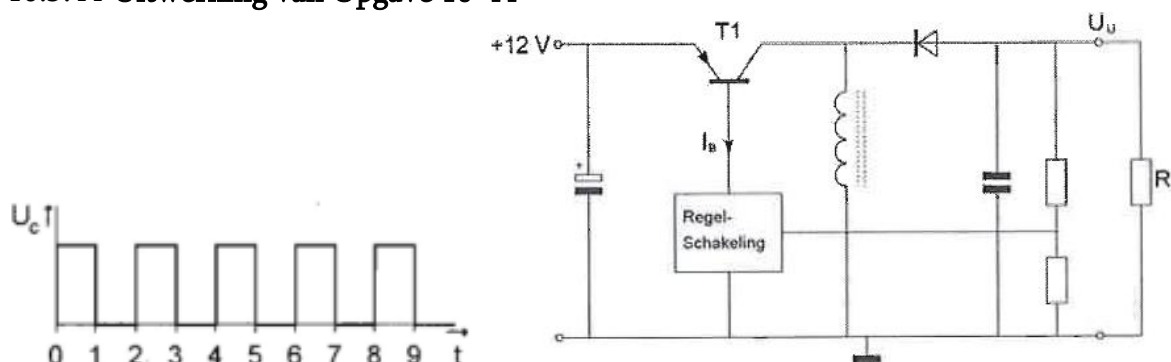


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.5.44 Uitwerking van Opgave 10-44



De schakelende voeding wordt belast door  $R_L$ .  $T_1$  werkt als een schakelaar: open of dicht. De basisstroom van  $T_1$  heeft de getekende golfvorm.

$U_u$  is ongeveer:

- E. 24 V
- F. 4 V
- G. -12 V**
- H. 12 V

#### Uitwerking

In deze *inverterende schakelende gestabiliseerde voeding* wordt gebruik gemaakt van de inductiespanning die in de spoel wordt opgewekt door het schakelen van de transistor. Als de transistor in geleiding komt, wordt in de spoel een tegengestelde negatieve spanning opgewekt die via de diode (met de kathode naar de uitgang) leidt tot een negatieve uitgangsspanning  $U_u$ . Bij het rijtje antwoorden staat maar één negatieve spanning: antwoord C.

#### Opmerkingen

Bij de grafiek van de golfvorm staat ten onrechte dat het om een (collector) spanning gaat. In de tekst staat gelukkig wel dat het de basisstroom is, maar verwarrend is het wel.

De transistor is een PNP-type. Daarom ligt de emitter aan +12 V en de collector via de smoorspoel aan 0 V.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.45 Uitwerking van Opgave 10-45

Een schakelende voeding heeft ten opzichte van een voeding met een vermogenstransistor als serie-regelaar het voordeel dat:

- A. De kans op radiostoring kleiner is
- B. Een eenvoudiger regelschakeling kan worden toegepast
- C. Onbelast geen energie wordt verbruikt
- D. **Het rendement hoger is**

#### **Uitwerking**

Een schakelende voeding heeft ten opzichte van een conventionele analoge voeding de voordelen: hoger rendement en daardoor minder warmteverlies. Bovendien kleiner gewicht en volume. Antwoord D.

#### **Opmerking**

Nadelen zijn er ook: meer kans op radiostoring door de harmonischen die een blokspanning nu eenmaal heeft; lastig te repareren en vaak een slecht geïsoleerde 230 V.

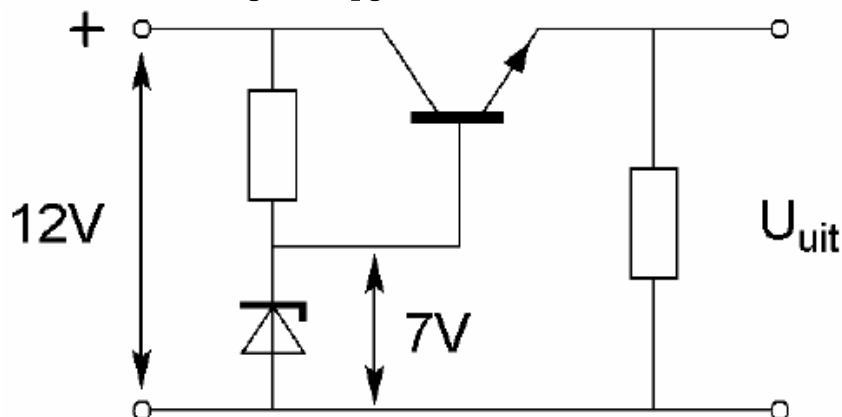


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



## 10.5.46 Uitwerking van Opgave 10-46



De uitgangsspanning  $U_{uit}$  van de schakeling met een siliciumtransistor is ongeveer:

- A. 6,3 V
- B. 7 V
- C. 7,7 V
- D. 8,4 V

**Uitwerking**

De zenerdiode levert 7 V op de basis van de NPN-transistor. De basis-emitterovergang haalt daar 0,6 tot 0,7 V vanaf, zodat 6,3 of 6,4 V overblijft. 6,3 V staat onder A in het lijstje antwoorden, zodat antwoord A het juiste moet zijn.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**10.5.47 Uitwerking van Opgave 10-47**

Een overtone-kristaloscillator oscilleert op:

- A. De grondfrequentie
- B. Een oneven harmonische frequentie**
- C. Zowel oneven als even harmonische frequenties
- D. Een even harmonische frequentie

**Uitwerking**

Een overtone-oscillator oscilleert op een boventoon, dat is een harmonische van de grondfrequentie. Een kristal kan oscilleren op oneven harmonischen. Dat betekent dat alleen antwoord B goed kan zijn.

**Opmerking**

Kristallen voor frequenties boven circa 20 MHz zijn overtone-kristallen.

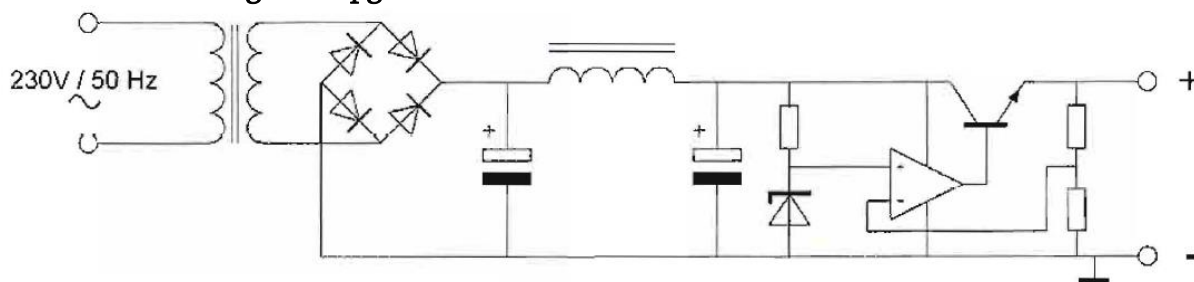


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



## 10.5.48 Uitwerking van Opgave 10-48



Dit is het schema van een

- A. Zendereindtrap
- B. LF-eindversterker
- C. **Gestabiliseerde voeding**
- D. Balansmodulator

## Uitwerking

De aanwezigheid van elco's suggereert iets in het LF-gebied, omdat elco's bij hogere frequenties te traag zijn. De trafo, de bruggelijkrichter en de 230 V op de primaire van de trafo suggereren een voeding. Is het een bruggelijkrichter? Ja, want bij een balansmodulator moet je vier dioden in dezelfde stroomrichting kunnen volgen en hier lukt dat hoogstens met twee. Dit alles riekt naar een gestabiliseerde voeding. De zenerdiode en de spanningsvergelijker in de vorm van een opamp geven het laatste stukje zekerheid. Antwoord C is dan ook goed.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave







### 10.5.49 Uitwerking van Opgave 10-49

Een HF-oscillator moet elektrisch en mechanisch stabiel zijn om te bereiken dat de oscillator geen

- A. Sleutelklikken genereert
- B. Frequentieverloop vertoont**
- C. Vervorming veroorzaakt
- D. Overmodulatie veroorzaakt

#### **Uitwerking**

Een belangrijke eis aan een HF-oscillator is dat de frequentie stabiel is. Dat wordt bereikt met mechanische en elektrische stabiliteit. Voor dat laatste zijn vooral een goed gestabiliseerde voedingsspanning en een stabiele werktemperatuur van belang. Antwoord B. De andere drie antwoorden hebben praktisch niets met de stabiliteit van een oscillator te maken.

#### **Opmerking**

Mechanische stabiliteit wordt onder meer bereikt door een stevige behuizing en zo kort mogelijke stevige verbindingen. Geen wiebelende draden!



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.50 Uitwerking van Opgave 10-50

Een betere frequentiestabiliteit van een 2-meterzender kan worden verkregen door:

- A. Eindtrap in klasse C in te stellen
- B. De antenne goed aan te passen
- C. Voedingsspanning van de oscillator te stabiliseren**
- D. Eindtrap in klasse B in te stellen

### Uitwerking

De instelling van een eindtrap heeft niets met frequentiestabiliteit te maken. Datzelfde geldt voor de antenne-aanpassing. Frequentiestabiliteit wordt bepaald in de oscillator en een belangrijke voorwaarde daarbij is een stabiele voedingsspanning. Antwoord C.

### Opmerking

Als iets “beter” moet, hoort de eerste vraag te zijn: beter dan wat? Dat geldt ook hier. Als een zender al een goede frequentiestabiliteit heeft, moet je daar niets meer aan (willen) doen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.51 Uitwerking van Opgave 10-51

De frequentiestabiliteit van een oscillator met een FET kan worden verbeterd door:

- A. De gate-spanning te verkleinen
- B. De gate-impedantie te verhogen
- C. Het afknijppunt te verleggen
- D. De temperatuurvariati es te verkleinen**

#### Uitwerking

Van alle vier de antwoorden is er maar  en die duidelijk iets met frequentiestabiliteit van doen heeft. Dat is het antwoord waarin iets over temperatuurvariati es wordt gezegd. Temperatuurvariati es hebben vrijwel onvermijdelijk invloed op de frequentie van een oscillator. Antwoord D.

#### Opmerkingen

Dat het hier om een FET gaat, is overbodige informatie. Bij oscillatoren met alle soorten versterkende elementen is temperatuurafhankelijkheid aan de orde. Daarom zijn oscillatoren met buizen en hun gloeidraad op dit punt het lastigst te “temmen”.

Andere factoren die van invloed zijn op frequentiestabiliteit van een oscillator zijn onder meer mechanische stevigheid, een stabiele voedingspanning en de kwaliteit van de gebruikte componenten.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.52 Uitwerking van Opgave 10-52

Om de frequentiedrift van een VFO zo klein mogelijk te maken kan men

- A. De voedingsspanning van de VFO stabiliseren
- B. De afgegeven spanning zo hoog mogelijk houden
- C. Een laagdoorlaatfilter opnemen achter de VFO
- D. Alleen de voedingsspanning aansluiten wanneer dit werkelijk vereist is

#### Uitwerking

Frequentiedrift is het geleidelijk verschuiven van de frequentie. De afgegeven spanning heeft daar weinig of niets mee te maken. Een laagdoorlaatfilter is een frequentiefilter en heeft niets met frequentiestabiliteit van een oscillator te maken; hoogstens met de afgifte van harmonischen. De voedingsspanning moet altijd aangesloten zijn als een apparaat aan staat.

Van alle vier antwoorden is dan ook het stabiliseren van de voedingsspanning het enige zinnige. Antwoord A.



Terug naar de opgave

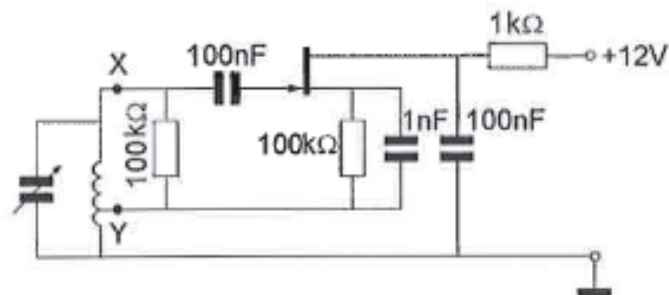
Naar de volgende opgave



### 10.5.53 Uitwerking van Opgave 10-53

Bij de oscillator is de faseverschuiving tussen de punten X en Y (beide gemeten t.o.v. aarde)

- A.  $270^\circ$
- B.  $180^\circ$
- C.  $0^\circ$
- D.  $90^\circ$



#### Uitwerking

Het faseverschil tussen de twee punten zal in de buurt van  $0^\circ$  liggen omdat de spoel waarvan ze aansluiting zijn aan één uiteinde (Y) aan aarde ligt en er ook geen faseverschil is tussen gate en source van de FET. Antwoord C.



Terug naar de opgave

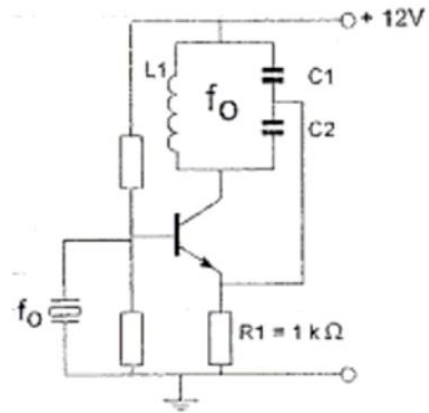
Naar de volgende opgave



### 10.5.54 Uitwerking van Opgave 10-54

Deze schakeling oscilleert op de frequentie, bepaald door

- A. Het X-tal in parallelresonantie
- B. Het X-tal in serieresonantie**
- C.  $C_1$ ,  $C_2$  en  $R_1$
- D.  $C_1$ ,  $C_2$  en  $L_1$



### Uitwerking

De transistor staat in GBS (gemeenschappelijke basisschakeling). De basis wordt voor de oscillatiefrequentie ontkoppeld via het kristal. Daarvoor moet het kristal in serieresonantie staan en is het kristal het frequentiebepalende element. Antwoord B.

### Opmerking

X-tal staat voor kristal.



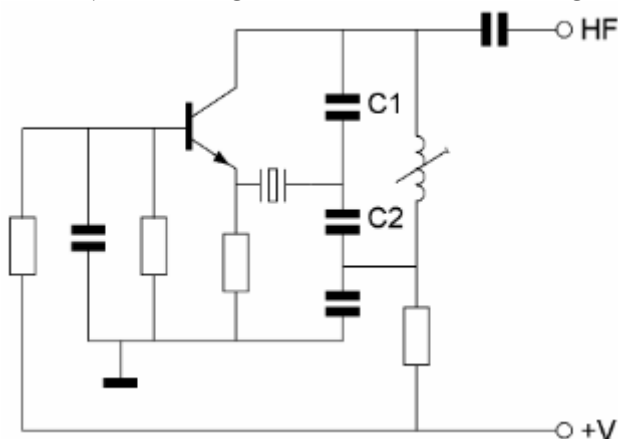
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



### 10.555 Uitwerking van Opgave 10-55

$C_2$  is vijf maal zo groot als  $C_1$ . De schakeling werkt:



- A. Als oscillator, zowel met een kristal in parallel- als in serieresonantie
- B. Als oscillator met het kristal in serieresonantie**
- C. Als oscillator met het kristal in parallelresonantie
- D. Niet als oscillator

#### Uitwerking

De transistor staat in GBS., want de basis is voor wisselspanning naar aarde ontkoppeld via een condensator. De emitter is signaalingang en de collector -uitgang. De terugkoppeling verloopt via een capacatieve spanningsdeler ( $C_1$  en  $C_2$ ) en het kristal. Het kristal moet in serieresonantie werken om de oscillatorfrequentie goed door te laten. Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





### 10.5.56 Uitwerking van Opgave 10-56

Een kwartskristal gedraagt zich als:

- A. Een oscillator
- B. Een resonantiekring**
- C. Een detector
- D. Een afvlakfilter

#### Uitwerking

Een kwartskristal gedraagt zich als een resonantiekring en wordt onder meer toegepast in oscillatoren (maar is zelf geen oscillator) en andere toepassingen waar een stabiele frequentie nodig is en in frequentiefilters.

Een kwartskristal is geen oscillator (vaak wel onderdeel van..) en ook geen detector of afvlakfilter. Antwoord B



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

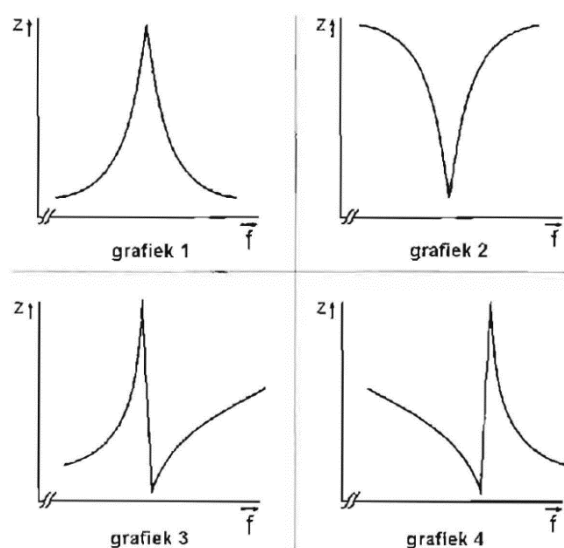




### 10.5.57 Uitwerking van Opgave 10-57

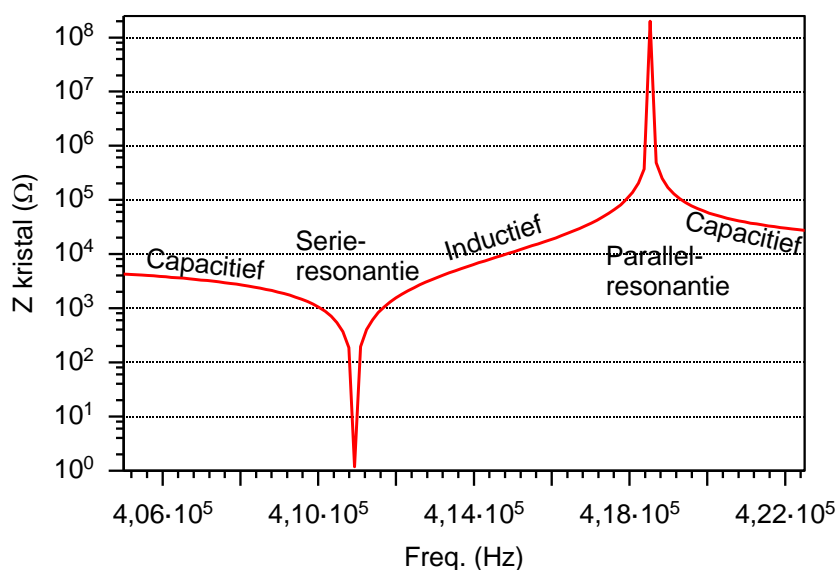
De impedantiegrafiek van een kwartskristal rond de resonantiefrequentie op de grondtoon is gegeven in:

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



### Uitwerking

Een kristal heeft zowel een serie- als een parallelresonantie. De serieresonantie treedt op bij de laagste frequentie, de parallelresonantie bij de hoogste. Zie de herhaling hieronder van de grafiek in de hoofdstekst van hoofdstuk 10.



Terug naar de opgave