



Inhoudsopgave

13	Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 13, deel D (151-193)	13-5
13.1	Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?	13-5
13.2	Enkele opmerkingen.....	13-6
13.3	Formularium	13-6
13.3.1	Mengschakelingen.....	13-6
13.3.2	De mengtrap	13-7
13.3.3	Boven- en ondermenging	13-7
13.3.4	Spiegelfrequentie.....	13-7
13.3.5	Blokschema van een super; veraf- en nabij-selectiviteit.....	13-8
13.3.6	Ruis.....	13-8
13.3.7	Detectie van AM, EZB en CW	13-9
13.3.8	USB en LSB	13-9
13.3.9	AGC.....	13-9
13.3.10	Ontvanger voor directe conversie (DC)	13-9
13.3.11	Detectie van FM	13-10
13.3.12	Bandbreedte voor ontvangst van verschillende modulatievormen	13-11
13.3.13	Squelch	13-12
13.3.14	De dubbelsuper	13-12
13.3.15	Koppeling in bandfilters.....	13-13
13.3.16	Fasevergrendelde lus (Phase Locked Loop, afgekort PLL)	13-13
13.3.17	Digitale signaalverwerking	13-14
13.4	Opgaven.....	13-16
13.4.151	Opgave 13-151	13-17
13.4.152	Opgave 13-152	13-18
13.4.153	Opgave 13-153	13-19
13.4.154	Opgave 13-154	13-20
13.4.155	Opgave 13-155	13-21
13.4.156	Opgave 13-156	13-22



13.4.157	Opgave 13-157	13-23
13.4.158	Opgave 13-158	13-24
13.4.159	Opgave 13-159	13-25
13.4.160	Opgave 13-160	13-26
13.4.161	Opgave 13-161	13-27
13.4.162	Opgave 13-162	13-28
13.4.163	Opgave 13-163	13-29
13.4.164	Opgave 13-164	13-30
13.4.165	Opgave 13-165	13-31
13.4.166	Opgave 13-166	13-32
13.4.167	Opgave 13-167	13-33
13.4.168	Opgave 13-168	13-34
13.4.169	Opgave 13-169	13-35
13.4.170	Opgave 13-170	13-36
13.4.171	Opgave 13-171	13-37
13.4.172	Opgave 13-172	13-38
13.4.173	Opgave 13-173	13-39
13.4.174	Opgave 13-174	13-40
13.4.175	Opgave 13-175	13-41
13.4.176	Opgave 13-176	13-42
13.4.177	Opgave 13-177	13-43
13.4.178	Opgave 13-178	13-44
13.4.179	Opgave 13-179	13-45
13.4.180	Opgave 13-180	13-46
13.4.181	Opgave 13-181	13-47
13.4.182	Opgave 13-182	13-48
13.4.183	Opgave 13-183	13-49
13.4.184	Opgave 13-184	13-50
13.4.185	Opgave 13-185	13-51
13.4.186	Opgave 13-186	13-52



13.4.187	Opgave 13-187	13-53
13.4.188	Opgave 13-188	13-54
13.4.189	Opgave 13-189	13-55
13.4.190	Opgave 13-190	13-56
13.4.191	Opgave 13-191	13-57
13.4.192	Opgave 13-192	13-58
13.4.193	Opgave 13-193	13-59
13.5	Uitwerkingen	13-60
13.5.151	Uitwerking van Opgave 13-151	13-61
13.5.152	Uitwerking van Opgave 13-152	13-62
13.5.153	Uitwerking van Opgave 13-153	13-63
13.5.154	Uitwerking van Opgave 13-154	13-64
13.5.155	Uitwerking van Opgave 13-155	13-65
13.5.156	Uitwerking van Opgave 13-156	13-66
13.5.157	Uitwerking van Opgave 13-157	13-67
13.5.158	Uitwerking van Opgave 13-158	13-68
13.5.159	Uitwerking van Opgave 13-159	13-69
13.5.160	Uitwerking van Opgave 13-160	13-70
13.5.161	Uitwerking van Opgave 13-161	13-71
13.5.162	Uitwerking van Opgave 13-162	13-72
13.5.163	Uitwerking van Opgave 13-163	13-73
13.5.164	Uitwerking van Opgave 13-164	13-74
13.5.165	Uitwerking van Opgave 13-165	13-75
13.5.166	Uitwerking van Opgave 13-166	13-76
13.5.167	Uitwerking van Opgave 13-167	13-77
13.5.168	Uitwerking van Opgave 13-168	13-78
13.5.169	Uitwerking van Opgave 13-169	13-79
13.5.170	Uitwerking van Opgave 13-170	13-80
13.5.171	Uitwerking van Opgave 13-171	13-81
13.5.172	Uitwerking van Opgave 13-172	13-82



13.5.173	Uitwerking van Opgave 13-173	13-83
13.5.174	Uitwerking van Opgave 13-174	13-84
13.5.175	Uitwerking van Opgave 13-175	13-85
13.5.176	Uitwerking van Opgave 13-176	13-86
13.5.177	Uitwerking van Opgave 13-177	13-87
13.5.178	Uitwerking van Opgave 13-178	13-88
13.5.179	Uitwerking van Opgave 13-179	13-89
13.5.180	Uitwerking van Opgave 13-180	13-91
13.5.181	Uitwerking van Opgave 13-181	13-92
13.5.182	Uitwerking van Opgave 13-182	13-93
13.5.183	Uitwerking van Opgave 13-183	13-94
13.5.184	Uitwerking van Opgave 13-184	13-95
13.5.185	Uitwerking van Opgave 13-185	13-96
13.5.186	Uitwerking van Opgave 13-186	13-97
13.5.187	Uitwerking van Opgave 13-187	13-98
13.5.188	Uitwerking van Opgave 13-188	13-99
13.5.189	Uitwerking van Opgave 13-189	13-100
13.5.190	Uitwerking van Opgave 13-190	13-101
13.5.191	Uitwerking van Opgave 13-191	13-102
13.5.192	Uitwerking van Opgave 13-192	13-103
13.5.193	Uitwerking van Opgave 13-193	13-104



13 Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 13, deel D (151-193)

13.1 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 13 hebt opgedaan, kunt toetsen aan echte examenvragen. Het is daarom een vorm van 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 examenvragen zijn gesteld. Die weg is daarom tijdrovend en de slagingskans niet groot. Bedenk ook dat examenvragen die op elkaar lijken, vaak niet precies gelijk zijn en dat de antwoorden op meerkeuzevragen niet altijd in dezelfde volgorde staan of precies gelijk zijn aan hun voorgangers. Of snappen sommigen de stof geleidelijk aan toch als ze maar heel veel examenvragen maken? Wie het weet, mag het zeggen.

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

De opgaven zitten in twee paragrafen. De eerste geeft alleen de opgaven. Zo kun je die maken zonder ongewild 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 en met het goede antwoord **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 je via een andere weg ook tot een goed antwoord komt. Leg dan beide antwoorden naast elkaar en vergelijk.

Bij veel 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 alleen geïnteresseerd is in de uitwerkingen: je kunt alle uitwerkingen ook achter elkaar doorlezen in paragraaf 13.5.

13.2 Enkele opmerkingen

Wegens het grote aantal beschikbare examenopgaven is de bundel bij hoofdstuk 13 gesplitst in deel A, B, C en D. Dit is deel D met 43 opgaven. De delen A-C bevatten er elk 50.

Bij elke opgave is vermeld, in welke examens deze is voorgekomen. Voorbeeld: F-examen mei 2011 (1). De opgave is dan onderdeel geweest van het eerste examen in mei 2011. Gaat het om het tweede examen, dan staat er (2) in plaats van (1). 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 voor het laatst in een examen zat, nu niet meer zal voorkomen. Maar een opgave die vaak voorkomt, zal een grotere kans hebben om weer op te duiken dan één die maar één of twee keer is voorgekomen.

Voorafgaand aan de opgaven volgt nu een formularium. Normaal is dat een overzicht van vergelijkingen ("formules") met soms wat handigheidjes. In dit geval overheersen de beschrijvende teksten. We raden aan, het formularium eerst door te nemen.

13.3 Formularium

13.3.1 Mengschakelingen

Een mengschakeling (mixer) mengt twee frequenties. Laten we ze f_A en f_B noemen. Eigenlijk is mengen van frequenties een vorm van vermenigvuldigen. Dat kennen we al



uit hoofdstuk 12. De output van een mengschakeling is in elk geval de som- en de verschilfrequentie van f_A en f_B , dus

$$f_A + f_B \quad \text{en} \quad f_A - f_B$$

Daarbij is de hoogste frequentie f_A en de laagste f_B . Zijn ze gelijk, dan is $f_A - f_B = 0$ en maakt de volgorde niets uit. Er ontstaat dan in plaats van de verschilfrequentie een gelijkspanning, waarvan de hoogte afhangt van het faseverschil.

Afhankelijk van het soort mixer kunnen ook f_A en/of f_B op de uitgang verschijnen (Hoofdstuk 12).

13.3.2 De mengtrap

Een superheterodyne-ontvanger of kortweg *super* bevat minstens 1 mengschakeling. Daarin wordt de variabele HF-ontvangstfrequentie met behulp van een variabele frequentie uit een hulposcillator gemengd naar een vaste middenfrequentie (MF). De hulposcillator heet ook wel VFO, *Variable Frequency Oscillator*.

De vaste middenfrequentie is $f_A + f_B$ of $f_A - f_B$. Eén van de twee mengproducten dus.

13.3.3 Boven- en ondermenging

Als de oscillatorfrequentie boven de signaalfrequentie ligt, spreken we van *bovenmenging*. Ligt de oscillatorfrequentie onder de signaalfrequentie, dan spreken we van *ondermenging*.

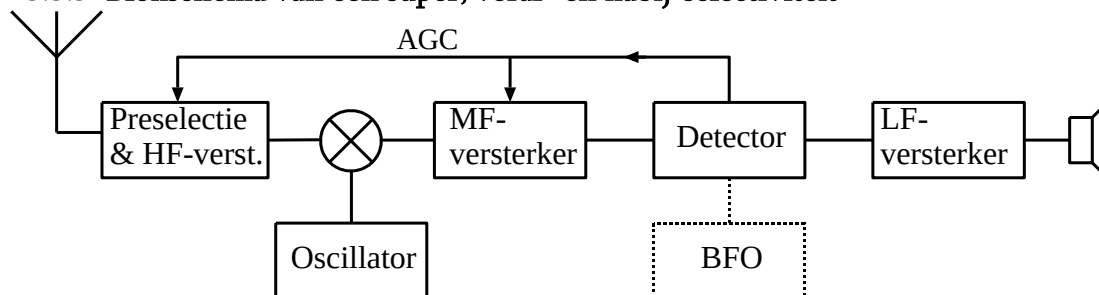
13.3.4 Spiegelfrequentie

Omdat bij menging twee frequenties ontstaan, is er bij menging behalve de signaalfrequentie altijd een tweede frequentie die dezelfde middenfrequentie oplevert, Dat is de *spiegelfrequentie*. We laten het zien in een cijfervoorbeeld. Stel, een ontvanger heeft een MF van 1,5 MHz. Een signaal van 2 MHz moet worden gemengd met 0,5 MHz (=500 kHz) om die 1,5 MHz te krijgen. Maar als we 1 MHz mengen met 500 kHz, krijgen we 0,5 MHz en 1,5 MHz. Die laatste past dus ook op de MF van 1,5 MHz. In deze situatie is 1 MHz de spiegelfrequentie van 2 MHz bij een oscillatorfrequentie van 0,5 MHz.

Bij bovenmenging ligt de spiegelfrequentie 2x de middenfrequentie boven de afstemfrequentie, bij ondermenging 2x de MF eronder. Ze zijn elkaars spiegelbeeld met de afstemfrequentie als spiegel. Vandaar de naam.

Zouden spiegelfrequenties ongehinderd worden doorgelaten, dan horen we met een super 2x zoveel frequenties als er in werkelijkheid zijn. Spiegelfrequenties moeten daarom in ontvangers zo goed mogelijk worden onderdrukt.

13.3.5 Blokschema van een super; veraf- en nabij-selectiviteit



De figuur toont een eenvoudige super in blokschema, Het signaal komt de ontvanger vanaf de antenne binnen via de HF-versterker (preselectie en HF-versterker). Spiegelfrequenties moeten zoveel mogelijk zijn onderdrukt, voor ze de mengtrap bereiken. Dat kan alleen in de preselectietrap en met een daar aanwezig afstembaar bandfilter. Omdat het hier gaat om frequenties die relatief ver van de afstemfrequentie af liggen, heet de selectiviteit die daarmee wordt bereikt, de *veraf-selectiviteit*.

Dat *veraf* is met een eenvoudig voorbeeld duidelijk te maken. Stel dat de ontvanger is afgestemd op de 7 MHz-band (40 m). De Q van de ingangskring is 50. De bandbreedte (tussen de -3 dB-punten is dan $7 \text{ MHz} / 50 = 140 \text{ kHz}$. Daarin passen een kleine 50 EZB-stations. En dan praten we nog maar over een mini-verzwakking tussen 0 en 3 dB. De veraf-selectiviteit is van belang bij de onderdrukking van spiegelfrequenties. Die liggen relatief ver van de afgestemde frequentie, vandaar de naam.

Na de mengtrap belandt de getransformeerde frequentie in de MF-versterker met scherpere filters, waardoor alleen een smalle frequentieband wordt doorgelaten. Deze selectiviteit wordt *nabij-selectiviteit* genoemd. Die is bedoeld om stations vlak naast de frequentie van het gewenste station te onderdrukken.

13.3.6 Ruis

Elk ontvangen signaal gaat gepaard met ruis en elke schakeling produceert ruis. In een ontvanger wordt de ruis van de vorige versterkertrap net zoveel versterkt als het signaal. De ruis die vanaf de antenne de HF-voorversterkertrap binnenkomt, passeert alle trappen in de ontvanger en wordt dus het meest versterkt; die van de LF-versterker het minst.

Ruis hangt ook samen met bandbreedte. 2x zo grote bandbreedte betekent 2x zoveel ruis.

Versterkende elementen met hun werkpunt in het kromme deel van hun karakteristiek produceren (veel) meer ruis dan elementen met werkpunt in het rechte deel. Een mengtrap produceert daardoor in het algemeen meer ruis dan een lineaire versterker.

13.3.7 Detectie van AM, EZB en CW

Detectie van AM, EZB en CW is een mengproces zoals we dat kennen van de mengtrap. Bij AM worden in feite de zijbanden in een diodemixer gemengd met de draaggolf.

Bij EZB en CW ontbreekt de draaggolf. Die moet in de ontvanger weer worden toegevoegd. De BFO levert hem. Vandaar de gestippelde BFO in de figuur. Bij EZB en CW is hij nodig, bij AM niet. Zo'n detector heet ook wel *productdetector*, want wiskundig gezien worden in een mengschakeling (mixer) de twee signalen met elkaar vermenigvuldigd.

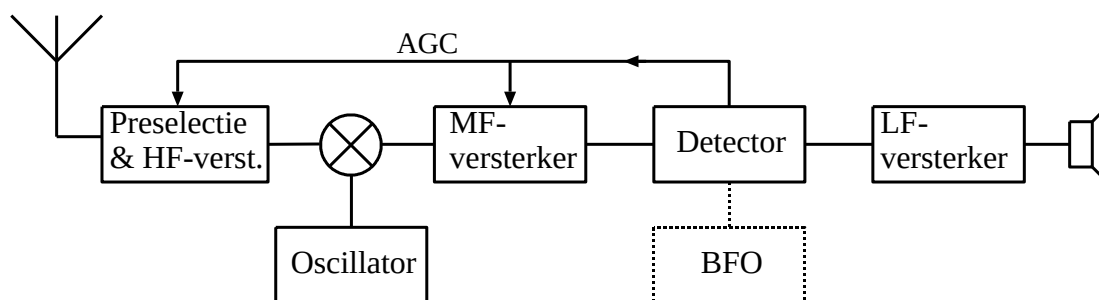
Na de detector is het signaal een LF- signaal en hoorbaar voor onze oren. Het passeert op weg naar de luidspreker (of de koptelefoon) de LF-versterker.

13.3.8 USB en LSB

EZB kan bovenste of onderste zijband zijn. Bij USB ligt de BFO-frequentie onder de signaalfrequentie, bij LSB erboven.

13.3.9 AGC

We herhalen hieronder het blokschema van sub-paragraaf 13.3.5.

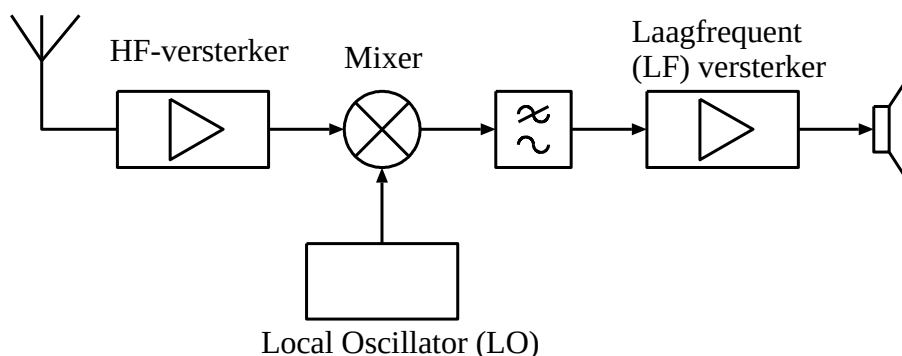


AGC staat voor *Automatic Gain Control*, ofwel automatische versterkingsregeling (AVC). Dat is een spanningsgestuurde versterkingsregeling. De stuurspanning (gelijkspanning) wordt in de detectorschakeling afgeleid uit de MF-wisselspanning. Een sterk signaal stuurt de versterkende elementen in HF- en M-trap(pen) in een vlakker deel van de karakteristiek, waardoor de versterking afneemt. Zo ontstaat een variabele versterking die ertoe leidt dat stations, ongeacht de sterkte van hun signaal op de antenne, ongeveer even sterk uit de luidspreker komen.

De S-meter is doorgaans gekoppeld aan de AVC-spanning.

13.3.10 Ontvanger voor directe conversie (DC)

Een DC-ontvanger (*DC* staat voor *Direct conversion*) is net als een super gebaseerd op frequentietransformatie. Het verschil is dat een DC-ontvanger direct transformeert naar audio. Vergeleken met de super ontbreekt het HF-deel. Het blokschema ziet er zo uit:



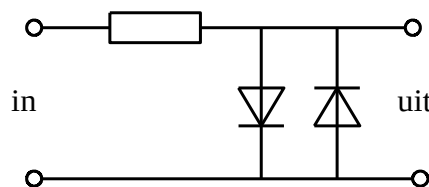
De afstemming van de HF-versterker loopt gelijk op met die van de oscillator (*Local Oscillator*). De benaming wordt ook gebruikt voor de oscillator in een super, die ook VFO (*Variable Frequency Oscillator*) wordt genoemd.

Het laagdoorlaatfilter in het schema onderdrukt hogere frequenties dan het te beluisteren LF-spectrum. In feite bepaalt dat de bandbreedte. De DC-ontvanger ontvangt DZB, USB, LSB en zelfs AM, maar dan moet de LO precies op de draaggolffrequentie staan, anders ontstaat een pieptoon.

13.3.11 Detectie van FM

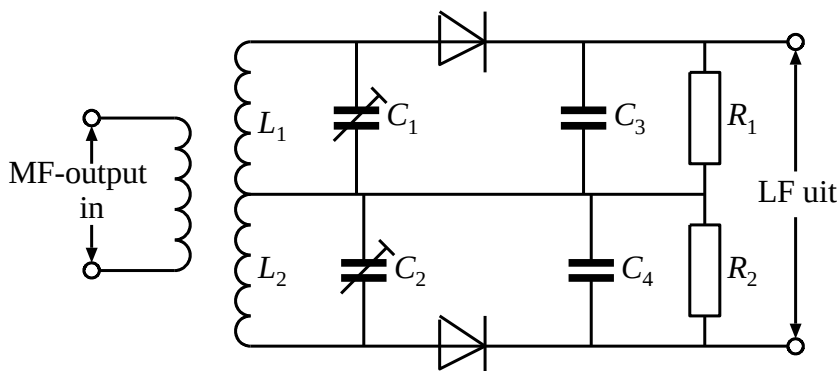
Een FM-detector wordt vaak *discriminator* genoemd. *Demodulator* mag ook. Deze term heeft betrekking op alle vormen van detectie.

Het proces van FM-demodulatie begint vrijwel altijd met een begrenzer. Die snijdt alle pieken (positief en negatief) af op een vaste waarde, zodat alles wat maar enigszins op amplitudemodulatie lijkt, uit het signaal verdwijnt. De schakeling is eenvoudig: twee parallelle dioden in tegengestelde doorlaatrichting in serie met een weerstand (zie figuur).



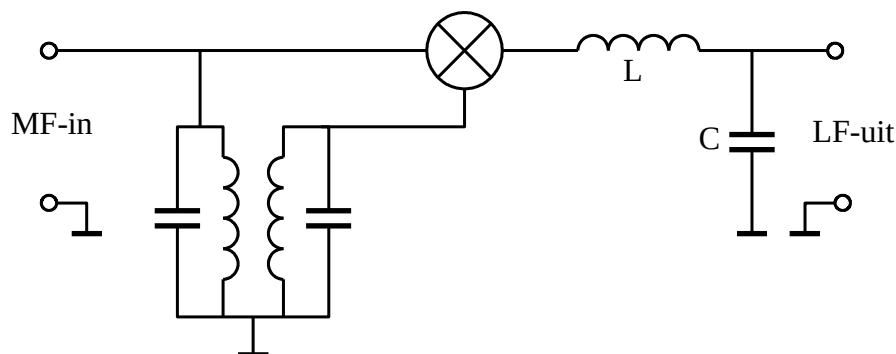
De oudste detector is de flankdetector, eigenlijk een AM-detector. Stuur het signaal door de flank van een bandfilter.

Er ontstaat een signaal met frequentie-afhankelijke amplitude dat als AM wordt gedetecteerd in een vorm van een diodedetector. De figuur hiernaast toont een verbeterde flankdetector. Hij lijkt op een dubbelfasige gelijkrichter, maar het



signaal wordt tussen de twee kathoden afgenomen in plaats van dat beide leidingen samenkomen.

Echte FM-detectie is mogelijk met een kwadratuurdetector. Het schema staat hieronder; de werking is in de cursustekst uitvoerig behandeld.



13.3.12 Bandbreedte voor ontvangst van verschillende modulatievormen

Voor de ontvangst van verstaanbare spraak is een hoogste frequentie van 3000 Hz voldoende. 2700 Hz wordt daarvoor ook wel aangehouden. Als we uitgaan van AM is de maximale bandbreedte 6000 Hz. Voor EZB is die minder dan de helft, omdat de laagste 300 Hz niet veel bijdraagt aan de verstaanbaarheid. De bandbreedte is dan hoogste min laagste frequentie: 3000 Hz – 300 Hz = 2700 Hz of, als we uitgaan van een hoogste frequentie van 2700 Hz, wordt de bandbreedte 2700 Hz – 3000 Hz = 2400 Hz. Beide uitkomsten komen in examenopgaven voor; als het goed is, niet gelijktijdig (!).

Bij kristalfilters voor CW wordt meestal 500 Hz aangehouden. Een CW-sigitaal is in het algemeen smalbandiger.

Voor FM en PM is het verhaal gecompliceerder. De bandbreedte hangt af van de frequentiezwaaai Δf die het verschil is tussen de draaggolffrequentie f_d en de hoogste momentele frequentie f_{max} in het gemoduleerde signaal

$$\Delta f = f_{max} - f_d$$

Als f_{max} en de laagste momentele frequentie f_{min} even ver van f_d liggen, is de modulatie symmetrisch. Dan geldt ook

$$\Delta f = f_d - f_{min}$$

Dan hebben we ook nog de modulerende frequentie f_i met de i van informatie. Samen met Δf levert die de modulatie-index m , niet te verwarren met de modulatiediepte M bij AM:

$$m = \frac{\Delta f}{f_i}$$

Het spectrum van een FM-sigitaal wordt breder, naarmate m groter is. In feite is het oneindig. In de praktijk gaat men uit van de breedte waarbinnen 99% van het signaalvermogen ligt. Een benadering daarvoor is

$$B \approx 2f_i(1 + m)$$

Bij de op amateurbanden vrij gebruikelijke modulatie-index van 0,5 en een hoogste spraakfrequentie van 3000 Hz leidt dat tot een bandbreedte B van ongeveer 9 kHz. Voor $m=1$ wordt dat ongeveer 12 kHz.

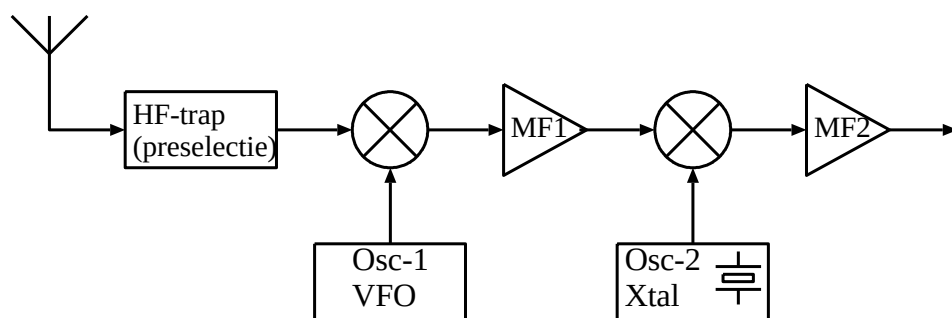
13.3.13 Squelch

Squelch is ruisonderdrukking bij afwezigheid van signaal, het meest toegepast bij FM-ontvangst. Als er een (zwak) signaal is, neemt de demodulator de zaak over en wordt de ruis onderdrukt. Zonder signaal wordt bij een FM-ontvanger de ruis hinderlijk sterk. Dan stuurt de ruis via een gelijkrichter een transistorschakeling aan die het LF van de ruis in de LF-versterker blokkeert. Soms zie je ontvangers met een squelch-schakeling die ook bij EZB-ontvangst werkt.

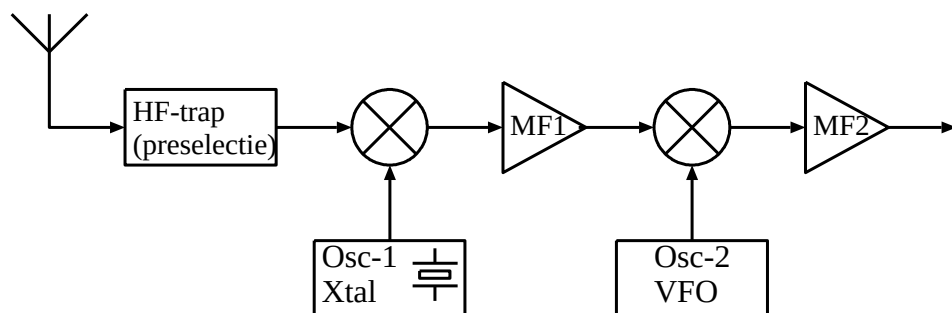
13.3.14 De dubbelsuper

Een dubbelsuper heeft twee frequentie-omzettingen, twee middenfrequenties en twee MF-versterkertrappen. Een belangrijke reden daarvoor is de verhouding van afstem- en middenfrequentie. Voor een goede veraf-selectiviteit is een hoge middenfrequentie nodig. Maar een hoge middenfrequentie kan een slechtere nabij-selectiviteit opleveren. De oplossing voor deze elektronische spagaat is de dubbelsuper.

Een dubbelsuper kan op twee manieren tot stand komen. De eerste MF heeft al een constante frequentie, dus kan de tweede omzetting tot stand komen via een vaste frequentie uit een kristaloscillator (zie figuur hieronder).

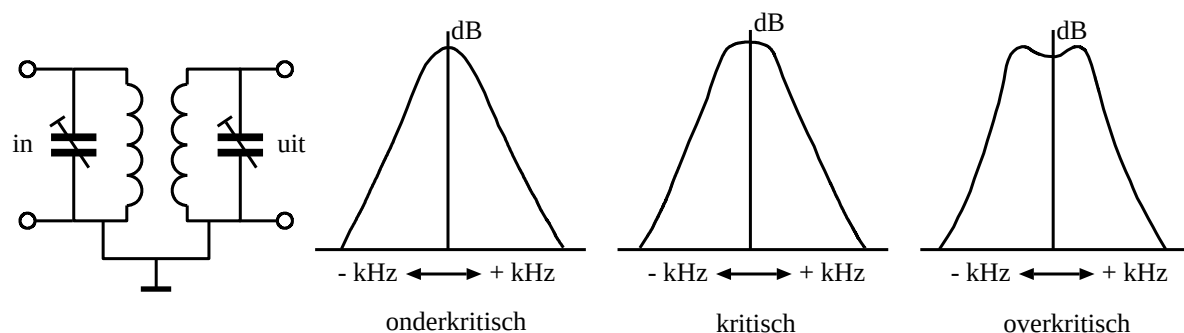


Andersom kan ook: eerste oscillator vast (kristal), de tweede variabel. Lang geleden was dat de standaardoplossing omdat een variabele oscillator op een hoge frequentie lastig stabiel te houden is. Tegenwoordig is dat met de digitale trukendoos niet meer zo. Het blokschema hieronder toont de “antieke” vorm.



13.3.15 Koppeling in bandfilters

Bandfilters kunnen onderkritisch, kritisch of overkritisch gekoppeld zijn. Dat is te zien aan de doorlaat (figuur hieronder).



Het onderkritisch gekoppelde filter heeft een doorlaat die sterk lijkt op die van een enkelvoudig filter.

Het kritisch gekoppelde filter heeft een vlakke top.

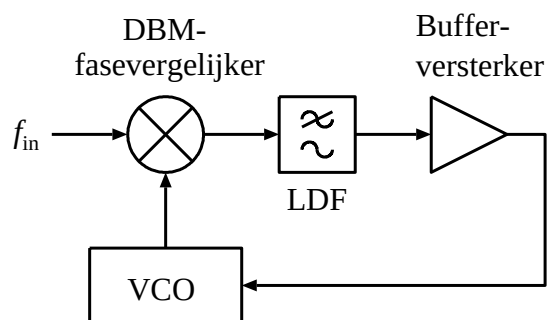
Het overkritisch gekoppelde filter heeft een deuk in het midden met aan weerskanten een "oortje".

13.3.16 Fasevergrendelde lus (Phase Locked Loop, afgekort PLL)

Een PLL is een vorm van een door fase tegengekoppelde lus. Het basisschema staat hiernaast.

Links komt een frequentie f_{in} binnen. In de DBM-fasevergelijker wordt deze frequentie gemengd met een frequentie uit de VCO. Het mengproduct passeert een laagdoorlaatfilter (LDF). Daarin wordt de somfrequentie onderdrukt.

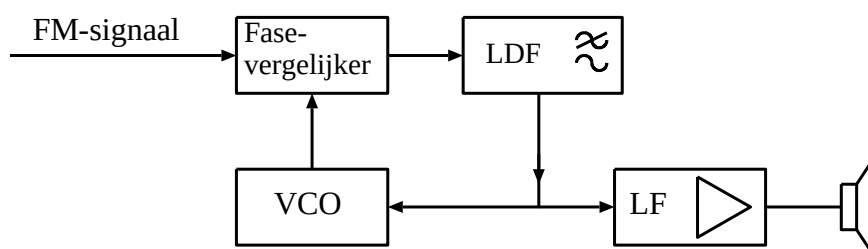
Zijn de ingangsfrequentie en de VCO ongelijk, dan zal de verschilfrequentie een onzuivere wisselspanning zijn die de VCO aanstuurt en leidt tot een wisselende frequentie. Op enig moment zal deze stuurspanning zodanig zijn dat de VCO-frequentie



gelijk is aan de ingangsfrequentie. Uit de cursustekst over de kwadratuurdetector weten we dat dan de DBM een gelijkspanning produceert. Die verschuift uiteindelijk naar een spanning waarbij de VCO dezelfde frequentie produceert bij een faseverschil dat de DBM een gelijkspanning laat masken die bij de VCO leidt tot dezelfde frequentie als f_{in} .

Voor digitale toepassingen kan voor de DBM een EXOF-poort worden gebruikt waarbij de pulsbreedte het faseverschil weergeeft, de effectieve spanning ervan de VCO aanstuurt, enzovoort.

Als de frequentie f_{in} een FM-signaal is, is de stuurspanning op de VCO het gedemoduleerde FM-signaal. (zie figuur hieronder, bufferversterker niet getekend)



Een frequentiedeler tussen VCO en fasevergelijker leidt tot een frequentievermenigvuldiger die instelbaar gemaakt kan worden. Met een PLL kan ook of een FM-zender worden gemaakt door de VCO aan te sturen met de som van de output van het LDF en een microfoonsignaal. Deze toepassingen staan in de cursustekst.

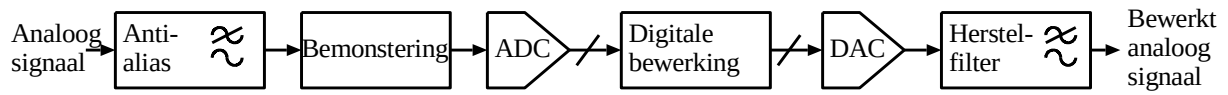
13.3.17 Digitale signaalverwerking

Voor digitale verwerking moet een analoog signaal worden gedigitaliseerd. Daarbij wordt een signaal dat er in analoge vorm uit ziet als een vloeiende kromme, zoals bijvoorbeeld een sinus. In gedigitaliseerde vorm wordt het een kromme van traptreetjes.

Daarbij geldt de stelling van Nyquist of Nyquist/Shannon. Die schrijft voor dat een signaal moet worden bemonsterd met een frequentie die tenminste twee keer zo hoog is als de hoogste frequentie die in dat signaal voorkomt. Houdt men zich daar niet aan, dan ontstaan frequenties die niet in het oorspronkelijke signaal zaten, zogenoemde *aliases*.

Daarom zit er vóór de bemonsteringsschakeling een laagdoorlaatfilter dat die te hoge frequenties onderdrukt. Het heet toepasselijk: *anti-alias filter*.

Na de digitale bewerking moet een trapjeskromme terug worden omgezet naar een vloeiende kromme. Ook dat gebeurt met een laagdoorlaatfilter dat de trapjeskromme ontdoet van zijn “scherpe kantjes”. Het wordt *herstelfilter* of *reconstructiefilter* genoemd. In blokschema ziet dat er ongeveer zo uit:

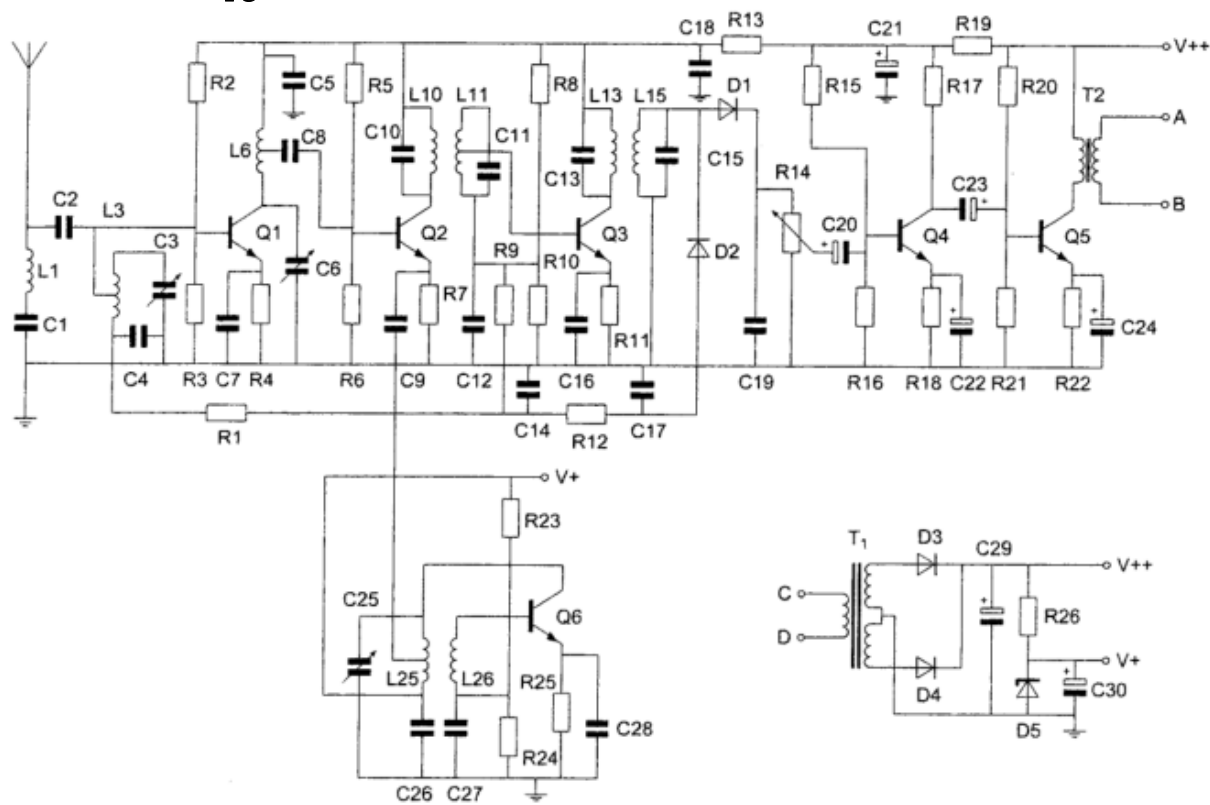


ADC betekent *Analoog naar Digitaal Conversie*. DAC *Digitaal naar Analoog Conversie*.



13.4 Opgaven

13.4.151 Opgave 13-151



De condensatoren C₂₂ en C₂₄ zijn:

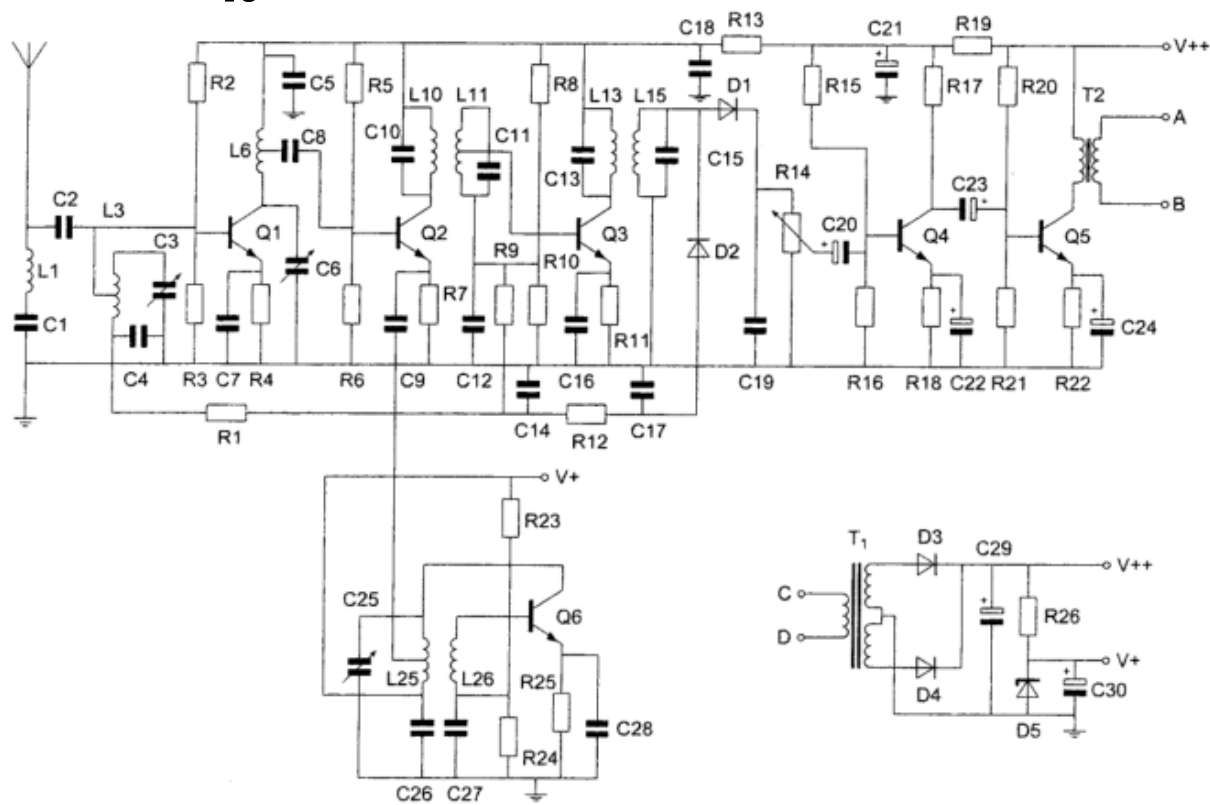
- A. Luchtcondensatoren
- B. Keramische condensatoren
- C. Elektrolytische condensatoren
- D. Polyestercondensatoren

(F-examen september 2013 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.152 Opgave 13-152



De ontvanger wordt afgestemd met:

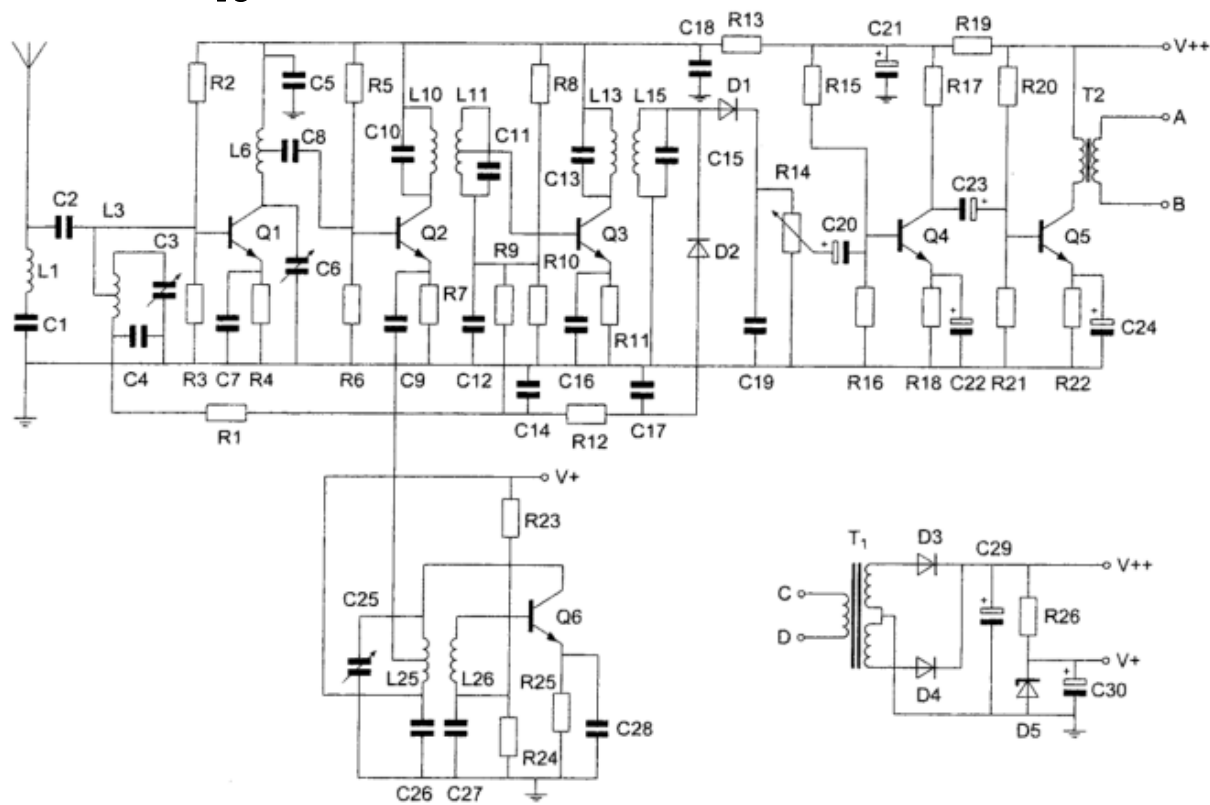
- A. Alleen C₂₅
- B. Alleen C₃
- C. Alleen C₆
- D. C₃, C₆ en C₂₅

(F-examen november 2009 (2), januari 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.153 Opgave 13-153



De ontvangfrequentie wordt bepaald door de middenfrequentie en door de kring:

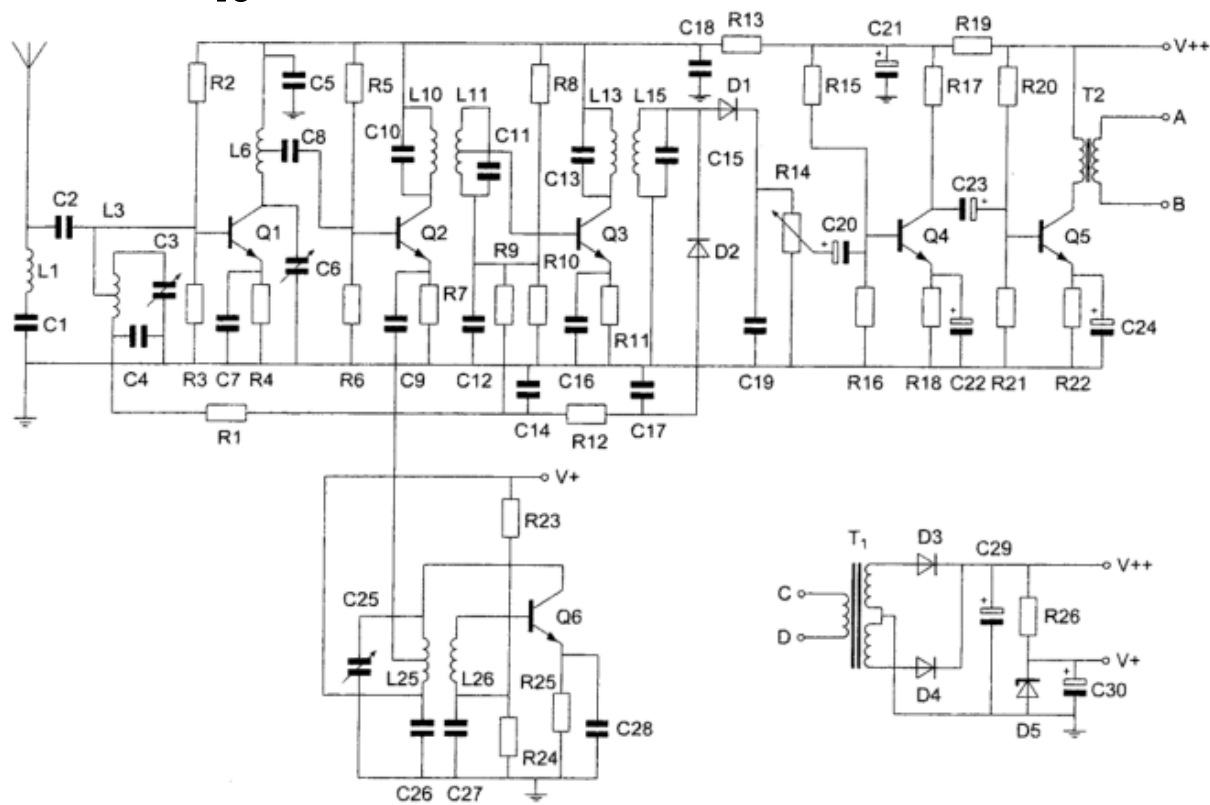
- A. L₆ en C₆
- B. L₂₅ en C₂₅
- C. L₃ en C₃
- D. L₁ en C₁

(F-examen september 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.154 Opgave 13-154



De detector bestaat onder andere uit

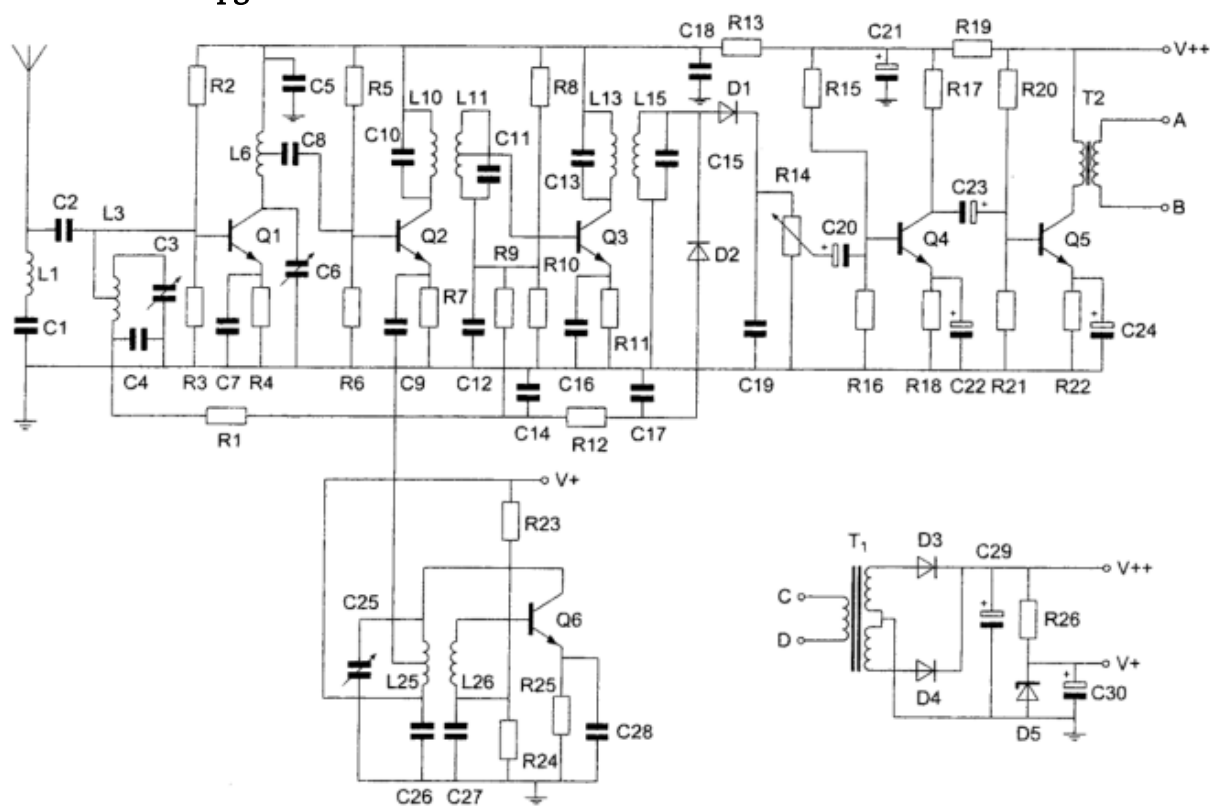
- A. C₂₀, R₁₅, R₁₆, Q₄
- B. L₁₅, D₁, C₁₉, R₁₄
- C. D₂, R₁₂, C₁₄, C₁₇
- D. L₁₁, C₁₁, Q₃, R₁₁

(F-examen mei 2014 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.155 Opgave 13-155



Er is een laagfrequent wisselspanning aanwezig over:

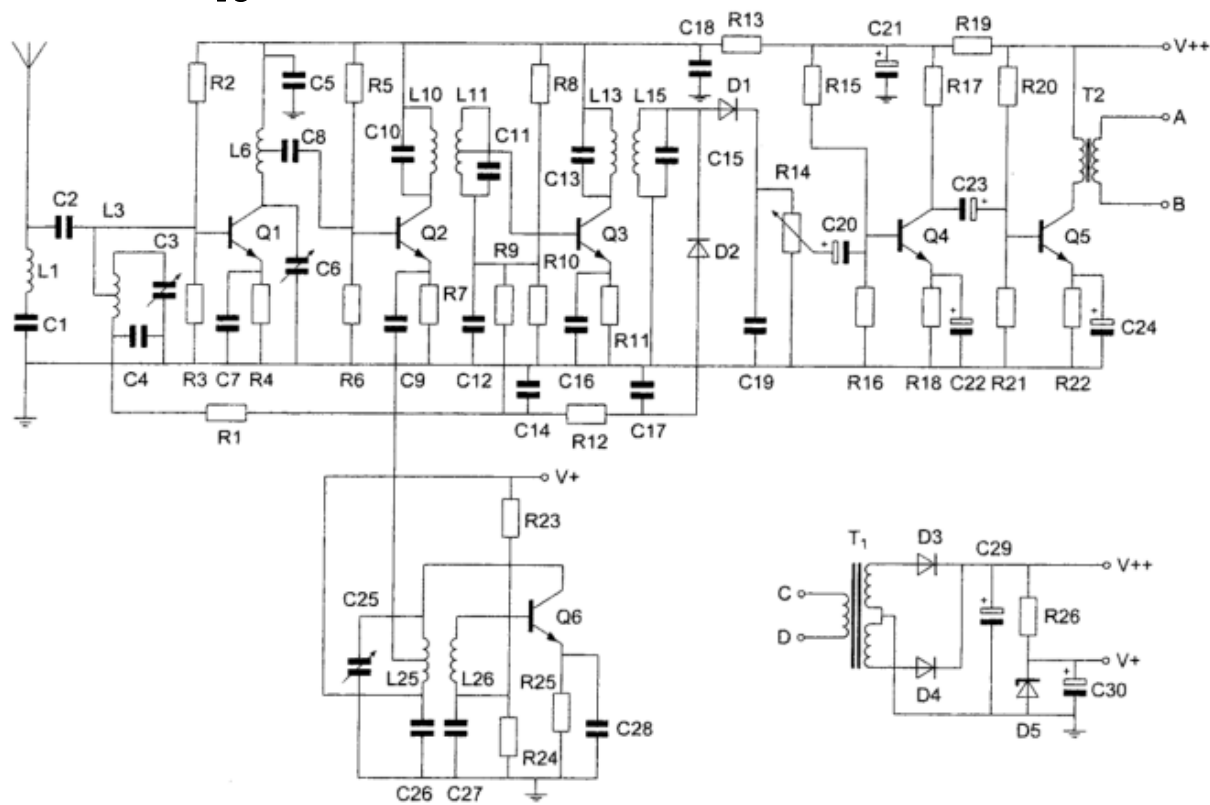
- A. R₁
- B. R₃
- C. R₁₄
- D. R₁₀

(F-examen mei 2017 (1), januari 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.156 Opgave 13-156



De oscillator is opgebouwd rond transistor

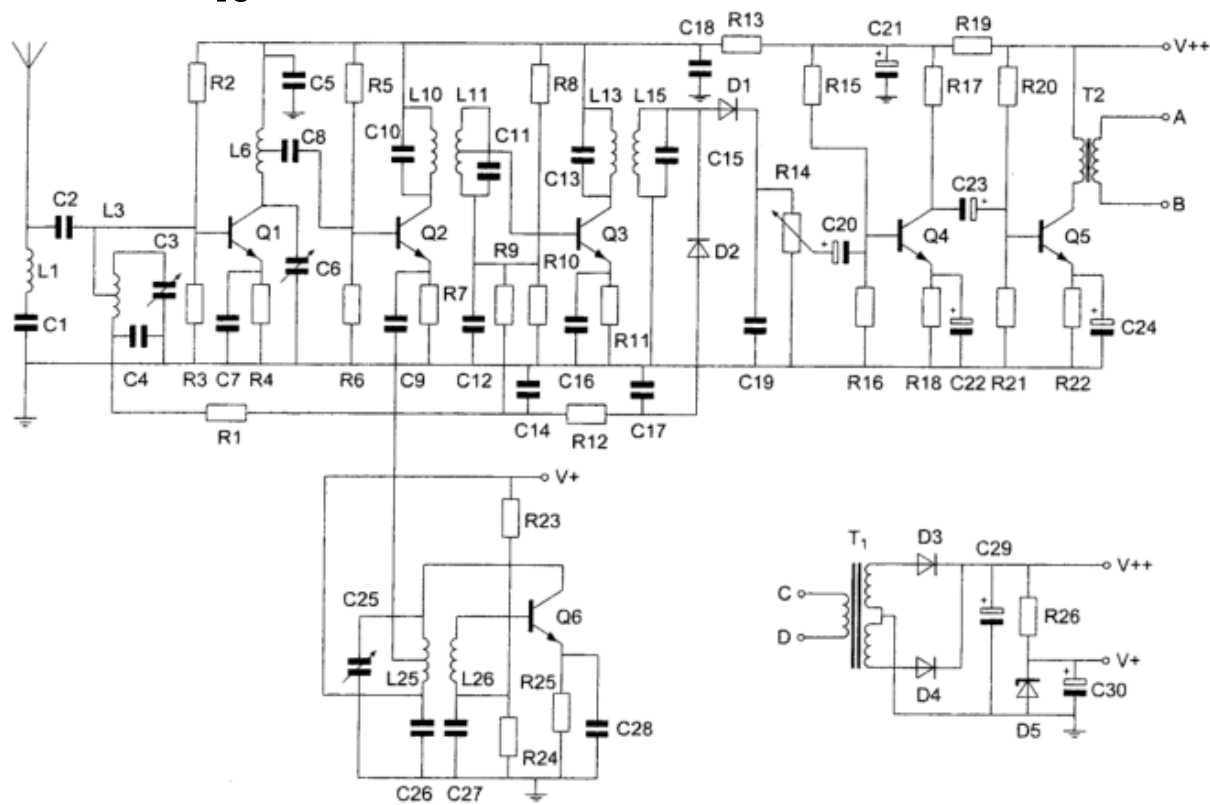
- A. Q_1
- B. Q_2
- C. Q_6
- D. Q_3

(F-examen september 2014 (1), januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.157 Opgave 13-157



De voedingsspanningen worden afgevlakt door de condensatoren:

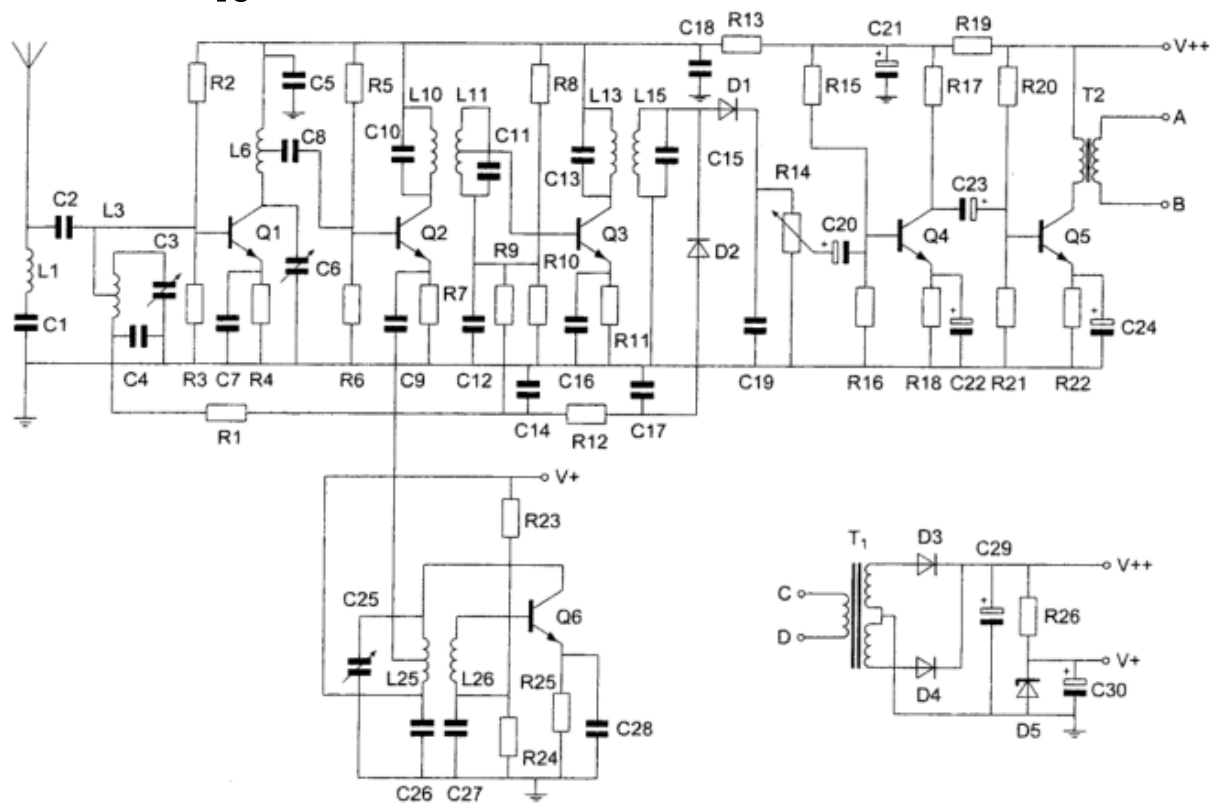
- A. C₂₆ en C₂₇
- B. C₂₂ en C₂₄
- C. C₁₄ en C₁₇
- D. C₂₁ en C₂₉

(F-examen september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.158 Opgave 13-158



De hoogfrequentversterker is opgebouwd rond transistor:

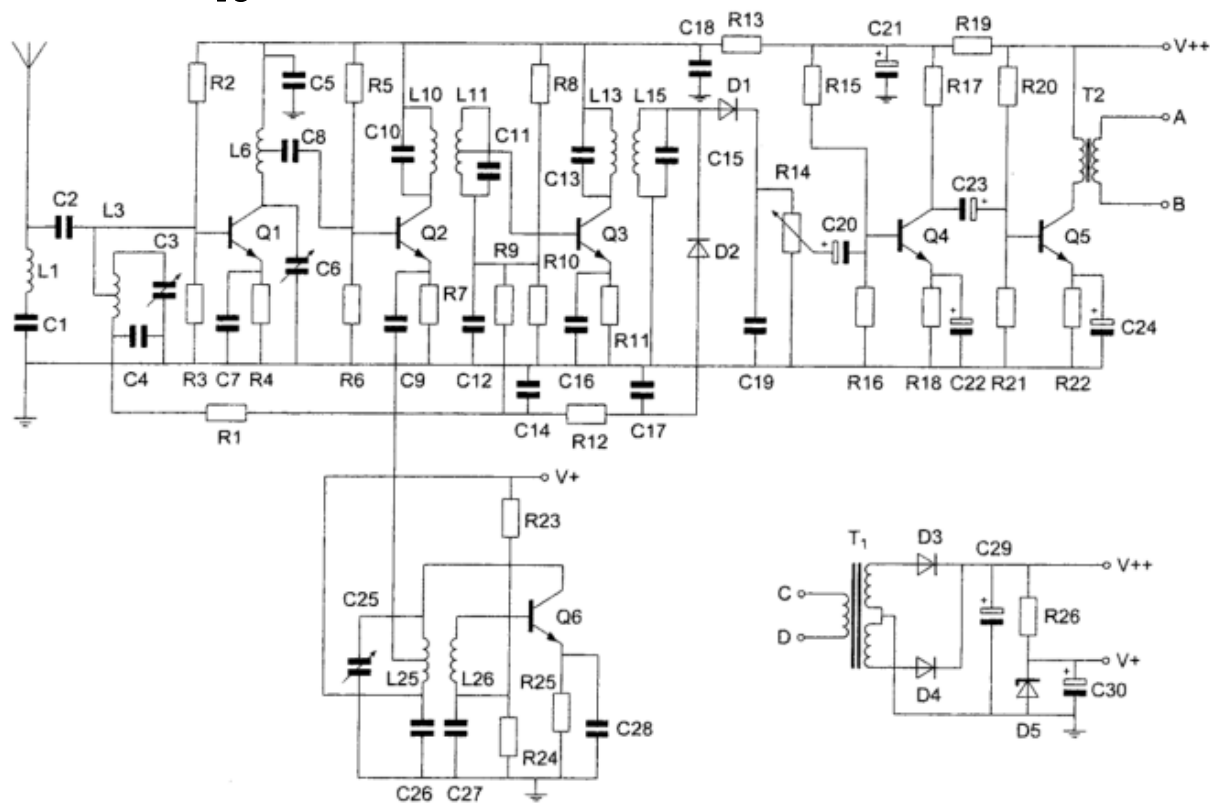
- A. Q_2
- B. Q_1
- C. Q_5
- D. Q_6

(F-examen maart 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.159 Opgave 13-159



De condensator C₂₂ heeft bij voorkeur een waarde van ongeveer:

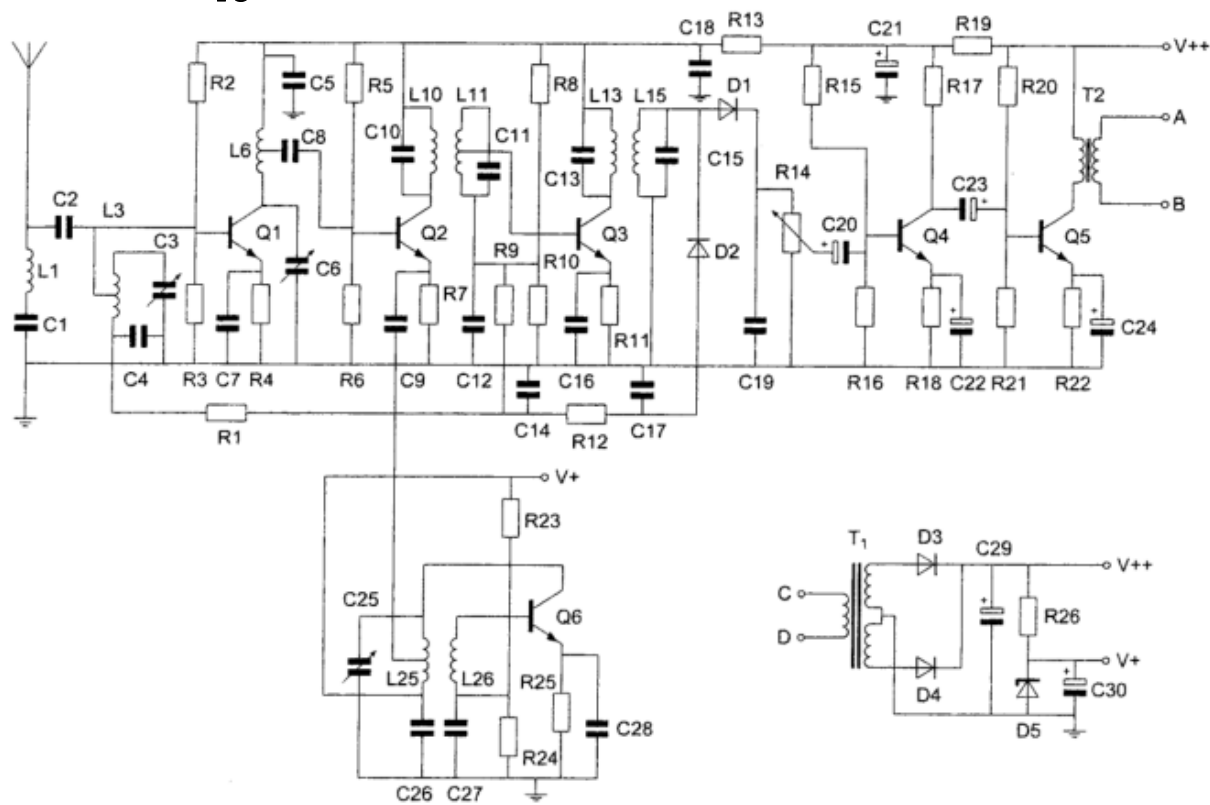
- A. 100 nF
- B. 10 pF
- C. 1000 pF
- D. 100 μ F

(F-examen mei 2011 (3), september 2012, November 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.160 Opgave 13-160



De gestabiliseerde voedingsspanning wordt verkregen met behulp van:

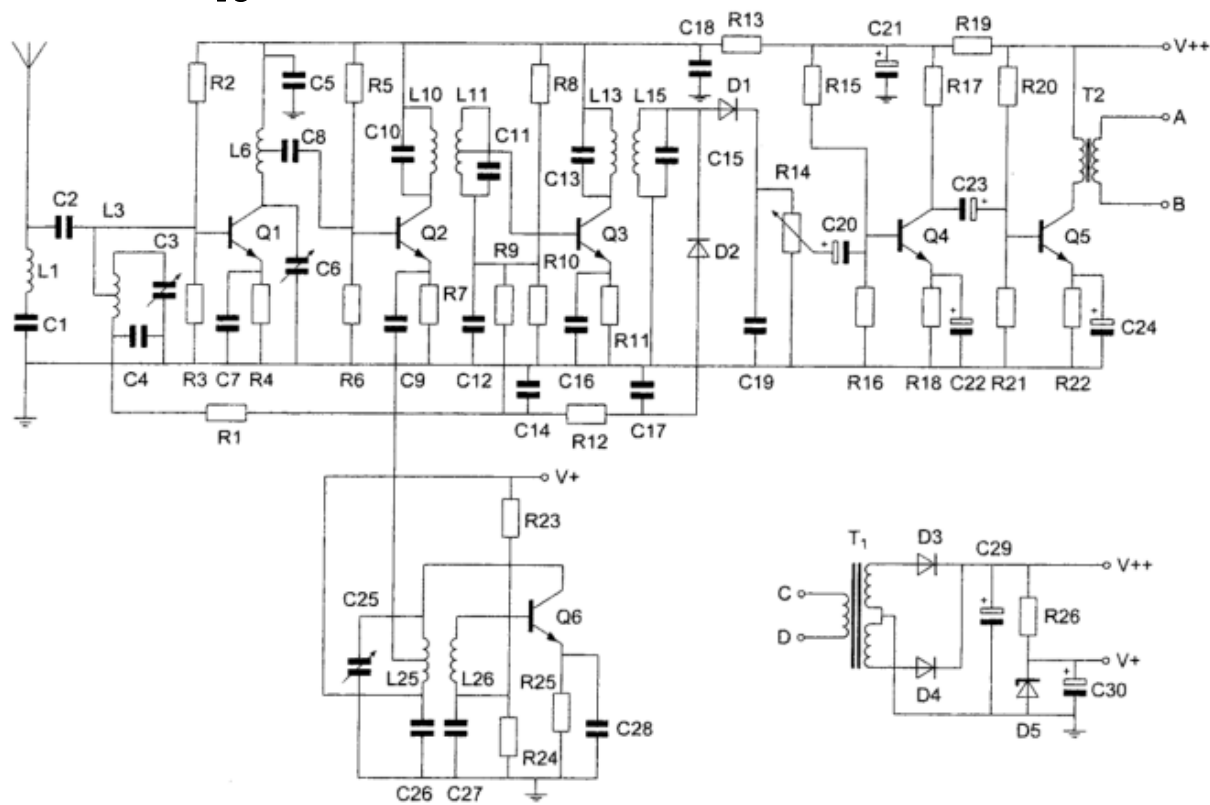
- A. D₅ en R₂₆
- B. T₂
- C. Q₅
- D. D₁ en D₂

(F-examen juli 2011)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.161 Opgave 13-161



Deze ontvanger is geschikt te maken voor CW-ontvangst (A1A) door toevoeging van een:

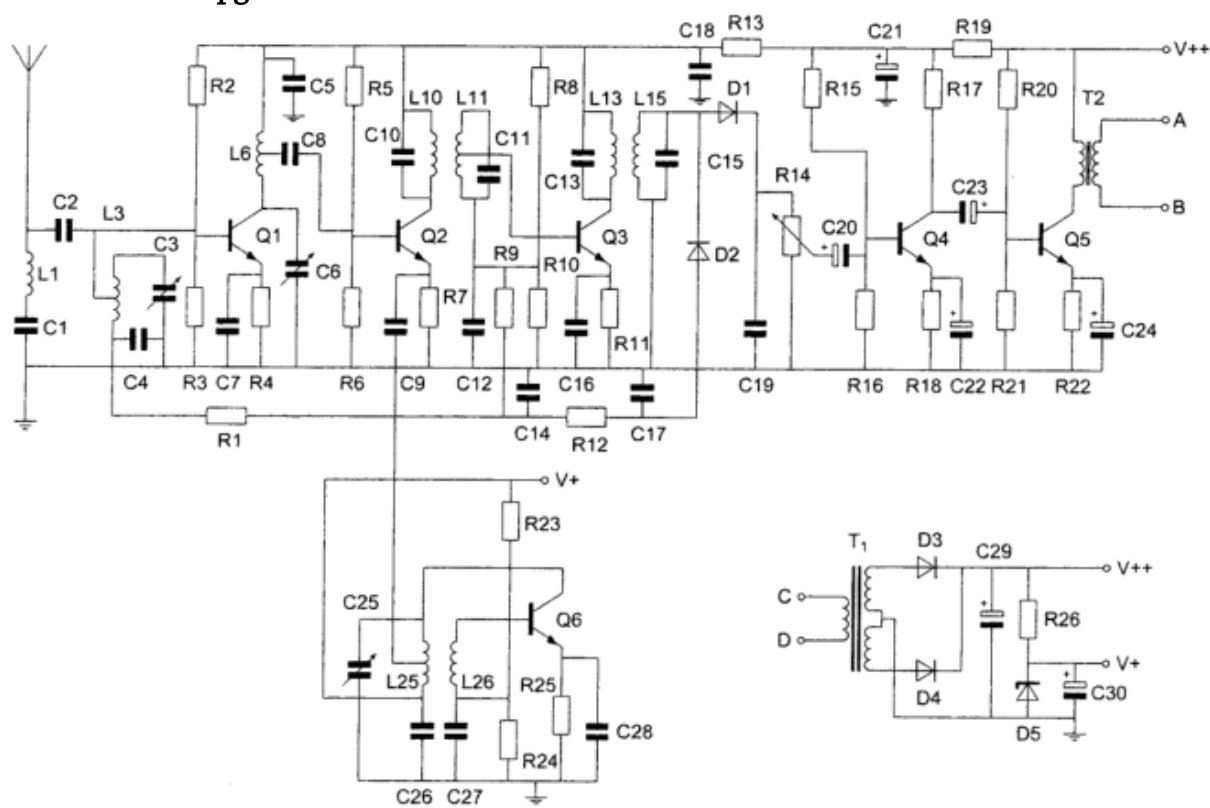
- A. Flankdetector
- B. BFO
- C. HF-versterker
- D. CW-filter

(F-examen juli 2011, mei 2018 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.162 Opgave 13-162



De middenfrequentversterker is opgebouwd rond de transistor:

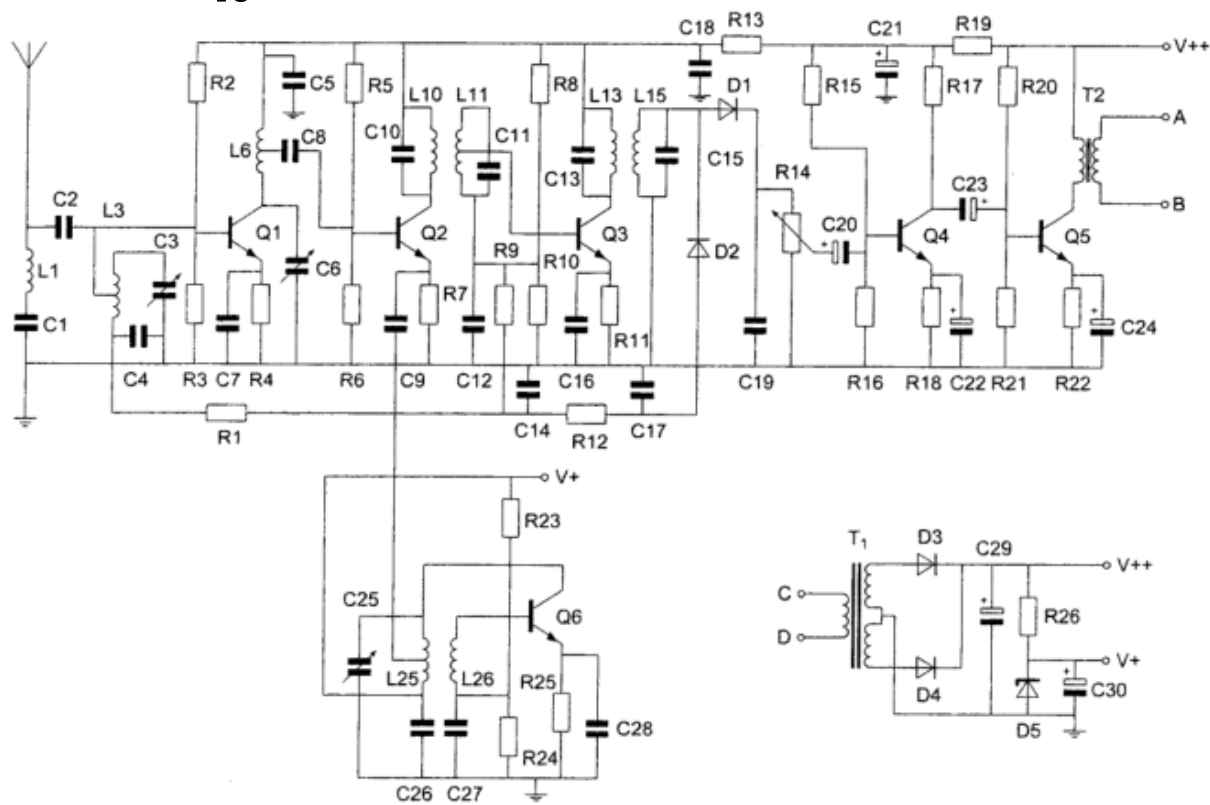
- A. Q_6
- B. Q_3
- C. Q_2
- D. Q_1

(F-examen juli 2011, september 2011 (2), mei 2012 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.163 Opgave 13-163



De volgende spoelen zijn magnetisch gekoppeld:

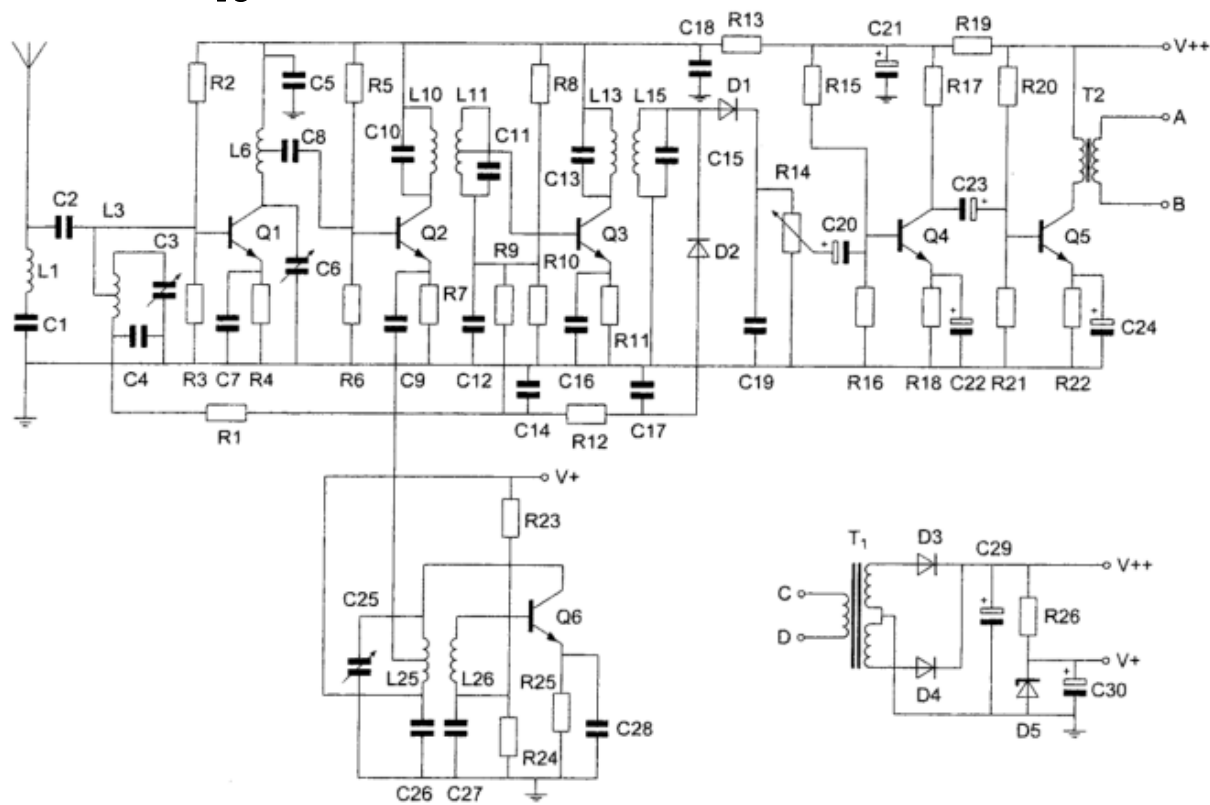
- A. L₁ en L₃
- B. L₁₀ en L₁₁
- C. L₁ en L₆
- D. L₃ en L₆

(F-examen augustus 2011)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.164 Opgave 13-164



De middenfrequent-selectiviteit wordt bepaald door de kring(en) met:

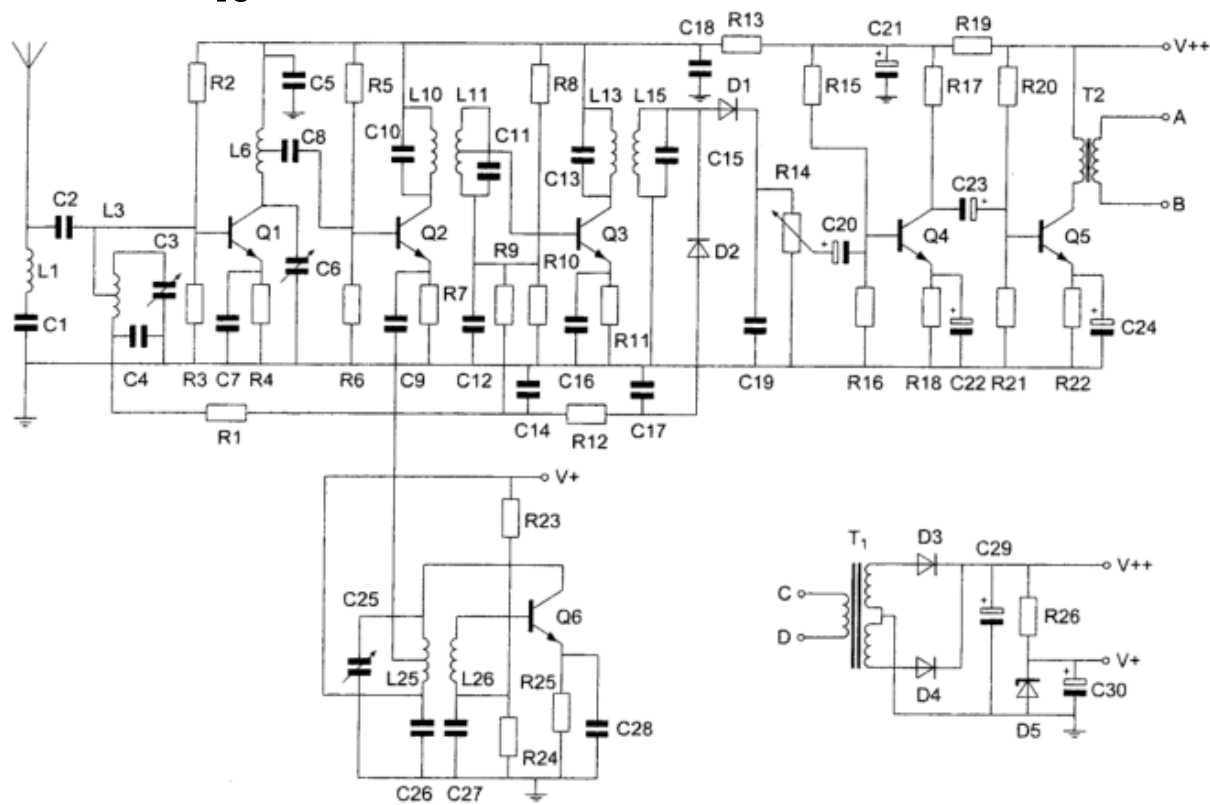
- A. L₆
- B. L₁₀, L₁₁, L₁₃ en L₁₅
- C. L₃
- D. L₂₅ en L₂₆

(F-examen maart 2012)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.165 Opgave 13-165



De spoelen L₁₃ en L₁₅ maken deel uit van de:

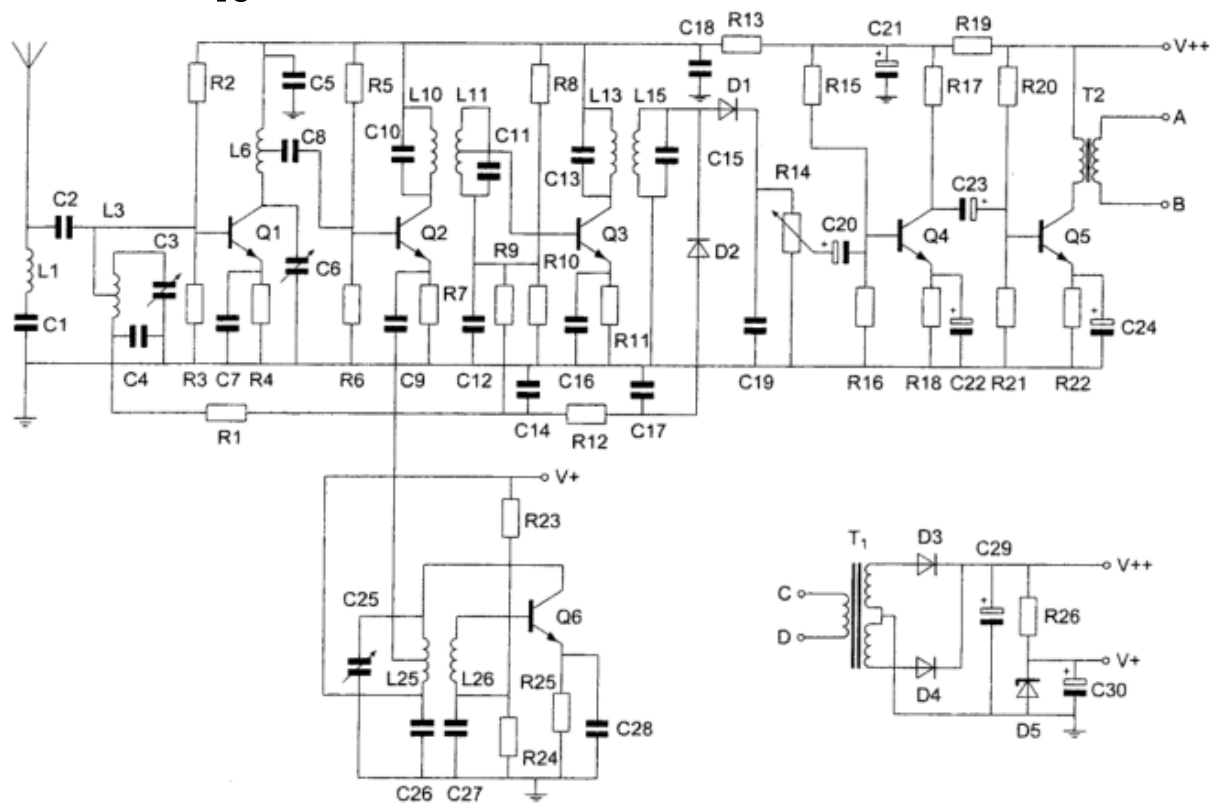
- A. Hoogfrequent versterker
- B. Oscillator
- C. Laagfrequent versterker
- D. Middenfrequent versterker

(F-examen september 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.166 Opgave 13-166



De condensator C₂₀ heeft bij voorkeur een waarde van:

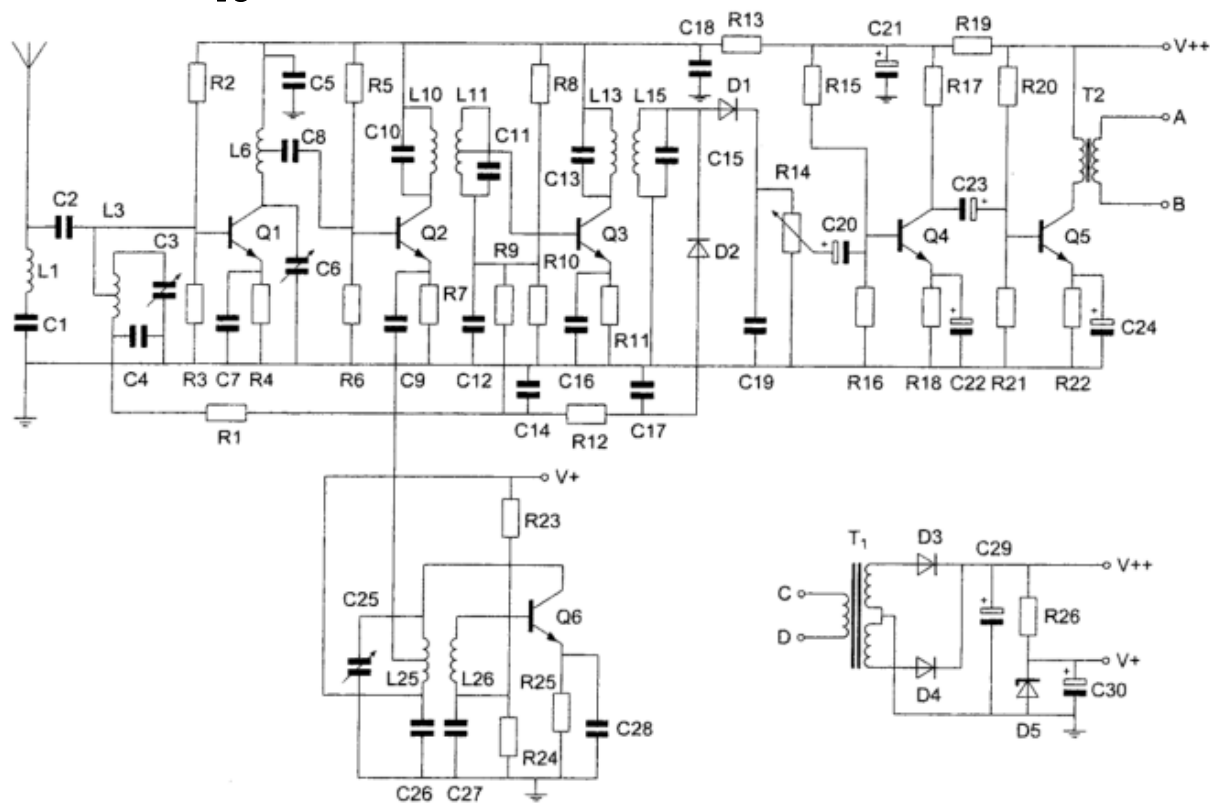
- A. 1 μ F
- B. 1000 pF
- C. 10 pF
- D. 1000 μ F

(F-examen maart 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.167 Opgave 13-167



Er staat een hoogfrequent wisselspanning over:

- A. R₂₆
- B. R₁₃
- C. R₇
- D. R₂₁

(F-examen mei 2018 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.168 **Opgave 13-168**

De voornaamste functie van een lf-versterker in een ontvanger is het vergroten van

- A. De spiegelonderdrukking
- B. De gevoeligheid
- C. Het uitgangsvermogen
- D. De nabij-selectiviteit

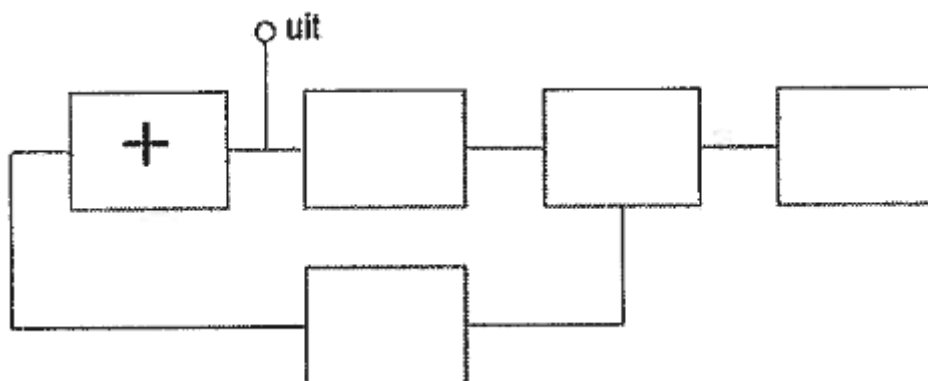
(F-examen november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.169 Opgave 13-169

Van een fase-regellus is het met een + aangegeven onderdeel



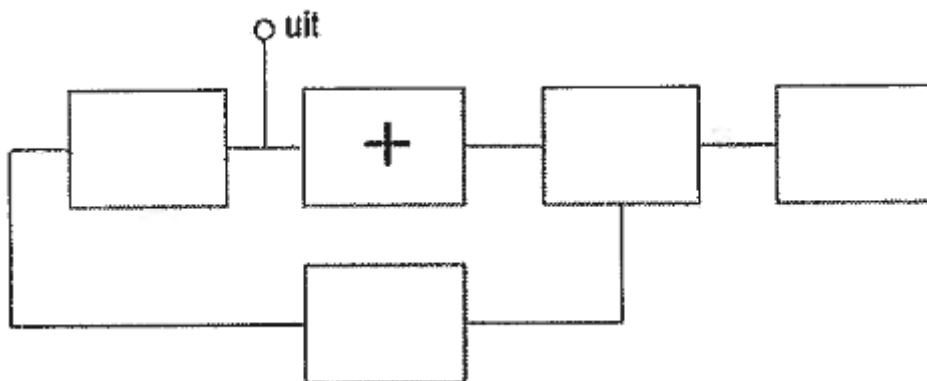
- A. De programmeerbare deler
- B. De fase-vergelijker
- C. De referentie-oscillator
- D. De spanninggeregelde oscillator

(F-examen voorjaar 1994, voorjaar 2004, juli 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

13.4.170 Opgave 13-170

Van een fase-regellus is het met een + aangegeven onderdeel:



- A. De spanninggeregelde oscillator
- B. De programmeerbare deler
- C. De fase-vergelijker
- D. Het laagdoorlaatfilter

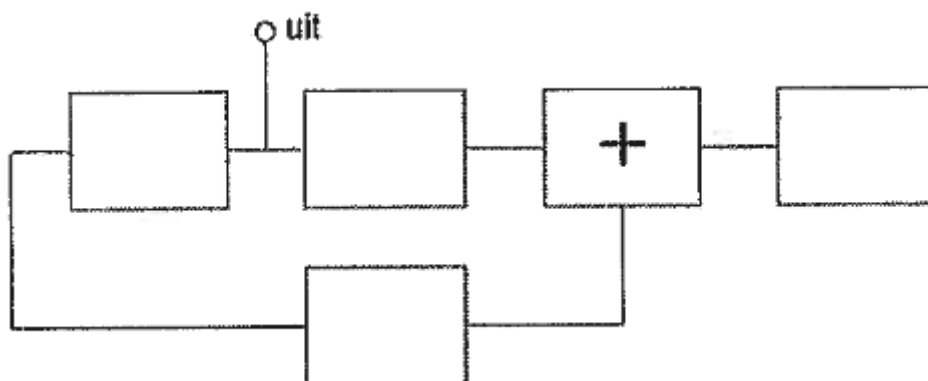
(F-examen najaar 1995, najaar 2003)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.171 Opgave 13-171

Van een fase-regellus is het met een + aangegeven onderdeel:



- A. De spanninggeregelde oscillator
- B. De programmeerbare deler
- C. De fase-vergelijker
- D. De referentie-oscillator

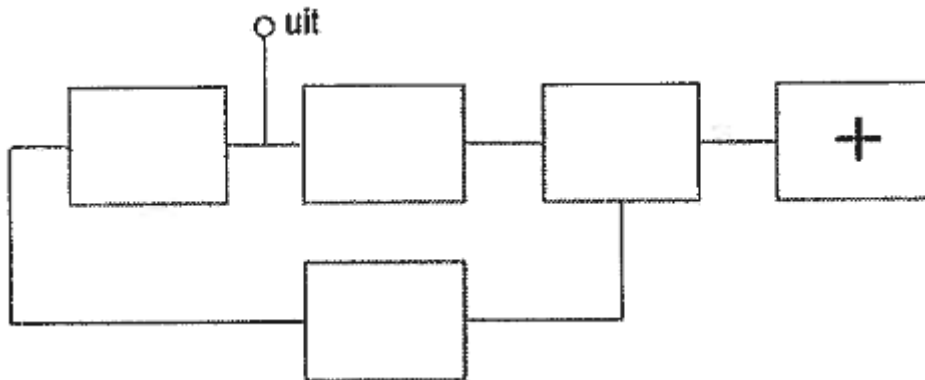
(F-examen voorjaar 1998)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.172 Opgave 13-172

Van een fase-regellus is het met een + aangegeven onderdeel:



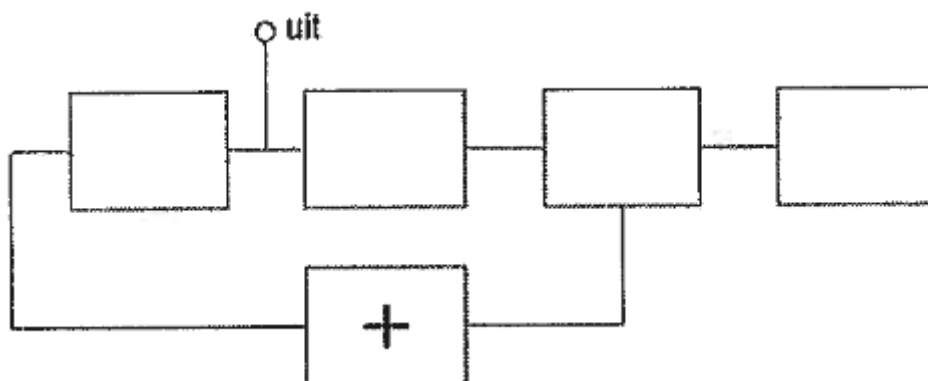
- A. De spanninggeregelde oscillator
- B. De programmeerbare deler
- C. De fase-vergelijker
- D. De referentie-oscillator

(F-examen najaar 1996, najaar 2004, september 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

13.4.173 Opgave 13-173

Van een fase-regellus is het met een + aangegeven onderdeel:



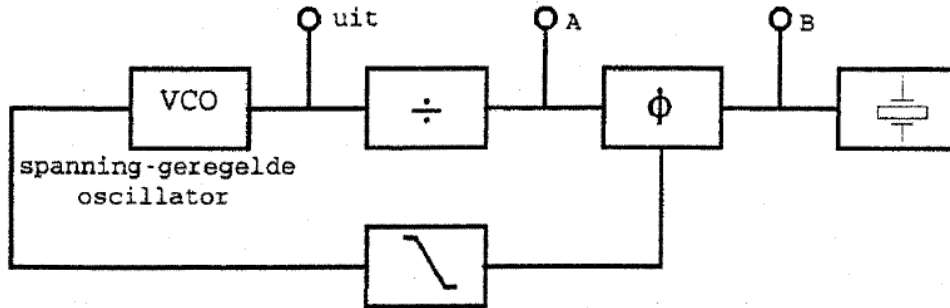
- A. De fase-vergelijker
- B. De referentie-oscillator
- C. De spanninggeregelde oscillator
- D. Het laagdoorlaatfilter

(F-examen voorjaar 2007, februari 2009, augustus 2009)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

13.4.174 Opgave 13-174

De regellus is in stabiele toestand (gelocked).



Welke bewering is juist?

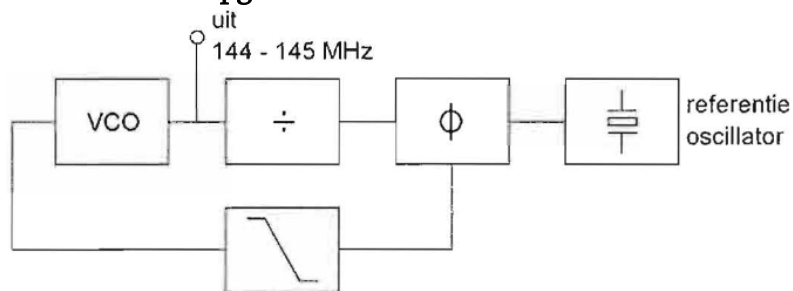
- A. De frequentie op punt A is hoger dan de frequentie op punt B
- B. De frequenties op de punten A en B zijn gelijk
- C. De frequentie op punt A is lager dan de frequentie op punt B
- D. De spanningen op de punten A en B zijn altijd in fase

(F-examen voorjaar 1996, voorjaar 2000, september 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.175 Opgave 13-175



Het uitgangssignaal kan worden ingesteld op kanalen in een 25 kHz raster. De frequentie van de referentie-oscillator is:

- A. 145,025 MHz
- B. 145 MHz
- C. 25 kHz
- D. 145,975 MHz

(F-examen najaar 1997, voorjaar 2005, januari 2013, januari 2015, september 2015)

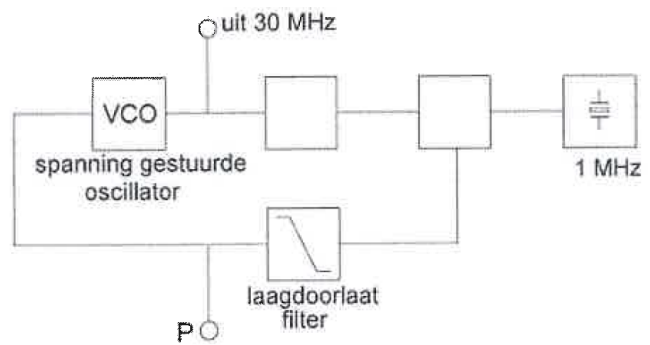
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.176 Opgave 13-176

De regellus met fasevergelijkschakeling bevindt zich in vergrendelde toestand (geloeked) Op punt P staat:

- A. Een constante gelijkspanning
- B. Een wisselspanning van 30 MHz
- C. Een wisselspanning van 1 MHz
- D. Een gelijkspanning met langzame variaties



(F-examen voorjaar 1993, najaar 2002, oktober 2009, september 2018)

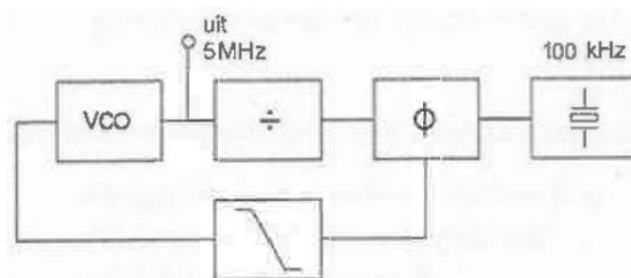
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.177 Opgave 13-177

De regellus met fasevergelijkschakeling is in stabiele toestand (gelocked). De deler is ingesteld op:

- A. 500
- B. 50
- C. 4900
- D. 5100



(F-examen najaar 1994, najaar 1998, voorjaar 2006, november 2013, maart 2018)

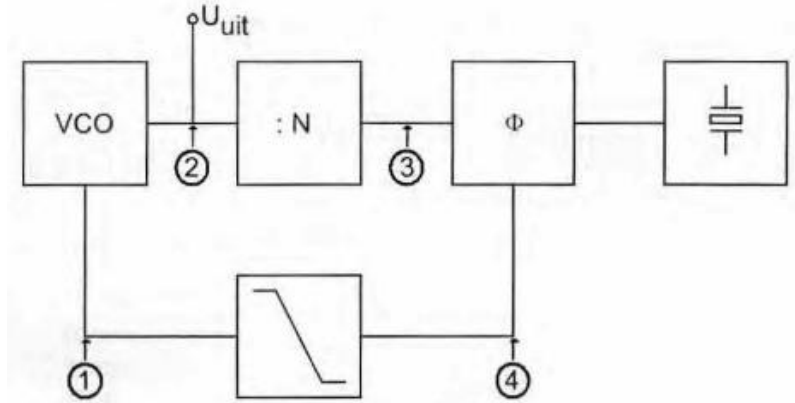
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.178 Opgave 13-178

De PLL wekt een in stappen van 12,5 kHz instelbare gemiddelde frequentie op. Het uitgangssignaal U_{uit} wordt in frequentie gemoduleerd door een audiosignaal. Het juiste aansluitpunt voor het audiosignaal is:

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

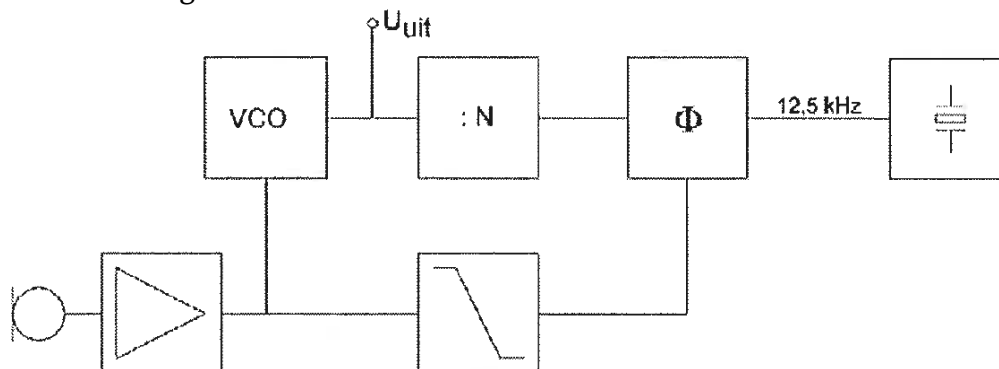


(F-examen december 2008, augustus 2009, januari 2011, november 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

13.4.179 Opgave 13-179

De PLL wekt een frequentie op tussen 144 en 146 MHz. Het uitgangssignaal U_{uit} wordt gemoduleerd door het microfoonsignaal. De meest geschikte kantelfrequentie van het filter in de regellus is:



- A. 30 Hz
- B. 3000 Hz
- C. 146 MHz
- D. 12,5 kHz

(F-examen november 2008 (2), maart 2012, maart 2014)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



13.4.180 **Opgave 13-180**

De Engelse afkorting DDS komt overeen met de Nederlandse uitdrukking:

- A. Dubbelzijdig diode systeem
- B. Diode detector schakeling
- C. Digitale frequentiesynthese
- D. Directe digitale frequentiesynthese

(F-examen oktober 2008)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.181 **Opgave 13-181**

Een reconstructiefilter:

- A. Wordt veelal toegepast in een DSP-keten
- B. Is een bandsperfilter
- C. Is een andere naam voor een anti-aliasfilter
- D. Is een hoogdoorlaatfilter

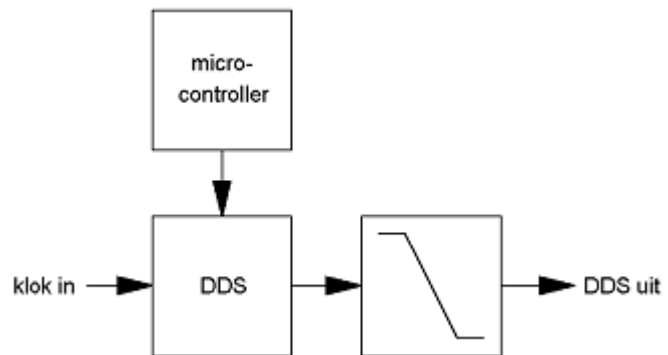
(F-examen februari 2010 (1), maart 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

13.4.182 Opgave 13-182

Het getekende filter is een:

- A. Reconstructiefilter
- B. IIR-filter
- C. Anti-aliasfilter
- D. FIR-filter



(F-examen januari 2009, januari 2010)

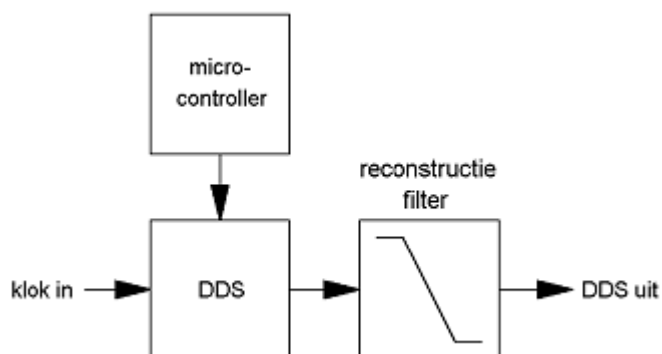
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.183 Opgave 13-183

Dit blokschema toont een:

- A. Productdetector
- B. Amplitude-modulator
- C. PLL-schakeling
- D. Digitale VFO



(F-examen april 2010, mei 2011 (3), september 2012, november 2017, november 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



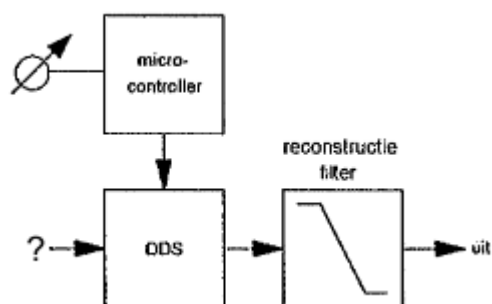
13.4.184 **Opgave 13-184**

Op de plaats van het vraagteken moet worden aangesloten:

- A. Het kloksignaal
- B. De voedingsspanning
- C. De modulatie
- D. De antenne

(F-examen september 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.185 **Opgave 13-185**

Een reconstructiefilter is een:

- A. Bandsperfilter
- B. Laagdoorlaatfilter
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. Notch filter

(F-examen mei 2011 (2), mei 2012 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.186 **Opgave 13-186**

Een analoog signaal wordt aangeboden aan een ADC. De kwantiseringsruis kan worden verminderd door:

- A. Hetingangssignaal van de ADC te verzwakken
- B. De bemonsteringsfrequentie te verlagen
- C. Minder bits per sample te gebruiken
- D. Meer bits per sample te gebruiken

(F-examen *niet bekend*)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.187 **Opgave 13-187**

Een analoog signaal wordt aangeboden aan een ADC. De nauwkeurigheid van de conversie kan worden vergroot door:

- A. Meer bits per sample te gebruiken
- B. Minder bits per sample te gebruiken
- C. De bemonsteringsfrequentie te verlagen
- D. Hetingangssignaal van de ADC te verlagen

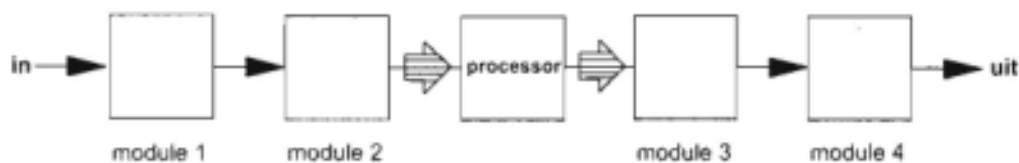
(F-examen maart 2009 (1), oktober 2009, maart 2010, juli 2011, september 2013 (2), september 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.188 Opgave 13-188

De juiste plaats van de DAC- in een DSP¹-systeem is:



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

(F-examen juli 2010, september 2010 (1), november 2014 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

¹ DSP: Digital Signal Processor; digitale signaalverwerker



13.4.189 **Opgave 13-189**

Een geschikte bemonsteringsfrequentie voor een spraaksignaal met frequenties tussen 300 en 3000 Hz is:

- A. 1000 Hz
- B. 300 Hz
- C. 8000 Hz
- D. 3000 Hz

(F-examen maart 2011 (2), november 2014 (2), mei 2017 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



13.4.190 **Opgave 13-190**

Bij het bemonsteren van een spraaksignaal wordt een anti-aliasfilter toegepast. Dit filter is een:

- A. Hoogdoorlaatfilter met een kantelfrequentie van 300 Hz
- B. Banddoorlaatfilter voor de samplefrequentie
- C. Laagdoorlaatfilter met een kantelfrequentie van 3000 Hz
- D. Bandsperfilter voor de samplefrequentie

(F-examen november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



13.4.191 **Opgave 13-191**

Een 8-bits ADC kan eeningangssignaal onderscheiden in maximaal:

- A. 1024 niveaus
- B. 64 niveaus
- C. 256 niveaus
- D. 8 niveaus

(F-examen september 2014 (1))

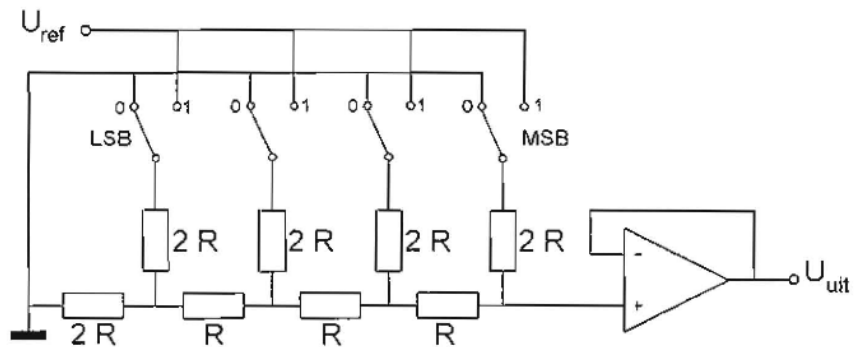
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.192 Opgave 13-192

Het bit met de hoogste waarde is aangegeven met MSB en het bit met de laagste waarde met LSB. Onderstaande schakeling is een:

- A. Binaire opteller
- B. ADC
- C. DAC
- D. Digitaal filter

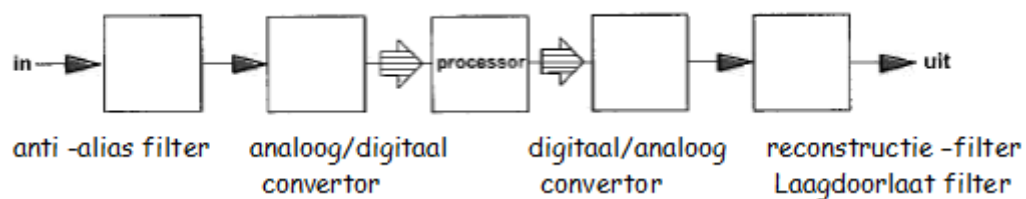


(F-examen september 2011 (1), november 2011)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.193 Opgave 13-193



Dit blokschema toont:

- A. Een geschakelde voeding
- B. Digitale signaalverwerking als toegepast bij een DSP-systeem
- C. Een productdetector
- D. Een analoge amplitudemodulator met audioprocessor

(F-examen maart 2014)

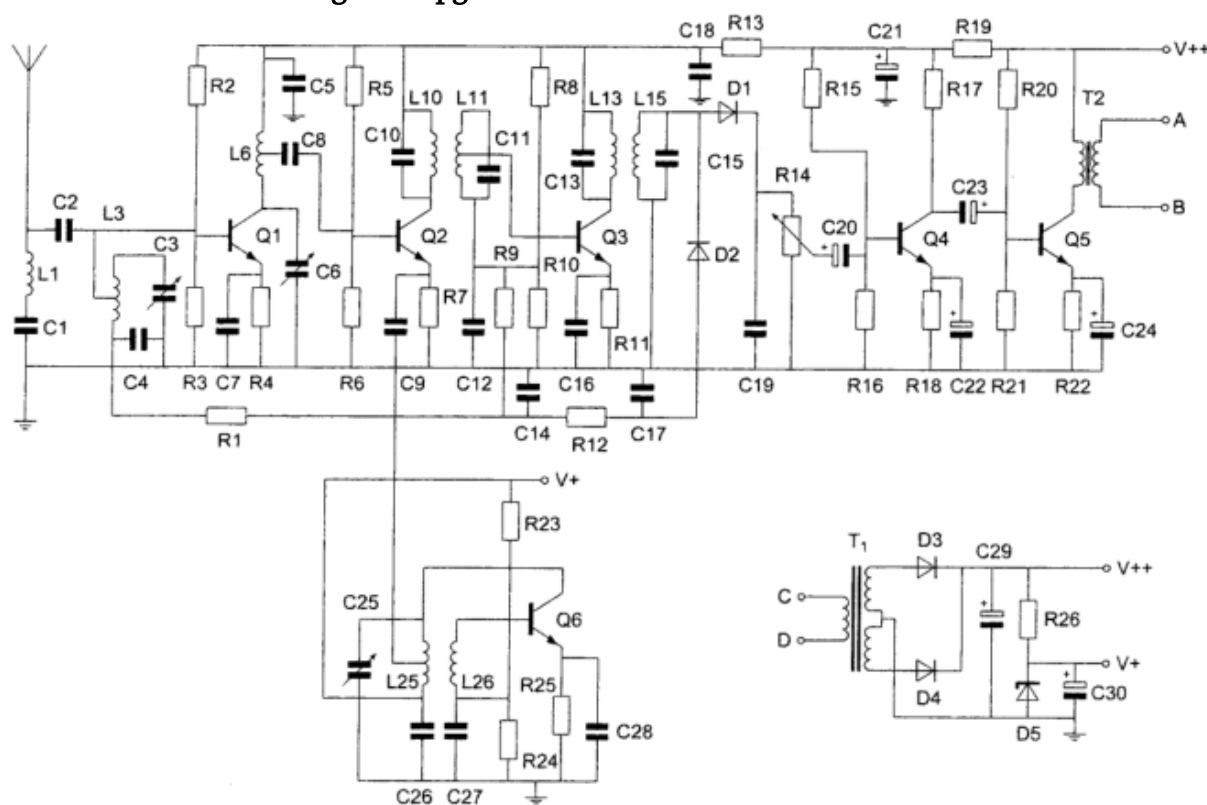
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.5 Uitwerkingen

13.5.151 Uitwerking van Opgave 13-151



De condensatoren C₂₂ en C₂₄ zijn:

- A. Luchtcondensatoren
- B. Keramische condensatoren
- C. Elektrolytische condensatoren**
- D. Polyestercondensatoren

Uitwerking

De beide condensatoren zijn volgens hun schemasymbool (een zwart gevulde en een wit gevulde elektrode met plusteken) elektrolytische condensatoren. Ze zijn beide ontkoppelcondensator van een emitter in de LF-versterker van de ontvanger, waarmee de wisselspanningsversterking van de voor gelijkstroom tegengekoppelde transistoren wordt verhoogd. Antwoord C.

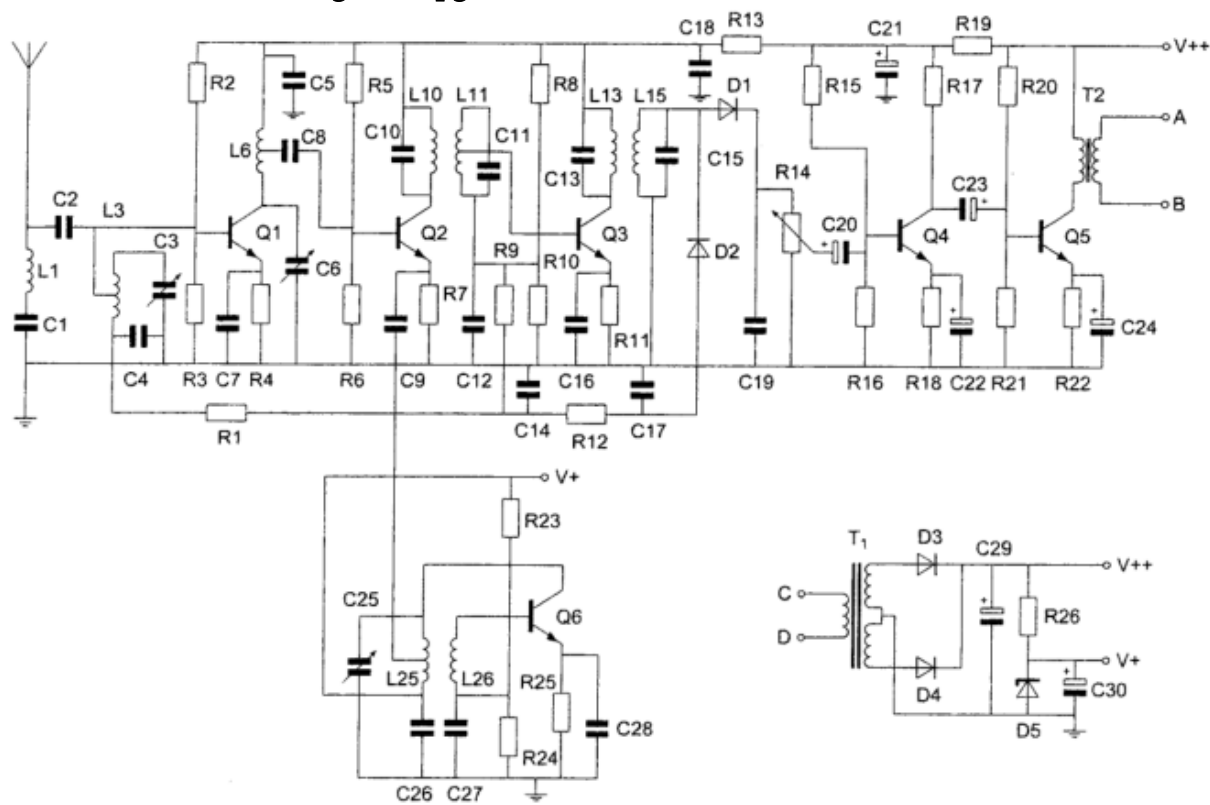


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.152 Uitwerking van Opgave 13-152



De ontvanger wordt afgestemd met:

- A. Alleen C₂₅
- B. Alleen C₃
- C. Alleen C₆
- D. C₃, C₆ en C₂₅

Uitwerking

C₃ is de condensator van de HF-ingangskring (kring L₃-C₃ voor de preselectie)

C₆ is de afstemcondensator van de kring L₆-C₆

C₂₅ is de afstemcondensator van de VFO die op één as zit met C₆ en C₃ (zó vanzelfsprekend dat het niet in het schema staat).

Ze doen dus alle drie mee met de afstemming. Antwoord D.

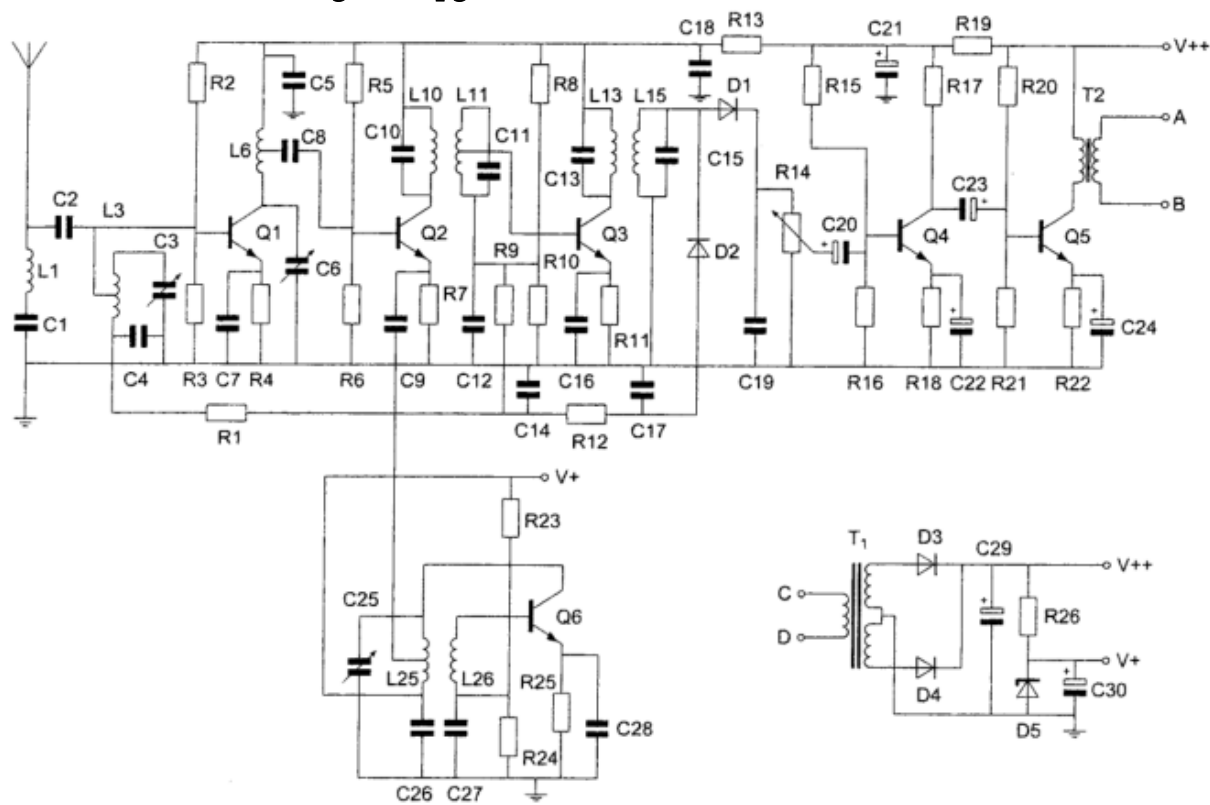


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.153 Uitwerking van Opgave 13-153



De ontvangfrequentie wordt bepaald door de middenfrequentie en door de kring:

- A. L₆ en C₆
- B. L₂₅ en C₂₅**
- C. L₃ en C₃
- D. L₁ en C₁

De ontvangfrequentie f_{ontv} wordt gevormd door de doorlaat van de MF-filters (middenfrequentie, f_m) en de frequentie f_{osc} van de oscillator. f_{osc} wordt bepaald door de kring L₂₅-C₂₅:

$$f_{ontv} = f_{osc} + f_m \quad \text{of} \quad f_{ontv} = f_{osc} - f_m$$

Antwoord B.

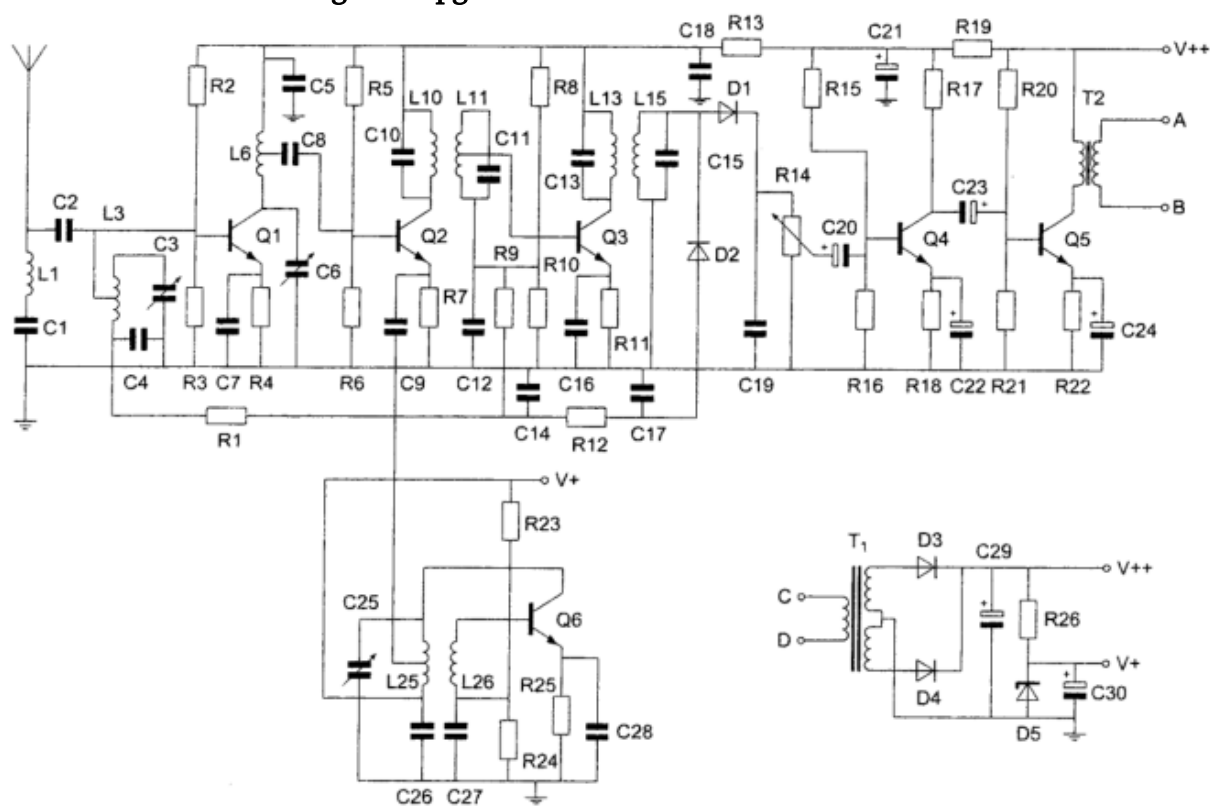


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.154 Uitwerking van Opgave 13-154

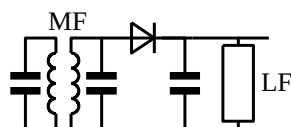


De detector bestaat onder andere uit

- A. C₂₀, R₁₅, R₁₆, Q₄
- B. L₁₅, D₁, C₁₉, R₁₄**
- C. D₂, R₁₂, C₁₄, C₁₇
- D. L₁₁, C₁₁, Q₃, R₁₁

Uitwerking

Het schema van een detector ziet er zo uit:



Dit vinden we terug in het rijtje L₁₅, D₁, C₁₉, R₁₄ (de potentiometer). D₂ levert de AVR-spanning. Antwoord B.

Opmerking

Je kunt erover twisten of L₁₅ bij de detectorschakeling hoort of bij de MF-schakeling.

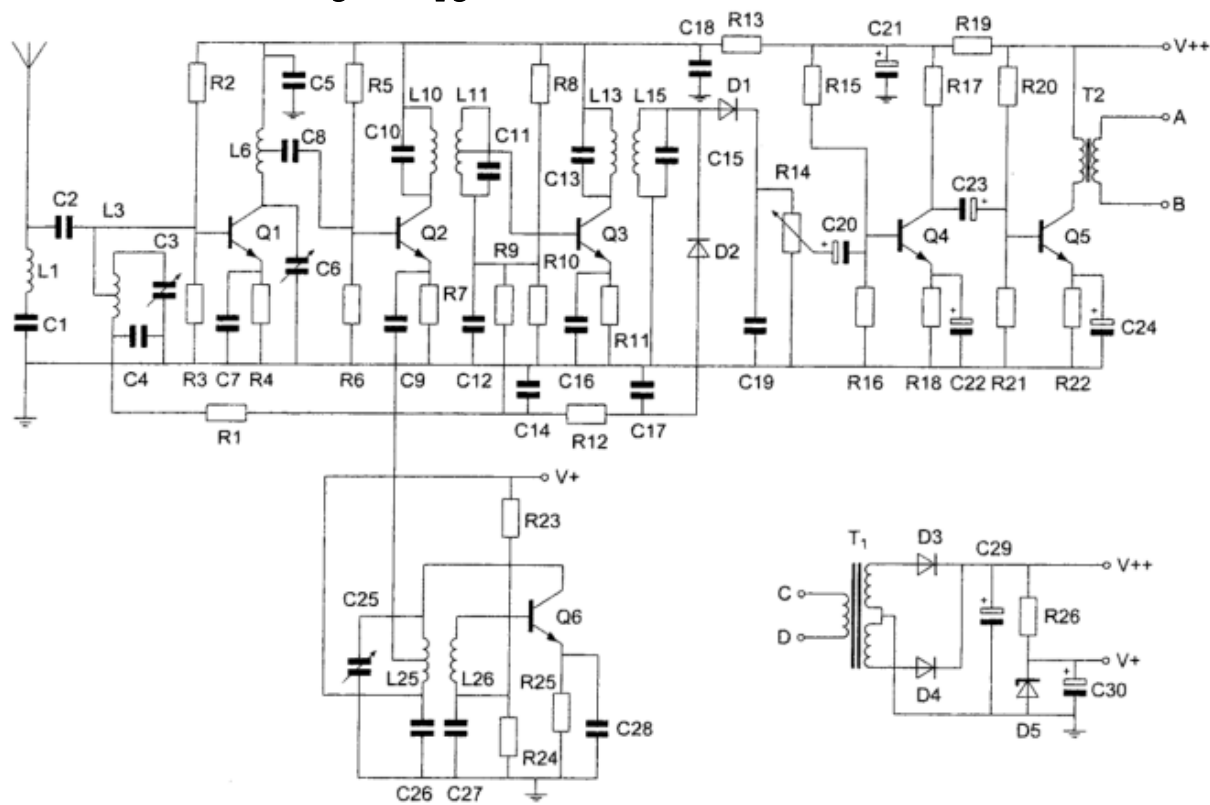


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.155 Uitwerking van Opgave 13-155



Er is een laagfrequent wisselspanning aanwezig over:

- A. R₁
- B. R₃
- C. R₁₄
- D. R₁₀

Uitwerking

Een laagfrequent wisselspanning kan voorkomen in de voeding of in het LF-deel van de ontvanger, dus voorbij de detectieschakeling. Daarmee vallen R₁, R₃ en R₁₀ af, want die zitten in het HF of MF-deel. R₁₄ blijft dan over. En inderdaad is R₁₄ de potentiometer die als volumeregelaar dient voor het LF-deel en met D₁ en C₁₉ onderdeel is van de detectieschakeling. Antwoord C is juist. Daar past wel één kanttekening bij: het gaat om een onzuivere wisselspanning, dus wisselspanning plus gelijkspanning (hoofdstuk 5). Dat komt door detectiediode D₁.

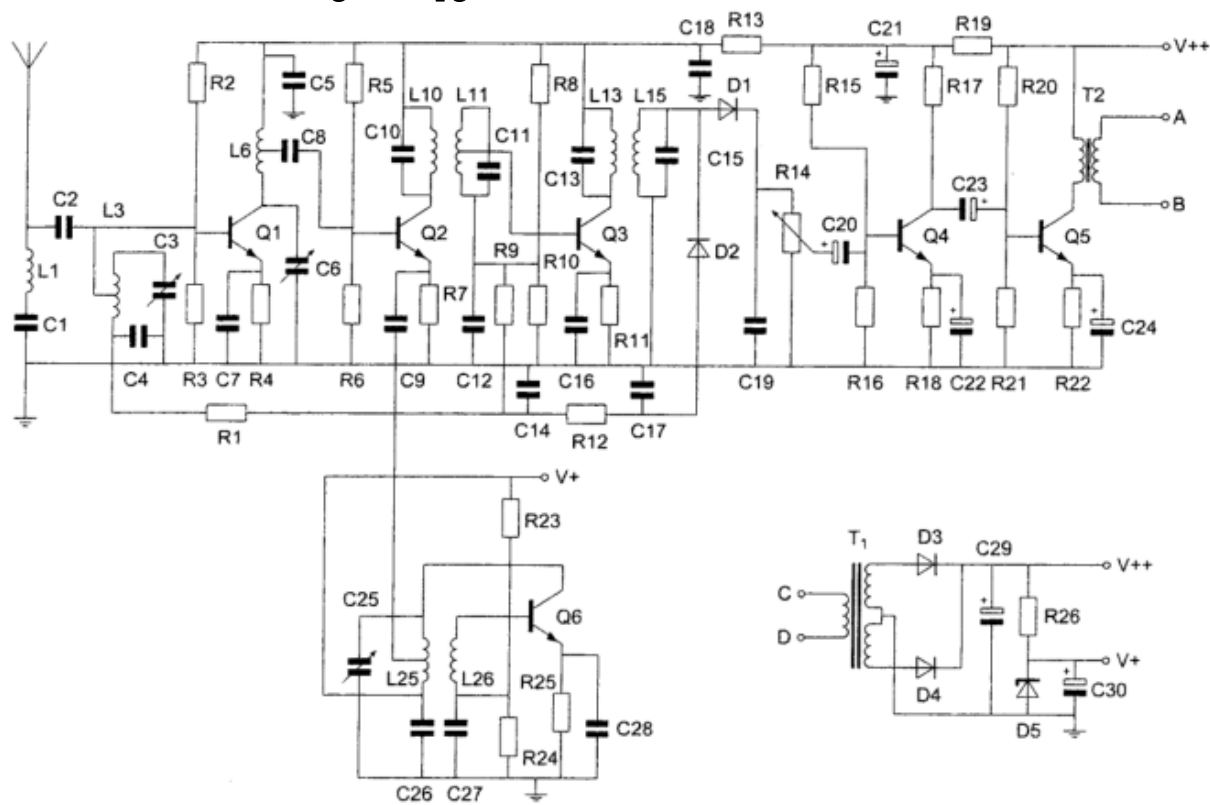


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.156 Uitwerking van Opgave 13-156



De oscillator is opgebouwd rond transistor

- A. Q_1
- B. Q_2
- C. Q_6
- D. Q_3

Uitwerking

De oscillator is herkenbaar aan transistor Q_6 met teruggekoppelde collector. Bovendien is Q_6 met alleen 1 condensator (C_9) is verbonden met de mengtransistor Q_2 , te herkennen doordat de collector is verbonden met het eerste MF-bandfilter (L_{10} en C_{10}) en de verbinding van de basis met de collectorkring van HF-versterker Q_1 . Antwoord C.

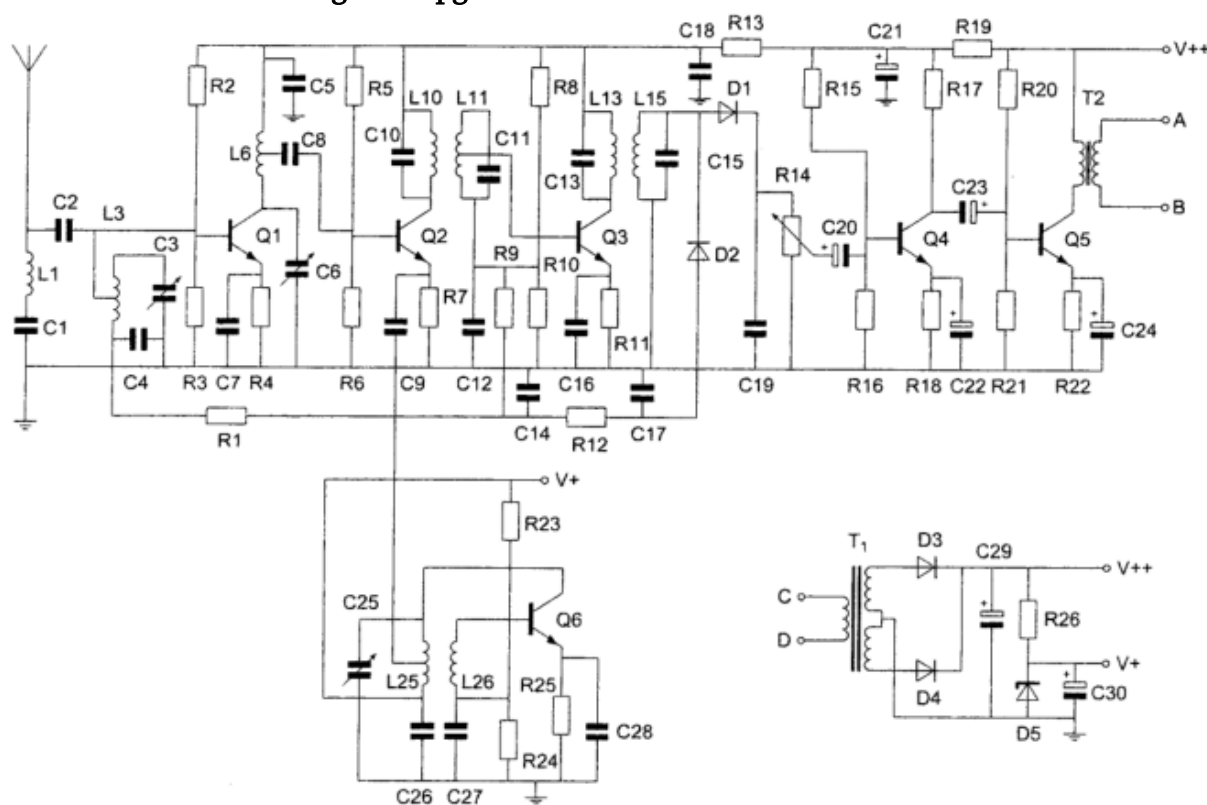


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.157 Uitwerking van Opgave 13-157



De voedingsspanningen worden afgevlakt door de condensatoren:

- A. C₂₆ en C₂₇
- B. C₂₂ en C₂₄
- C. C₁₄ en C₁₇
- D. C₂₁ en C₂₉

Uitwerking

Stap 1 is het vinden van de voedingsschakeling. Die is te herkennen aan een trafo met gelijkrichtdioden. Meestal staat hij los van de ontvangerschakeling getekend. Dat is ook hier zo: rechtsonder in het schema. Er zijn twee voedingsspanningen: V_+ (voor de oscillator) en V_{++} (voor de ontvanger). Ze hebben elk een eigen afvlakcondensator: C₂₉ voor V_{++} en C₃₀ voor V_+ . C₃₀ staat niet in het antwoord. C₂₁ staat er wel in en dat is de afvlakking voor de LF-voorversterker rondom Q₄. Na wat dwalen wordt het antwoord D.

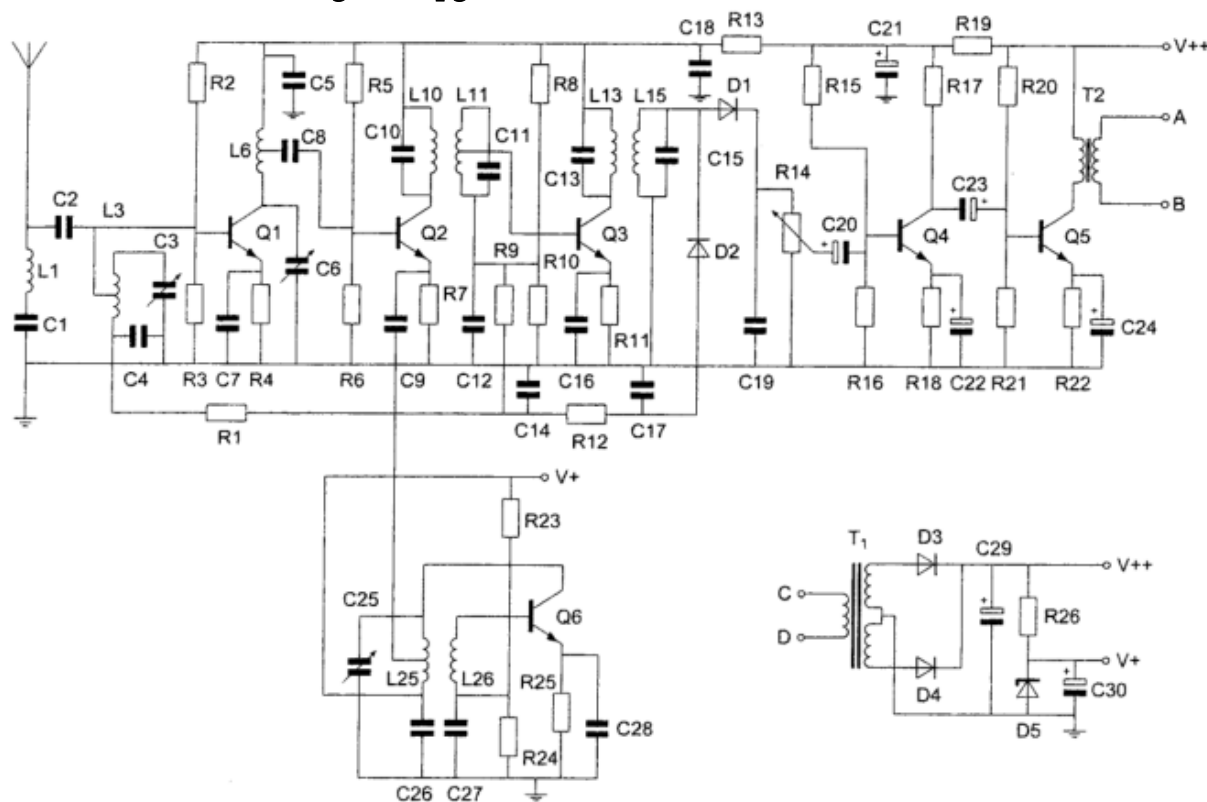


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.158 Uitwerking van Opgave 13-158



De hoogfrequentversterker is opgebouwd rond transistor:

- A. Q_2
- B. Q_1
- C. Q_5
- D. Q_6

Uitwerking

De HF-versterker vind je altijd in de buurt van de antenne-aansluiting, want deze eerste versterker moet het ontvangen signaal wat oppeppen, voor het de mengschakeling ingaat. Dat zou dan Q_1 moeten zijn. De kring L_3 - C_3 is de HF-kring. Deze is verbonden met de basis van Q_1 en een tweede HF-kring vind je in de collectorleiding van Q_1 . Kortom: antwoord B is het goede antwoord.

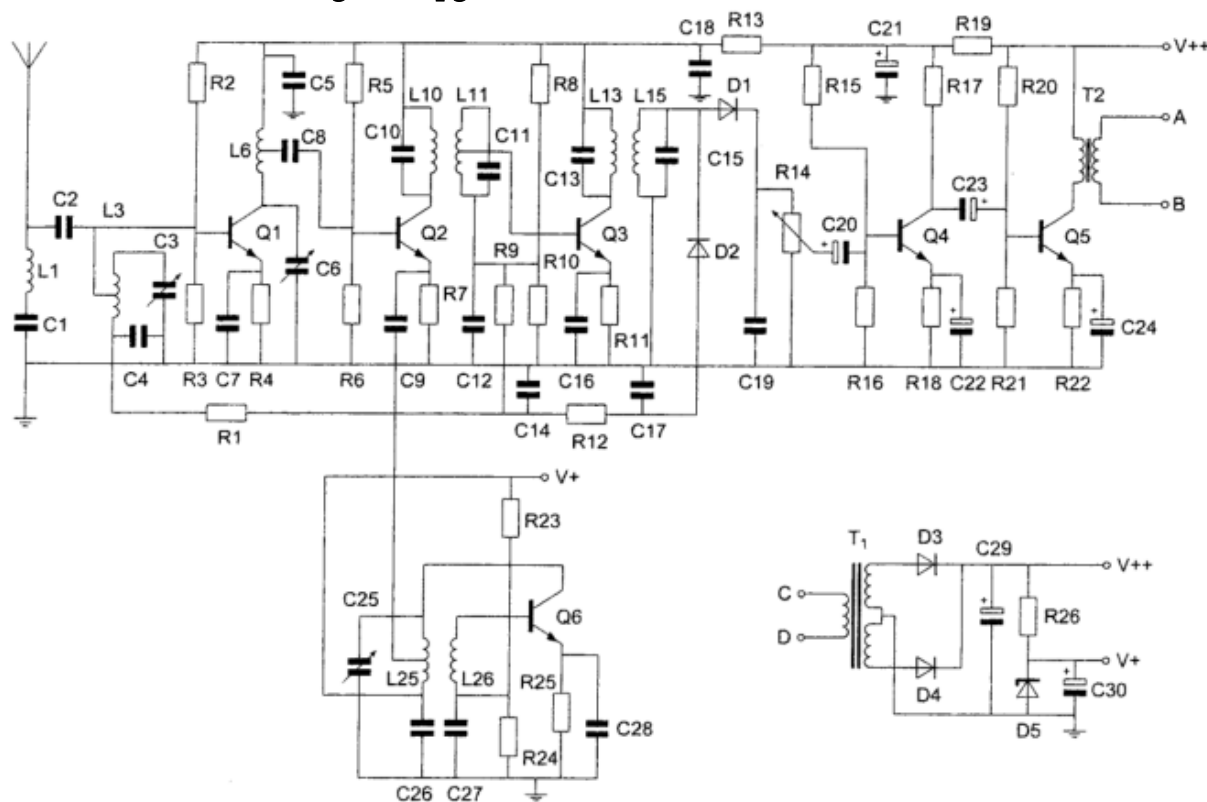


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.159 Uitwerking van Opgave 13-159



De condensator C₂₂ heeft bij voorkeur een waarde van ongeveer:

- A. 100 nF
- B. 10 pF
- C. 1000 pF
- D. 100 μ F

Uitwerking

C₂₂ staat parallel aan de emitterweerstand R₁₆ van transistor Q₄. Hij ontkoppelt dus deze emitter. Q₄ is het hart van de voorversterker van de LF-schakeling. De te versterken frequenties zijn dus laag en daarbij gebruik je in transistorschakelingen hoge capaciteiten, meestal elco's. Dat is C₂₂ ook. Dit alles is voldoende reden om voor de hoogste capaciteit in het rijtje te gaan: antwoord D.

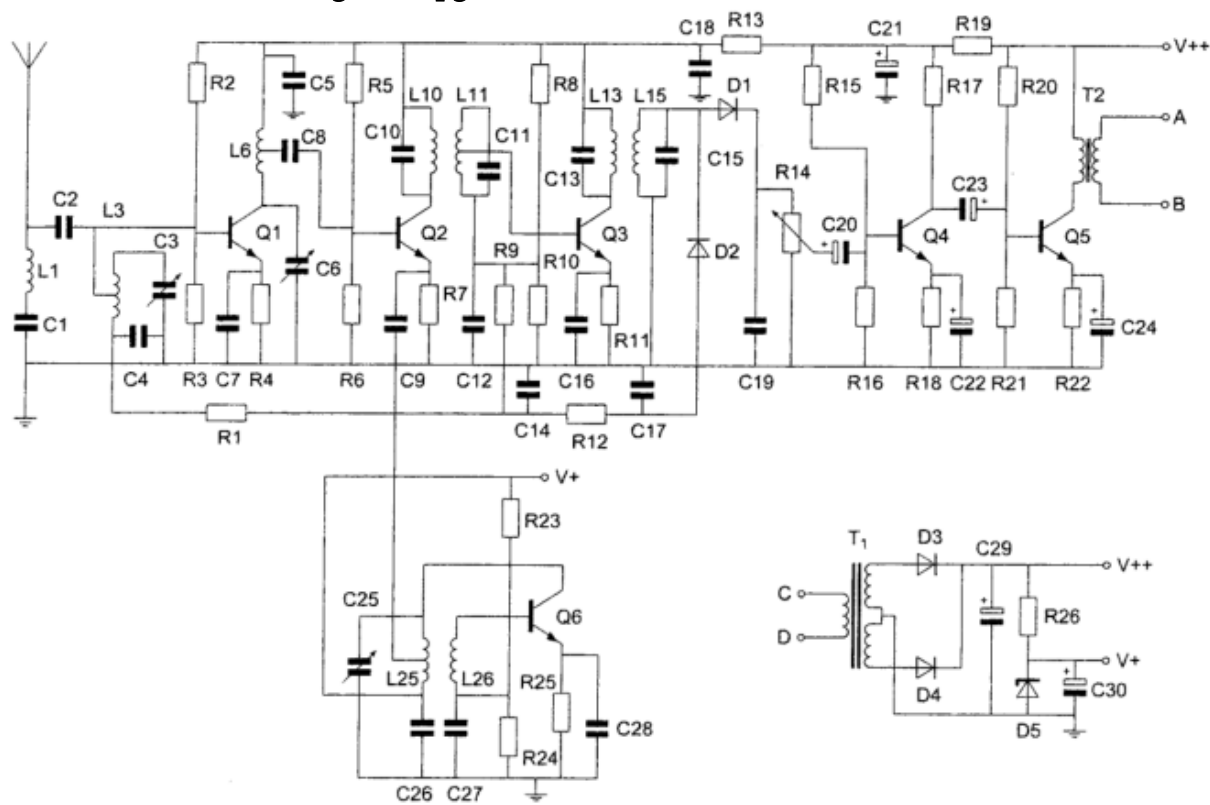


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.160 Uitwerking van Opgave 13-160



De gestabiliseerde voedingsspanning wordt verkregen met behulp van:

- A. D₅ en R₂₆
- B. T₂
- C. Q₅
- D. D₁ en D₂

Uitwerking

In de schakeling komt maar één gestabiliseerde voedingsspanning voor. Dat is V_+ , de voedingsspanning voor de VFO (oscillator). De rest van de schakeling krijgt voeding van de afgevlakte, maar niet gestabiliseerde spanning V_{++} of een daarvan afgeleide spanning.

De gestabiliseerde spanning wordt verkregen met zenerdiode D₅ en weerstand R₂₆. Dat komt neer op antwoord A.

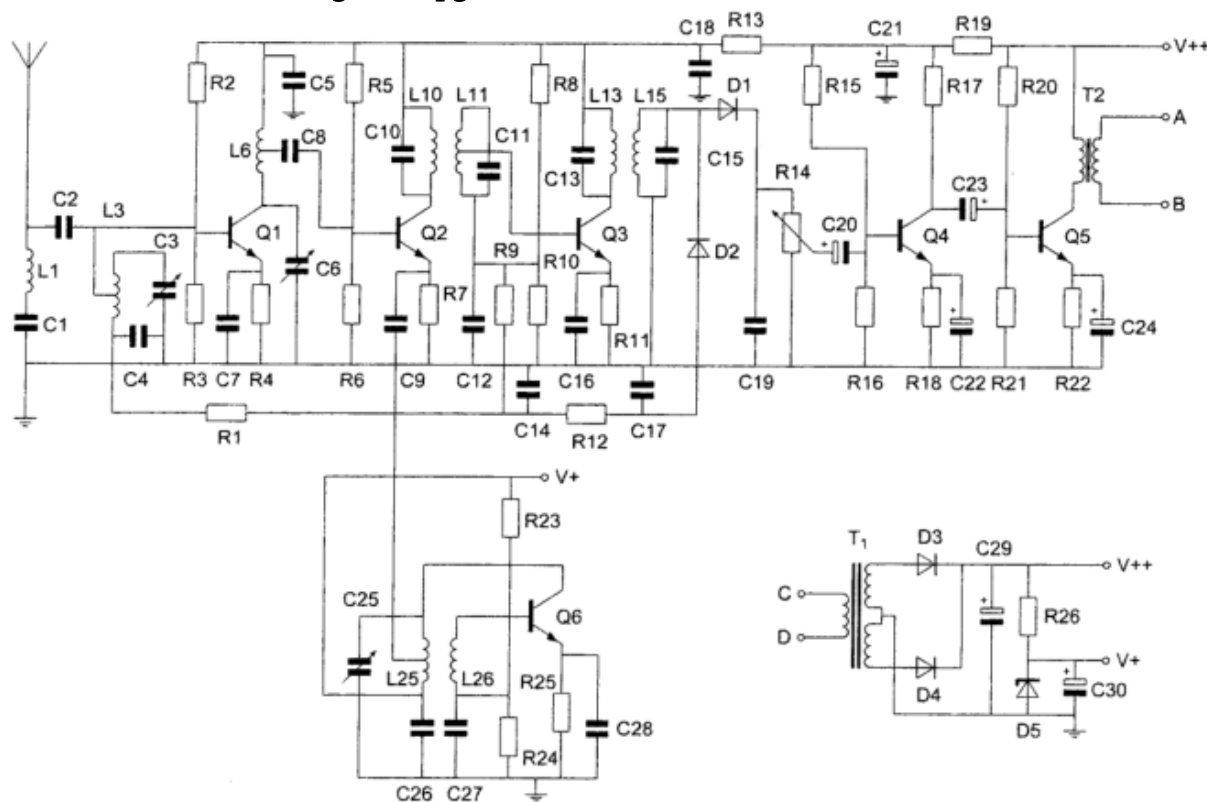


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.161 Uitwerking van Opgave 13-161



Deze ontvanger is geschikt te maken voor CW-ontvangst (A1A) door toevoeging van een:

- A. Flankdetector
- B. BFO**
- C. HF-versterker
- D. CW-filter

Uitwerking

Hierbij past maar één antwoord: een BFO. Antwoord B.

Opmerkingen

Een flankdetector vind je in een FM-ontvanger. Een HF-versterker zit al in de schakeling en een CW-filter heeft alleen nut als er een BFO in de ontvanger zit. Die zit er niet in.

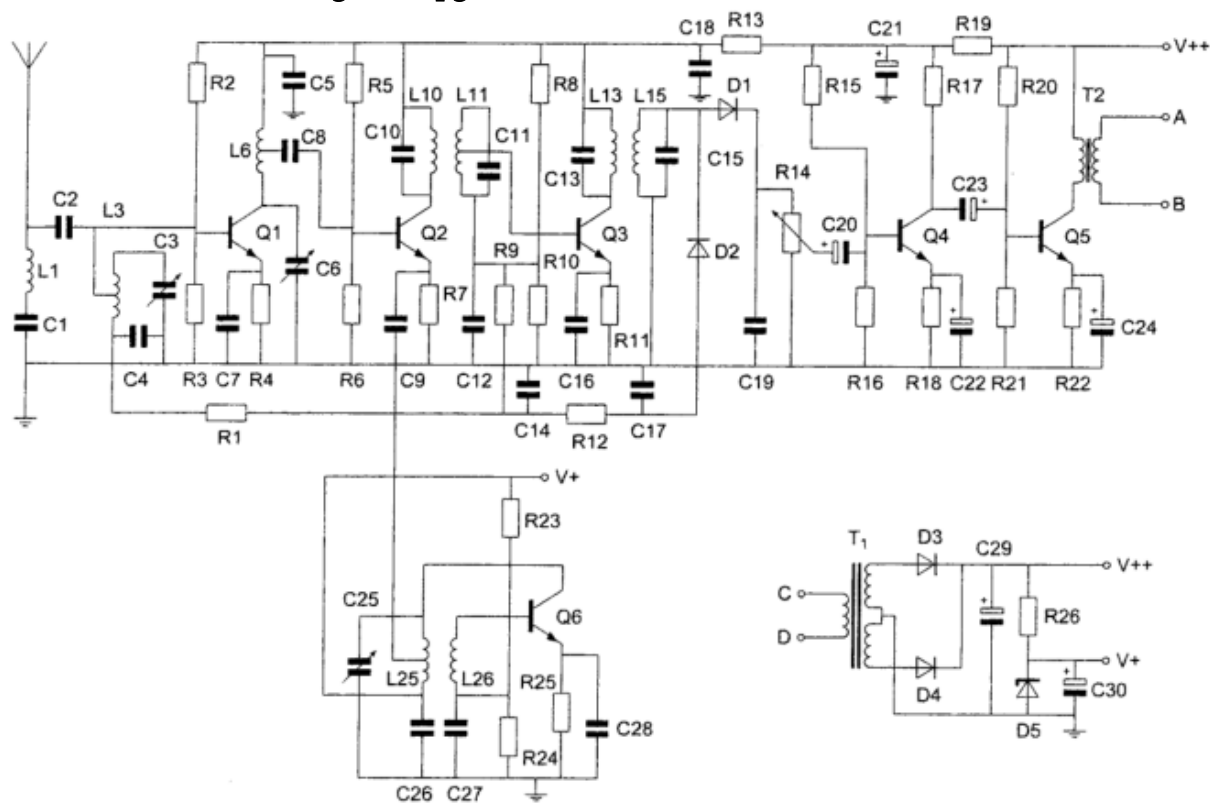


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.162 Uitwerking van Opgave 13-162



De middenfrequentversterker is opgebouwd rond de transistor:

- A. Q_6
- B. Q_3
- C. Q_2
- D. Q_1

Uitwerking

Q_2 is de mengschakeling, want de output van de HF-voorversterker rond Q_1 en die van de oscillator komen er samen. Dan maakt Q_3 onderdeel uit van de MF-versterker. Het is er zelfs de enige transistor van, want Q_4 is al LF-versterker omdat-ie voorbij de detectiediode D_1 zit. Het is ook te zien aan het feit dat beide MF-bandfilters aan Q_3 gekoppeld zijn: één aan de basis en één aan de collector. Ook de AVR regelt op Q_3 . Antwoord B.

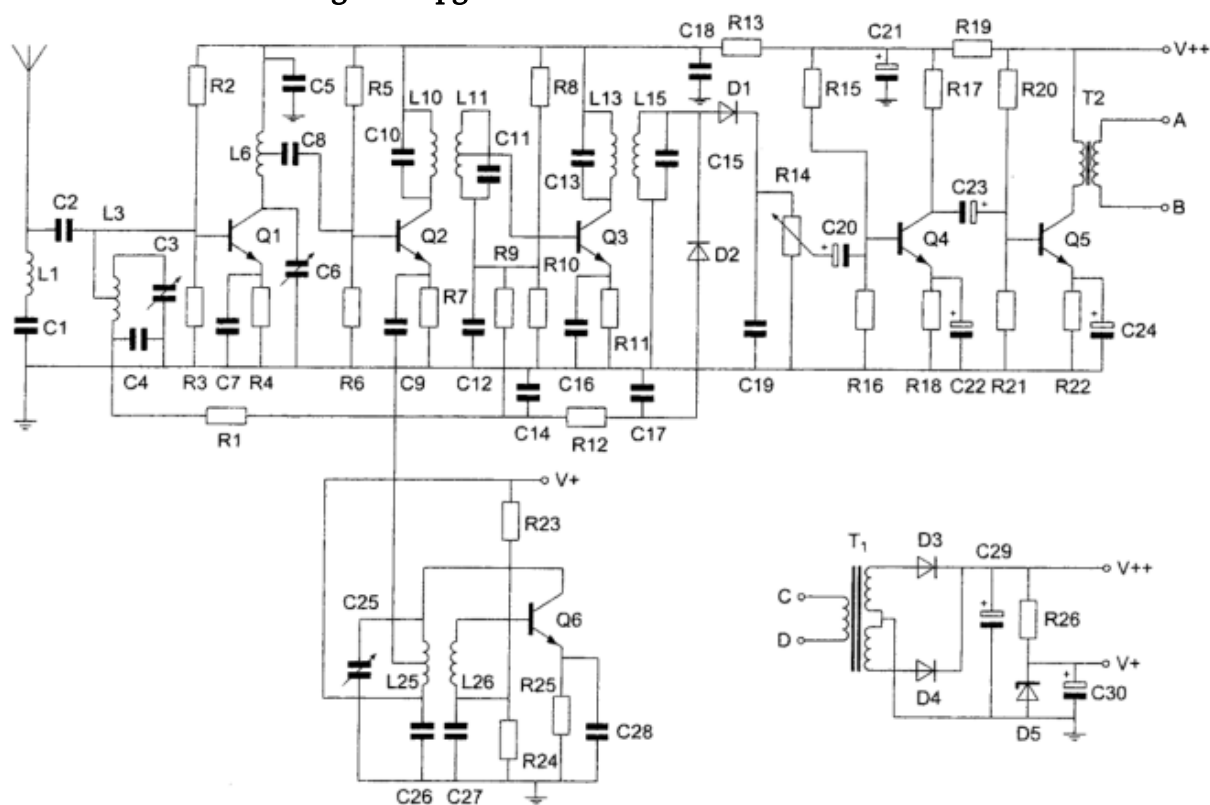


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.163 Uitwerking van Opgave 13-163



De volgende spoelen zijn magnetisch gekoppeld:

- A. L₁ en L₃
- B. L₁₀ en L₁₁**
- C. L₁ en L₆
- D. L₃ en L₆

Uitwerking

Voor “magnetisch gekoppeld” mag je ook “inductief gekoppeld” lezen. Die koppeling is te zien doordat gekoppelde spoelen óf evenwijdig aan óf boven elkaar staan, in beide gevallen zonder iets ertussen op een eventuele spoelkern na. Daaraan voldoet het MF-bandfilter met L₁₀ en L₁₁. Verder hebben we de paren L₁₃ - L₁₅ en L₂₅ - L₂₆, maar die staan niet in het lijstje van kandidaat-antwoorden. Antwoord B dus

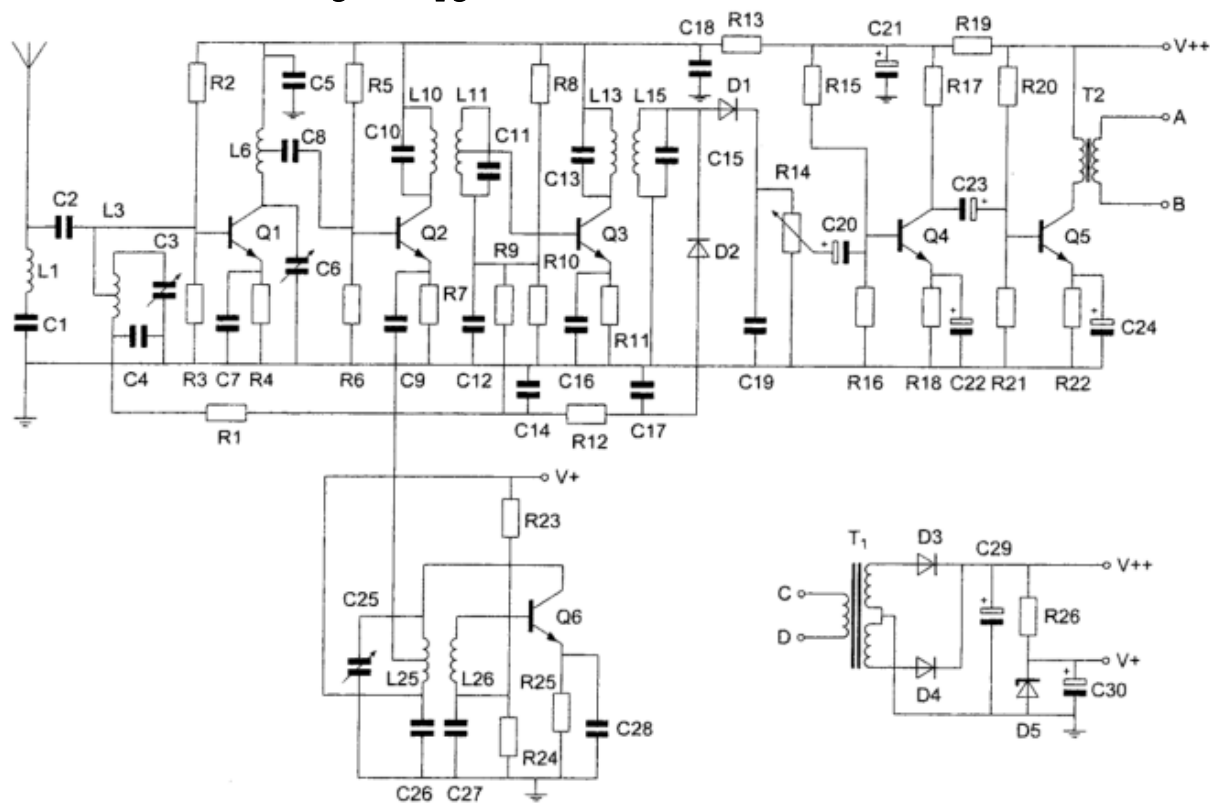


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.164 Uitwerking van Opgave 13-164



De middenfrequent-selectiviteit wordt bepaald door de kring(en) met:

- A. L₆
- B. L₁₀, L₁₁, L₁₃ en L₁₅
- C. L₃
- D. L₂₅ en L₂₆

Uitwerking

De twee middenfrequent-bandfilters, aangesloten aan respectievelijk de basis en collector van Q₃, bevatten de paren L₁₀ - L₁₁ en L₁₃ - L₁₅. Antwoord B.

Opmerkingen

L₆ zit in de tweede HF-kring in de collectorleiding van Q₁. L₃ zit in de eerste HF-kring. L₂₅ en L₂₆ zitten in de teruggekoppelde kring van de oscillator.

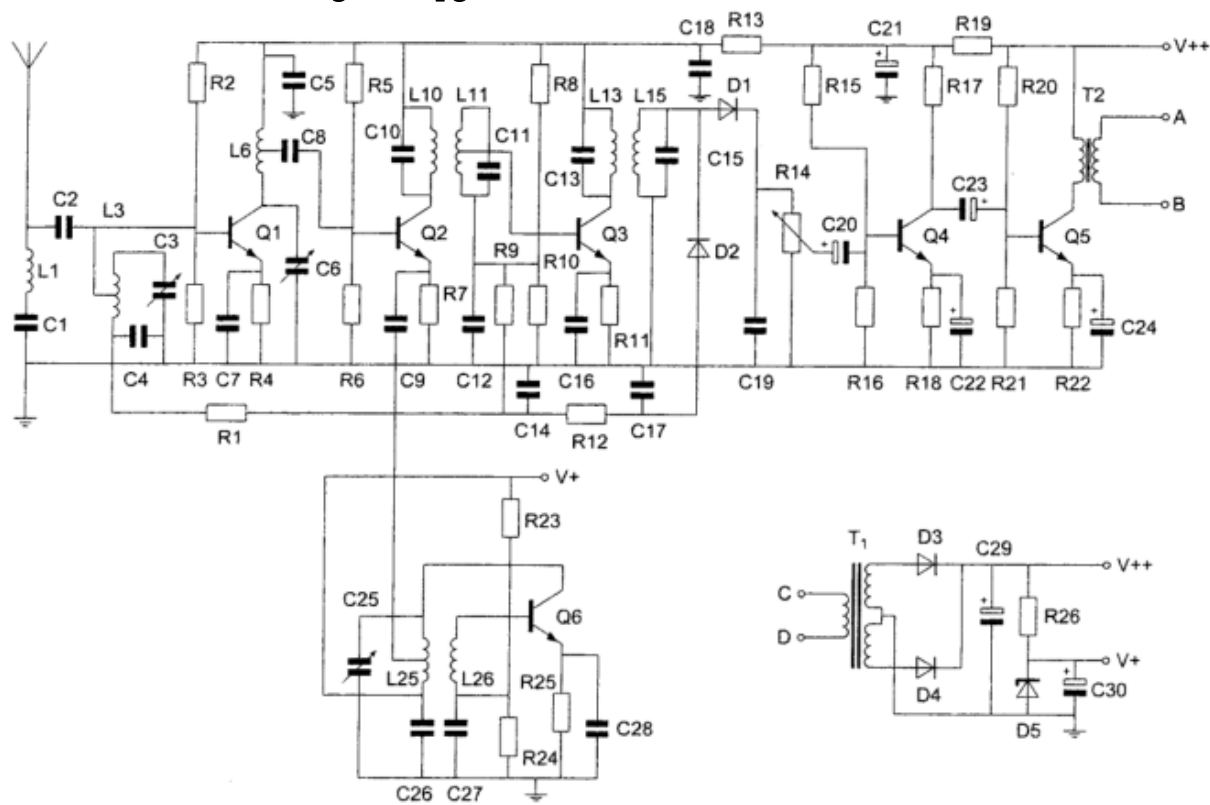


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.165 Uitwerking van Opgave 13-165



De spoelen L₁₃ en L₁₅ maken deel uit van de:

- A. Hoogfrequent versterker
- B. Oscillator
- C. Laagfrequent versterker
- D. Middenfrequent versterker

Uitwerking

In dit soort gevallen zoek je het best eerst de mengtransistor. Die zit waar het HF-signaal en dat van de oscillator samenkomen. In dit geval is dat Q₂. Rechts daarvan zien we het eerste MF-bandfilter met L₁₀ en L₁₁ en even verder naar rechts een tweetal dat erop lijkt, namelijk L₁₃ en L₁₅: het tweede MF-bandfilter. Dat wordt dus antwoord D.

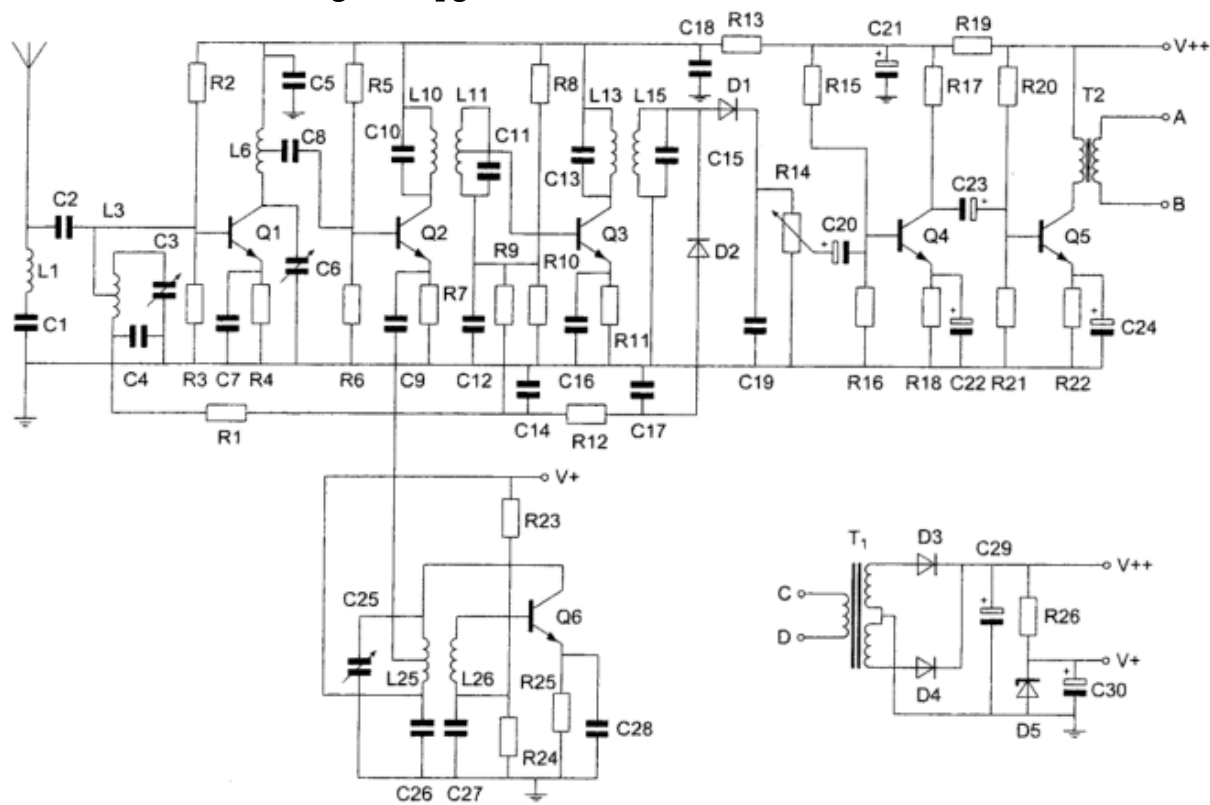


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.166 **Uitwerking van Opgave 13-166**



De condensator C_{20} heeft bij voorkeur een waarde van:

- A. $1\ \mu\text{F}$
B. $1000\ \text{pF}$
C. $10\ \text{pF}$
D. $1000\ \mu\text{F}$

Uitwerking

C₂₀ is de koppelcondensator tussen potentiometer R₁₄ en de basis van transistor Q₄ in het LF-versterkerdeel. De ingangsweerstand van deze transistorschakeling zal hoger zijn dan de emitterweerstand. Voor ontkoppelen van de emitter gebruik je meestal een capaciteitswaarde in de orde van 100 µF of nog wat hoger. De koppelcondensator mag dan flink lager zijn: iets tussen 1 en 25 µF. Er is één waarde in dit bereik: 1 µF. Antwoord A.

Opmerking

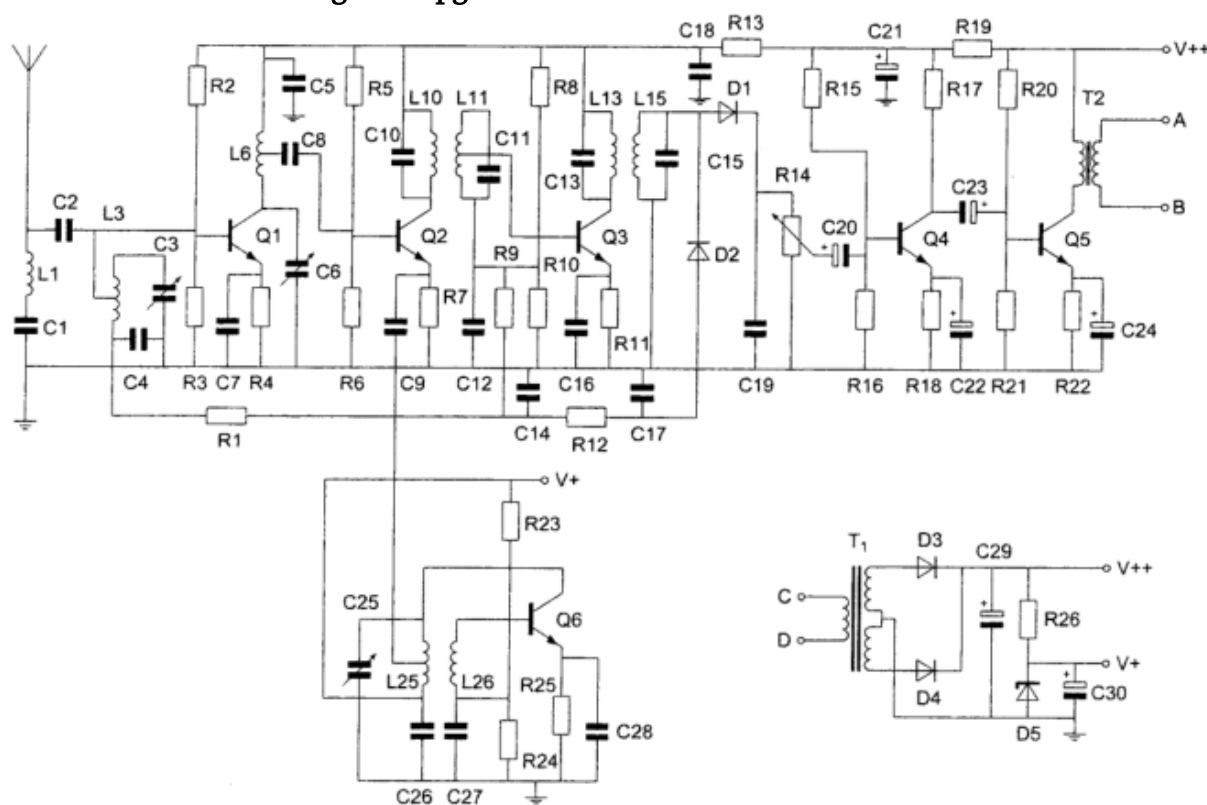
De waarden in het rijtje antwoorden liggen hier niet voor niets zover uit elkaar!



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



13.5.167 Uitwerking van Opgave 13-167



Er staat een hoogfrequent wisselspanning over:

- A. R₂₆
- B. R₁₃
- C. R₇
- D. R₂₁

Uitwerking

We lopen de antwoorden na. R₂₆ zit in de voedingsschakeling. Geen HF-wisselspanning. R₁₃ zit in de voedingsleiding (boven in het schema). Geen HF-wisselspanning. R₇ is de emitterweerstand van de mengtransistor R₂. Wel HF-wisselspanning. Voor de zekerheid kijken we toch nog naar R₂₁. Die maakt deel uit van de gelijkstroominstelling van Q₅ in de LF-eindtrap. Ook geen HF-wisselspanning. Conclusie: antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.168 Uitwerking van Opgave 13-168**

De voornaamste functie van een lf-versterker in een ontvanger is het vergroten van

- A. De spiegelonderdrukking
- B. De gevoeligheid
- C. Het uitgangsvermogen**
- D. De nabij-selectiviteit

Uitwerking

De LF-versterker in een ontvanger is het uitgangsvermogen zover te versterken dat een luidspreker (zelden alleen een hoofdtelefoon) er een goed verstaanbaar geluid van kan maken. Antwoord C.

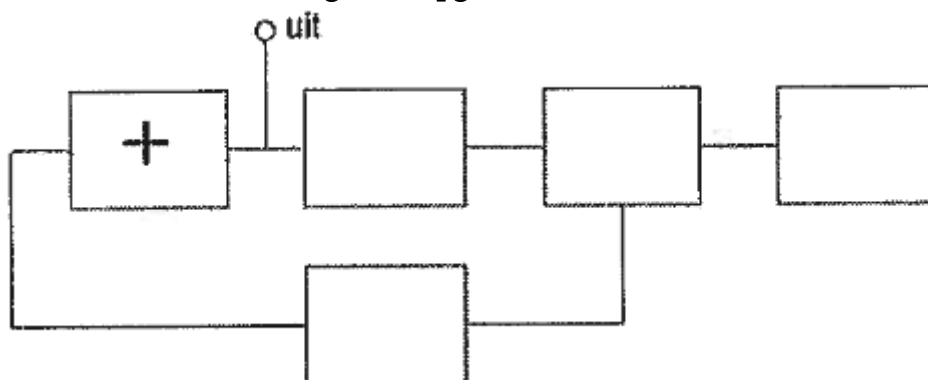


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.169 Uitwerking van Opgave 13-169



- A. De programmeerbare deler
- B. De fase-vergelijker
- C. De referentie-oscillator
- D. De **spanninggeregelde oscillator**

Uitwerking

De uitgangsfrequentie komt uit de spanninggestuurde oscillator. Dat moet dan het meest linkse blok zijn. Antwoord D.



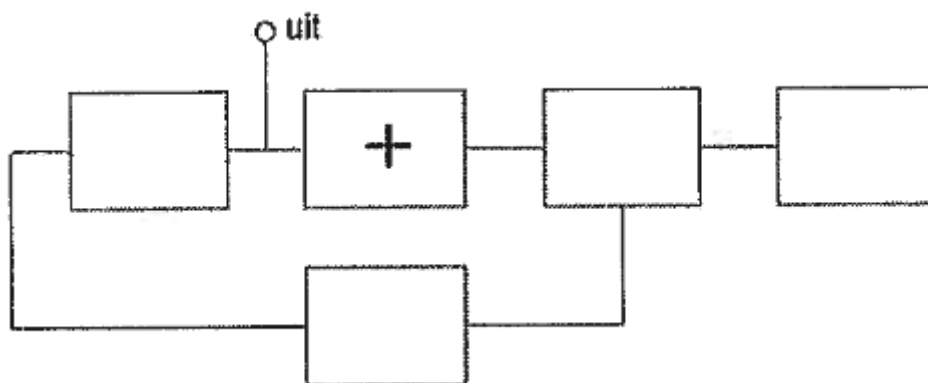
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.170 Uitwerking van Opgave 13-170

Van een fase-regellus is het met een + aangegeven onderdeel:



- A. De spanninggeregelde oscillator
- B. De programmeerbare deler**
- C. De fase-vergelijker
- D. Het laagdoorlaatfilter

Uitwerking

Het aangegeven blokje zit tussen de uitgang van de VCO (helemaal links) en de fasevergelijker, herkenbaar aan drie in plaats van twee aansluitingen. Het blokje kan van de vier aangegeven functies in de antwoorden alleen maar de programmeerbare deler zijn. Het uitgangssignaal van de VCO passeert vóór de fasevergelijker de deler om de frequentie van het blok helemaal rechts, de referentie-oscillator, met een instelbaar getal te vermenigvuldigen. Antwoord B.

Opmerking

De frequentie van de referentie-oscillator is de laagst mogelijke frequentie die de lus kan leveren.



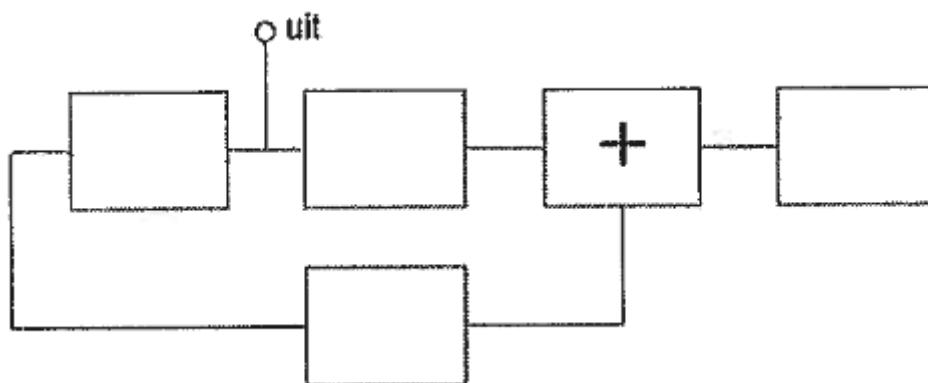
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.171 Uitwerking van Opgave 13-171

Van een fase-regellus is het met een + aangegeven onderdeel:



- A. De spanninggeregelde oscillator
- B. De programmeerbare deler
- C. De fase-vergelijker**
- D. De referentie-oscillator

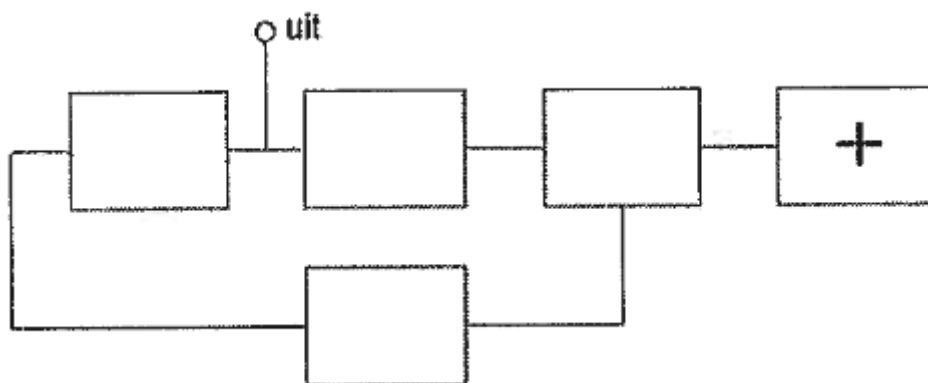
Uitwerking

Het aangegeven blok heeft twee ingangen horizontaal en één uitgang verticaal. Dat kan alleen maar een fasevergelijker (DBM) zijn: twee signalen in, één resultaat uit.. Antwoord C.

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

13.5.172 **Uitwerking van Opgave 13-172**

Van een fase-regellus is het met een + aangegeven onderdeel:



- A. De spanninggeregelde oscillator
- B. De programmeerbare deler
- C. De fase-vergelijker
- D. De referentie-oscillator**

Uitwerking

Een “los uiteinde” als dit kan alleen maar de referentie-oscillator zijn. Meestal is dat een kristaloscillator. Die bepaalt naast de stapgrootte van de PLL (het kleinste stapje is nu eenmaal 1) ook de laagste frequentie op de uitgang, want delen door 0 kan niet en door een negatief getal gaat ook niet, want dat zou een negatieve frequentie moeten opleveren.



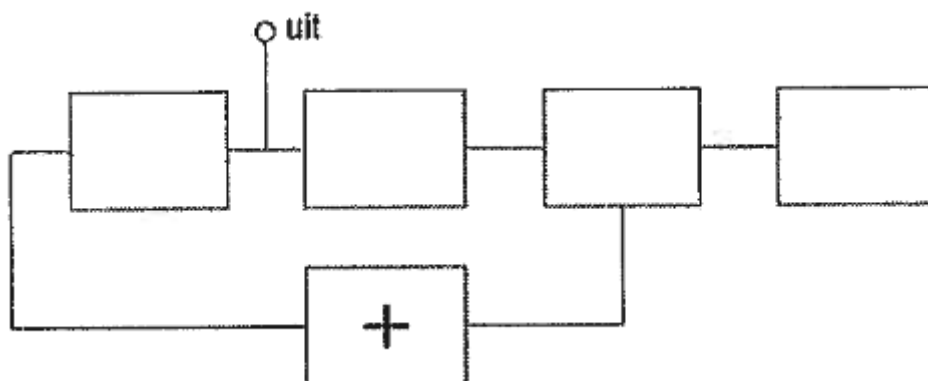
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.173 Uitwerking van Opgave 13-173

Van een fase-regellus is het met een + aangegeven onderdeel:



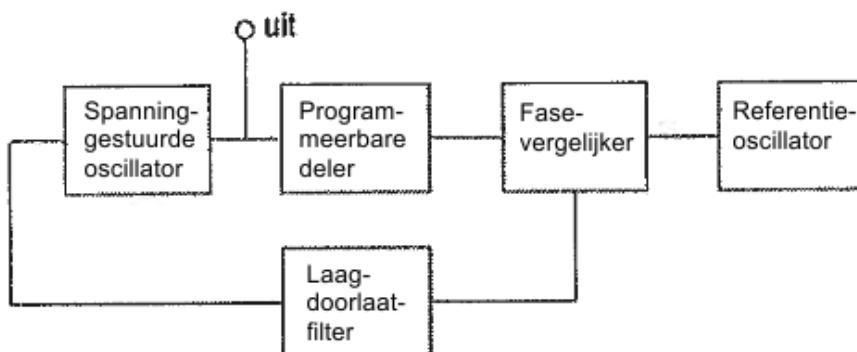
- A. De fase-vergelijker
- B. De referentie-oscillator
- C. De spanninggeregelde oscillator
- D. Het laagdoorlaatfilter

Uitwerking

Dit blok onderin de lus is het laagdoorlaatfilter dat de spanninggestuurde oscillator van zijn stuurspanning voorziet. Die stuurspanning ontstaat in de fasevergelijker die de frequentie uit de programmeerbare deler vergelijkt met die uit de referentie-oscillator rechts. Het resultaat daarvan moet nog worden ontdaan van somfrequenties. Antwoord D.

Opmerking

De volledige lus van de opgaven 169-173 is een PLL die dienstdoet als frequentievermenigvuldiger. De figuur hieronder laat alle delen met hun functie zien.



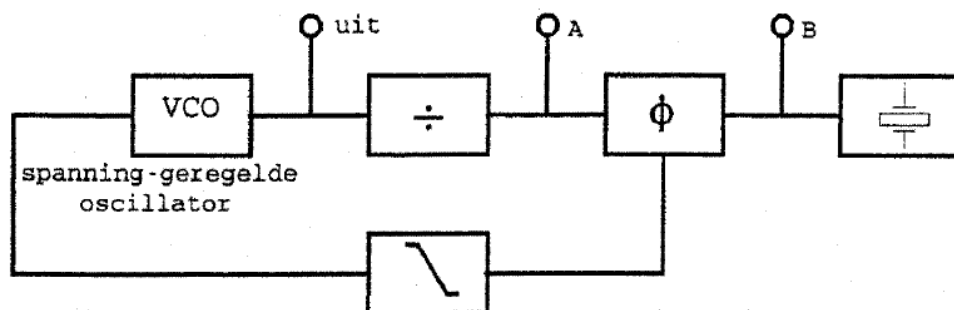
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.174 Uitwerking van Opgave 13-174

De regellus is in stabiele toestand (gelocked).



Welke bewering is juist?

- A. De frequentie op punt A is hoger dan de frequentie op punt B
- B. De frequenties op de punten A en B zijn gelijk**
- C. De frequentie op punt A is lager dan de frequentie op punt B
- D. De spanningen op de punten A en B zijn altijd in fase

Uitwerking

Als de lus gelocked is, is de frequentie aan weerskanten van de fasevergelijker (het blokje met de Griekse hoofdletter Φ , onze letter F van fase) dezelfde. De fase zal meestal wel verschillen, maar dat wordt niet gevraagd. Dit leidt tot antwoord B

Opmerking

De valkuil is antwoord D. Als twee frequenties gelijk zijn, hoeven de bijbehorende spanningen nog niet in fase te zijn. Het faseverschil is wel constant, maar dat is iets anders.

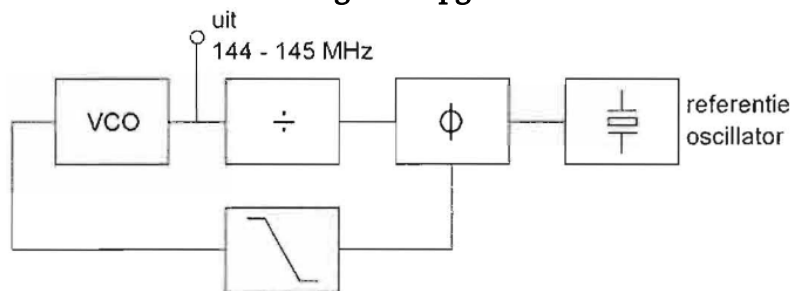


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.175 Uitwerking van Opgave 13-175



Het uitgangssignaal kan worden ingesteld op kanalen in een 25 kHz raster. De frequentie van de referentie-oscillator is:

- A. 145,025 MHz
- B. 145 MHz
- C. 25 kHz
- D. 145,975 MHz

Uitwerking

Bij een PLL wordt de stapgrootte van de frequentiekeuze bepaald door de frequentie van de referentie-oscillator. Dat is in het algemeen een kristaloscillator. In dit geval is de frequentie 25 kHz. Antwoord C.

Opmerking

Het is niet verplicht, de instelbare deler bij 1 te laten beginnen. Dat kan ook bij een (veel) hoger getal, zodat het frequentiebereik van de schakeling naar onderen wordt beperkt.



Terug naar de opgave

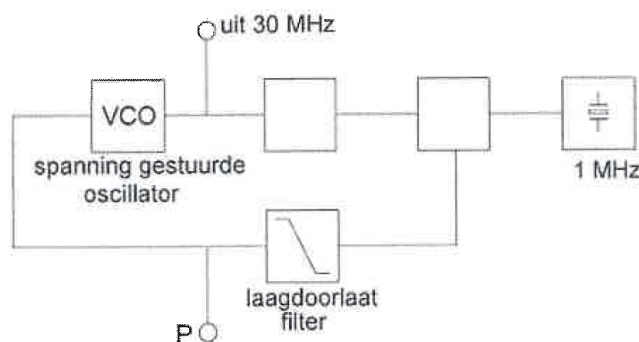
Naar de volgende opgave



13.5.176 **Uitwerking van Opgave 13-176**

De regellus met fasevergelijkschakeling bevindt zich in vergrendelde toestand (geloeked) Op punt P staat:

- A. Een constante gelijkspanning
- B. Een wisselspanning van 30 MHz
- C. Een wisselspanning van 1 MHz
- D. Een gelijkspanning met langzame variaties**



Uitwerking

Op punt P staat de stuurspanning voor de VCO, de spanninggestuurde oscillator. Die spanning varieert langzaam om kleine veranderingen in het faseverschil tussen het signaal van de referentie-oscillator rechts en dat van de VCO links bij te sturen. Zulke kleine veranderingen zijn niet te vermijden en daardoor is de spanning op P geen constante gelijkspanning. Antwoord D is goed.

Opmerking

Het laagdoorlaatfilter zorgt ervoor dat mengproducten met hoge frequentie uit de fasevergelijker punt P en dus ook de VCO niet bereiken.



Terug naar de opgave

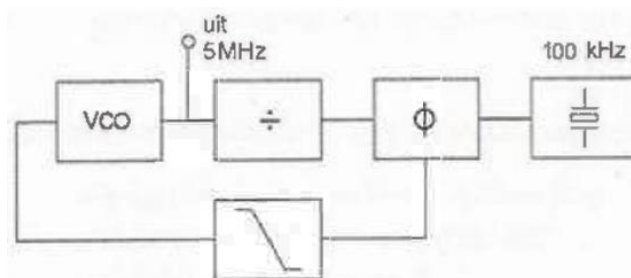
Naar de volgende opgave



13.5.177 Uitwerking van Opgave 13-177

De regellus met fasevergelijkschakeling is in stabiele toestand (gelocked). De deler is ingesteld op:

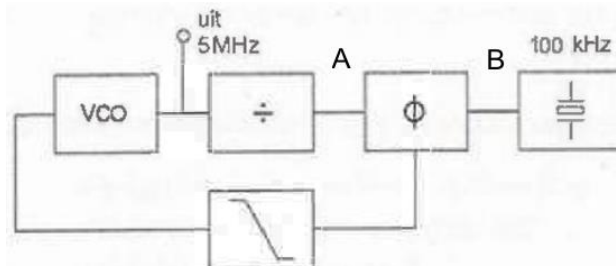
- A. 500
- B. 50**
- C. 4900
- D. 5100



Uitwerking

We hebben hiernaast het blokschema nog een keer getekend, nu met de punten waarom het gaat, gemarkeerd met A en B.

Als de regellus gelocked is, zijn de frequenties op de punten A en B gelijk. Dan is de frequentie op punt A net als op punt B gelijk aan 100 kHz.



De deler heeft dan een deeltal van $5 \text{ MHz} / 100 \text{ kHz} = 5000 \text{ KHz} / 100 \text{ kHz} = 50$. Antwoord B.



Terug naar de opgave

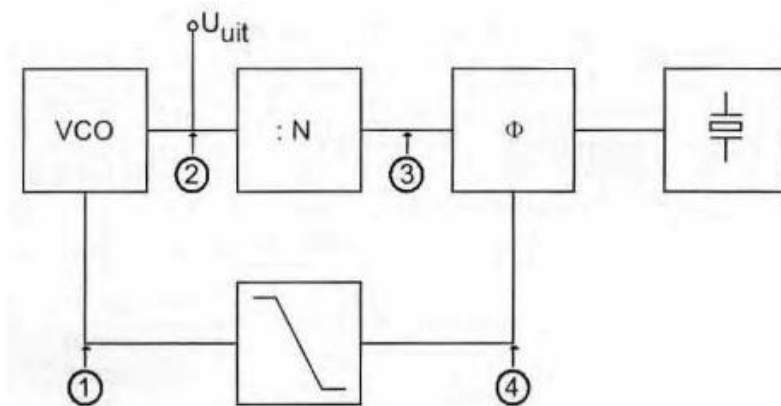
Naar de volgende opgave



13.5.178 Uitwerking van Opgave 13-178

De PLL wekt een in stappen van 12,5 kHz instelbare gemiddelde frequentie op. Het uitgangssignaal U_{uit} wordt in frequentie gemoduleerd door een audiosignaal. Het juiste aansluitpunt voor het audiosignaal is:

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



Uitwerking

Voor het maken van FM moet de audiofrequentie worden aangeboden op de sturingang van de VCO. Dat is punt 1.

Zie ook de uitvoeriger uitwerking bij de uitwerking van Opgave 13-179



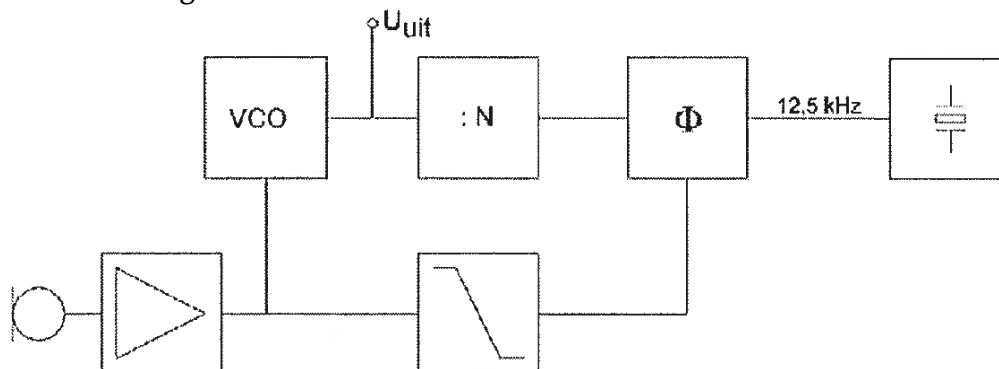
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.179 Uitwerking van Opgave 13-179

De PLL wekt een frequentie op tussen 144 en 146 MHz. Het uitgangssignaal U_{uit} wordt gemoduleerd door het microfoonsignaal. De meest geschikte kantelfrequentie van het filter in de regellus is:



- A. 30 Hz
- B. 3000 Hz
- C. 146 MHz
- D. 12,5 kHz

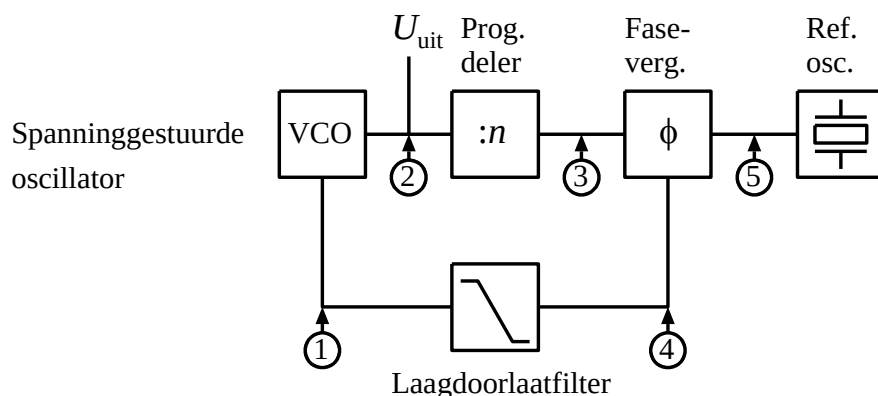
Uitwerking

Deze PLL met microfoonaansluiting is bedoeld als (aansturing van) een FM-zender. De fasevergelijker levert via het laagdoorlaatfilter een langzaam veranderende wisselspanning. De hogere frequenties die het gevolg zijn van het mengproces in de fasevergelijker worden gesmoord in het laagdoorlaatfilter. Om dit laatste zo goed mogelijk te laten verlopen, is een lage kantelfrequentie het best. Die zorgt er ook voor dat de microfoonfrequentie niet gaat “rondzingen”. Daarom is 30 Hz hier de beste keus.

Een ander argument voor een niet al te hoge kantelfrequentie is het verband tussen het lockproces en de laagste modulatiefrequentie. Hoe hoger het kantelpunt, hoe sneller de lock tot stand komt. Maar als dat in de buurt van een nog door te laten audiofrequentie ligt, bijvoorbeeld 300 Hz, kan de regellus de modulatie “wegregelen”, wat niet de bedoeling is omdat dat ten koste zou gaan van de lage audiofrequenties. Ook dat is een goede reden voor die 30 Hz. In beide gevallen antwoord A.

Ga door naar volgende pagina

Nog wat opmerkingen over de PLL (zie figuur hieronder)



Alle opmerkingen gaan over de gelockte toestand.

De enige twee punten met een frequentieverschil zijn 2 en 3, aan weerskanten van de programmeerbare frequentiedeler. De frequentieverhouding tussen beide is n of als je wilt, $1:n$.

Op punt 2 staat het hoogfrequente en fasegemoduleerde signaal, waarvan het oorspronkelijke LF-sigitaal op punt 1 is binnengekomen. Op punt

Op punt 4 staat het signaal dat wordt bepaald door het faseverschil tussen het signaal op punt 3 en dat van de referentie-oscillator, hier getekend als kristaloscillator.

De fasevergelijker is een DBM (dubbel gebalanceerde mixer). Het laagdoorlaatfilter onderdrukt de somfrequentie die op punt 4 nog aanwezig is. Bij gelockte toestand blijft in theorie een gelijkspanning over; in werkelijkheid een langzaam veranderende spanning omdat nu eenmaal niets in deze wereld ideaal is.

Door de referentie-oscillator bij punt 5 te vervangen door een ingang voor een ontvangen FM- of PM-sigitaal en de VCO af te stemmen met een gelijkspanning, ontstaat een demodulator, waarvan het gedemoduleerde signaal verschijnt op punt 1. Punt 1 moet dan afgekoppeld zijn van de VCO.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.180 Uitwerking van Opgave 13-180**

De Engelse afkorting DDS komt overeen met de Nederlandse uitdrukking:

- A. Dubbelzijdig diode systeem
- B. Diode detector schakeling
- C. Digitale frequentiesynthese
- D. Directe digitale frequentiesynthese**

Uitwerking

DDS betekent *Direct Digital Synthesis*. De uitdrukking komt overeen met de Nederlandse uitdrukking *Directe Digitale Frequentiesynthese*. Het is een manier om langs digitale weg een analoog signaal op te wekken. Met behulp van een klokpuls wordt regel voor regel een digitale tabel aan een digitaal-analoog-converter (DAC) aangeboden die de tabelregel omzet in een analoge spanning (of stroom). Zo kan een willekeurig signaal worden opgewekt.

Opmerking

Dit soort schakelingen vind je bijvoorbeeld in signaalgeneratoren (hoofdstuk 15) waarin je via een computer een willekeurig signaal kunt programmeren.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.181 Uitwerking van Opgave 13-181

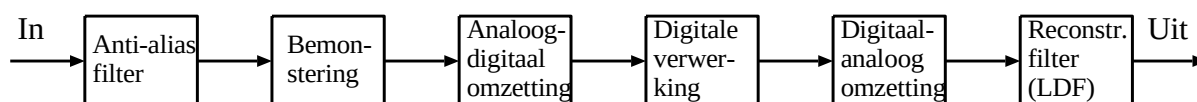
Een reconstructiefilter:

- A. Wordt veelal toegepast in een DSP-keten
- B. Is een bandspfilter
- C. Is een andere naam voor een anti-aliasfilter
- D. Is een hoogdoorlaatfilter

Uitwerking

Een reconstructiefilter zorgt ervoor dat een trapjescurve die uit een keten voor digitale signaalverwerking komt, weer wordt gladgestreken tot een vloeiende kromme.

De figuur hieronder laat in een blokschema de opeenvolging van gebeurtenissen zien.



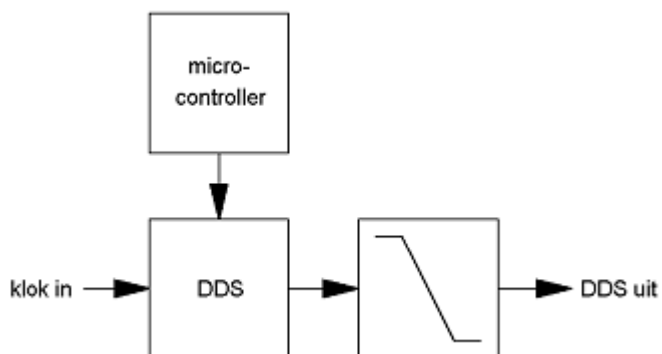
De keten begint met een anti-aliasfilter dat frequenties die te hoog zijn voor de bemonsteringsfrequentie onderdrukt. Daarna volgt de bemonstering, de analoog naar digitaal omzetting, de verwerking en de terugomzetting van digitaal naar analoog. Het reconstructiefilter komt achteraan in de keten. Na het filter is er een vloeiend analoog signaal zonder trapjes ontstaan. Eigenlijk is een reconstructiefilter een laagdoorlaatfilter (LDF) dat de harmonischen en andere hoge frequenties die gepaard gaan met de traptreedjes onderdrukt. Antwoord A is het juiste antwoord.

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

13.5.182 **Uitwerking van Opgave 13-182**

Het getekende filter is een:

- A. Reconstructiefilter
- B. IIR-filter
- C. Anti-aliasfilter
- D. FIR-filter

**Uitwerking**

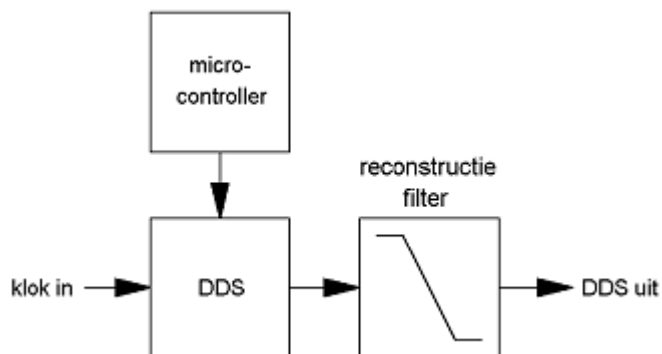
Het filter (rechtsonder in de figuur) is een laagdoorlaatfilter dat signaal ontvangt van een DDS-schakeling. Het moet daarom een reconstructiefilter zijn dat besproken is in de uitwerking van Opgave 13-181. Antwoord A.

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

13.5.183 Uitwerking van Opgave 13-183

Dit blokschema toont een:

- A. Productdetector
- B. Amplitude-modulator
- C. PLL-schakeling
- D. Digitale VFO**



Uitwerking

Dit schema is vrijwel identiek aan dat van Opgave 13-182. Het verschil is dat het reconstructiefilter als zodanig wordt aangegeven. Het is een DDS die blijkbaar ergens voor wordt gebruikt.

Laten we de antwoorden eens nalopen. Met een microcontroller is het een digitaal ding, zoveel is zeker. Dan is het geen productdetector en geen amplitudemodulator en voor een PLL ontbreekt er te veel. Dan blijft de digitale VFO over. En ja, waarom niet? Een DDS is heel goed zó aan te sturen dat het de eigenschappen van een VFO krijgt. Kwestie van een sinus in het geheugen van de microcontroller en voor de instelling van de frequentie de klok langzamer of sneller zetten. Kortom, antwoord D.



Terug naar de opgave

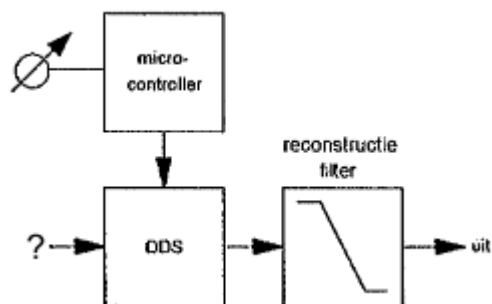
Naar de volgende opgave



13.5.184 Uitwerking van Opgave 13-184

Op de plaats van het vraagteken moet worden aangesloten:

- A. Het kloksignaal
- B. De voedingsspanning
- C. De modulatie
- D. De antenne

**Uitwerking**

Een DDS heeft op één input de microprocessor (-controller) aangesloten en op de andere het kloksignaal. De microcontroller staat op zijn plek, dus het kloksignaal ontbreekt.

Antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.185 Uitwerking van Opgave 13-185**

Een reconstructiefilter is een:

- A. Bandsperfilter
- B. Laagdoorlaatfilter**
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. Notch filter

Uitwerking

Een reconstructiefilter is bedoeld om van een trapjeskromme die uit een DAC (digitaal-analoog-converter) komt, weer een vloeiende kromme te maken als analoog eindproduct of voor verdere analoge bewerking. Omdat de hoekjes in de trapjeskromme worden onderdrukt, verdwijnt er een hoeveelheid hogere frequenties waaronder harmonischen en daarom moet het wel een laagdoorlaatfilter zijn.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



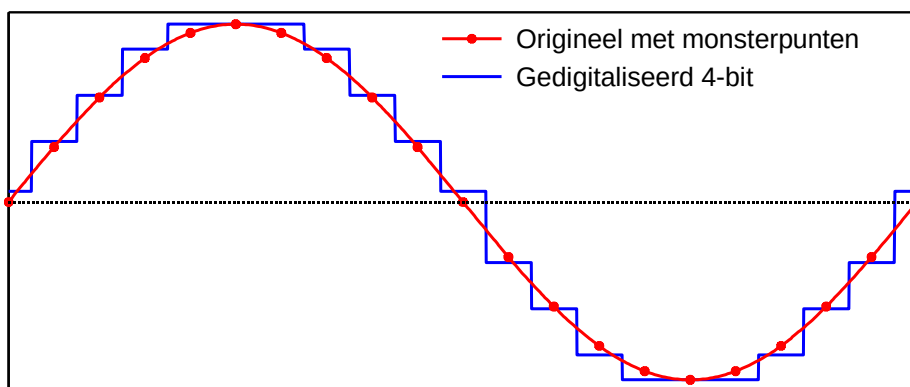
13.5.186 Uitwerking van Opgave 13-186

Een analoog signaal wordt aangeboden aan een ADC. De kwantiseringsruis kan worden verminderd door:

- A. Het ingangssignaal van de ADC te verzwakken
- B. De bemonsteringsfrequentie te verlagen
- C. Minder bits per sample te gebruiken
- D. Meer bits per sample te gebruiken**

Uitwerking

Kwantiseringsruis ontstaat doordat een analoog continu verlopend signaal wordt omgezet in een digitaal stappensignaal. De figuur hieronder uit de cursustekst laat zien wat er gebeurt.



Als de treden kleiner worden doordat er per monster (sample) meer bits en dus meer waarden beschikbaar zijn, benaderen de stappen de werkelijke analoge waarden beter en ontstaat er minder kwantiseringsruis. Het verhogen van de bemonsteringsfrequentie heeft eenzelfde werking, mits het aantal bits per sample daarvoor groot genoeg is (dit is een schop tegen de antwoorden B en C). Antwoord D.

Opmerking

Verzwakken van het ingangssignaal (antwoord A) werkt averechts, want het beperkt het aantal digitale waarden en leidt daardoor tot minder treden op de trapjeskromme en tot meer kwantiseringsruis.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.187 Uitwerking van Opgave 13-187**

Een analoog signaal wordt aangeboden aan een ADC. De nauwkeurigheid van de conversie kan worden vergroot door:

- A. Meer bits per sample te gebruiken
- B. Minder bits per sample te gebruiken
- C. De bemonsteringsfrequentie te verlagen
- D. Hetingangssignaal van de ADC te verlagen

Uitwerking

De nauwkeurigheid van de omzetting (conversie) in een ADC wordt grotendeels bepaald door het aantal bits per sample (signaalmonster). De omzetting wordt nauwkeuriger, naarmate de waarde van een signaalmonster met meer bits kan worden beschreven. Dat werkt op dezelfde manier als met “gewone” cijfers. Een getal dat je met 1 decimaal cijfer schrijft, heeft 10 mogelijkheden voor een waarde, als het met 2 cijfers wordt geschreven, 100 mogelijkheden. Met binaire cijfers gaat het op een vergelijkbare manier. Antwoord A.

Opmerking. Het is niet gezegd dat veel bits per sample altijd een goed resultaat opleveren. Het meetbereik is ook van belang. Vergelijk het met een digitale voltmeter. Als je een spanning van 1 V meet met een bereik van 100 V in 3 cijfers, dan is je meting zacht gezegd niet erg nauwkeurig. Bij een meetbereik van 1 V heb je dan maximale nauwkeurigheid. Is je meetwaarde hoger dan het bereik, dan weet je na de meting nog bitter weinig. Over meetnauwkeurigheid valt nog wel meer te zeggen, maar een beschouwing daarover gaat voor een cursus als deze te ver. Waar het om gaat, is dat meetwaarde en meetbereik redelijk op elkaar moeten zijn afgestemd. Zo verwordt antwoord D tot iets heel vaags!



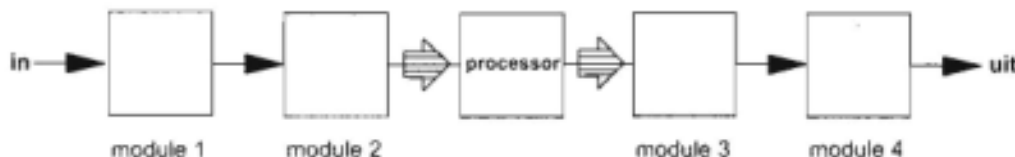
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.188 Uitwerking van Opgave 13-188

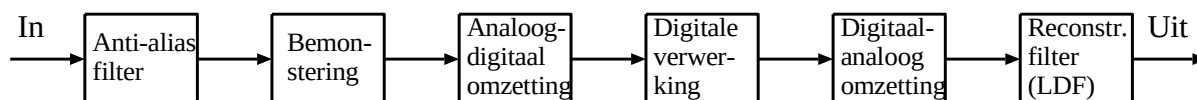
De juiste plaats van de DAC- in een DSP¹-systeem is:



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

Uitwerking

Anders geformuleerd: waar zit hier de DAC? DAC staat voor digitaal-analoog-converter. Als we teruggaan naar de uitwerking van Opgave 13-181 vinden we het antwoord. Zie de figuur hieronder:



Het is het op één na laatste blokje, want het laatste blokje is het reconstructiefilter dat je ook het gladstrijkfiter zou kunnen noemen.

In deze opgave komen we zo bij module 3. Antwoord D.

Opmerking

Deze examenvraag komt voor met de plaats van andere modules, zoals de ADC. Het is dus de moeite waard om het blokschema in de uitwerking in je hoofd te hebben.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



¹ DSP: Digital Signal Processor; digitale signaalverwerker

© 2022, Vereniging van Radiozendamateurs VRZA (opgaven in par. 13.4 uitgezonderd)

**13.5.189 Uitwerking van Opgave 13-189**

Een geschikte bemonsteringsfrequentie voor een spraaksignaal met frequenties tussen 300 en 3000 Hz is:

- A. 1000 Hz
- B. 300 Hz
- C. 8000 Hz**
- D. 3000 Hz

Uitwerking

Hier komen we bij de Nyquist- of Nyquist-Shannon-frequentie: de bemonsteringsfrequentie moet minstens 2x de hoogste frequentie in het signaal zijn, anders ontstaat aliasing.

Dat betekent dat 6000 Hz de laagste aanvaardbare bemonsteringsfrequentie is. Hoger mag wel, lager niet. Dan blijft van de vier antwoorden er maar één over: 8000 Hz. Antwoord C dus.

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

**13.5.190 Uitwerking van Opgave 13-190**

Bij het bemonsteren van een spraaksignaal wordt een anti-aliasfilter toegepast. Dit filter is een:

- A. Hoogdoorlaatfilter met een kantelfrequentie van 300 Hz
- B. Banddoorlaatfilter voor de samplefrequentie
- C. Laagdoorlaatfilter met een kantelfrequentie van 3000 Hz
- D. Bandsperfilter voor de samplefrequentie

Uitwerking

Over de Nyquistfrequentie hebben we het in Opgave 13-189 gehad. Die heeft betrekking op de bemonsteringsfrequentie (= samplefrequentie) die minstens 2x de hoogste frequentie in het signaal moet zijn. Voor de verstaanbaarheid van een spraaksignaal is een hoogste frequentie van 2700 à 3000 Hz voldoende. We gaan uit van 3000 Hz. Dan kan door het anti-aliasfilter dat direct vóór de ADC komt, alles boven 3000 Hz worden onderdrukt; wat daaronder ligt niet. Daarmee is het een laagdoorlaatfilter met het kantelpunt bij 3000 Hz. Antwoord C.

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

**13.5.191 Uitwerking van Opgave 13-191**

Een 8-bits ADC kan eeningangssignaal onderscheiden in maximaal:

- A. 1024 niveaus
- B. 64 niveaus
- C. 256 niveaus**
- D. 8 niveaus

Uitwerking

Hoeveel niveaus, waarden of hoe je het ook noemen wilt, een apparaat van n aantal bits kan onderscheiden, is altijd 2^n . In dit geval is $n = 8$ en $2^8 = 256$. Antwoord C.



Terug naar de opgave

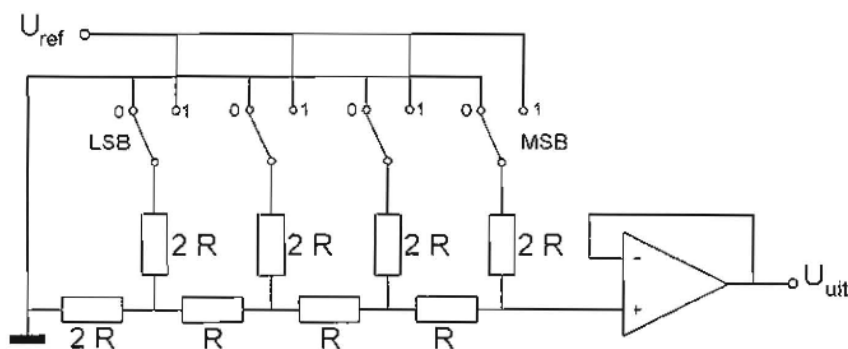
Naar de volgende opgave



13.5.192 Uitwerking van Opgave 13-192

Het bit met de hoogste waarde is aangegeven met MSB en het bit met de laagste waarde met LSB. Onderstaande schakeling is een:

- A. Binaire opteller
- B. ADC
- C. DAC
- D. Digitaal filter



Uitwerking

Eerst de twee afkortingen. MSB staat voor *Most significant bit*, vrij vertaald: het bit met de hoogste waarde. LSB staat voor *Least Significant Bit*: het bit met de laagste waarde.

Nu naar de schakeling. Die is gebouwd rond een opamp, geschakeld als spanningsvolger. Met de ingangsweerstand hoeven we daarom geen rekening te houden. Die is heel hoog. De weerstandsschakeling zou je een multi-spanningsdeler kunnen noemen met 4 schakelaars en 2 maal 4 weerstanden. Dit soort netwerken valt buiten de examenstof. Dit netwerk komt erop neer dat de LSB-schakelaar, als de rest op 0 staat, is, $U_{ref}/16$ op de ingang van de opamp zet. Gaat MSB als enige dicht, dan komt er $U_{ref}/2$ op de ingang van de opamp te staan. De tussenliggende schakelaars leveren resp. $U_{ref}/8$ en $U_{ref}/4$. Dat moet bekend voorkomen: 2, 4, 8 en 16. Dit is een (handbediende?) 4-bits digitaal naar analoog-converter. Voor elektronische bediening hoef je alleen maar de schakelaars door FET's te vervangen.

Kortom, antwoord C is goed.

Opmerking

Naar de mening van uw schrijver gaat deze opgave wat (te) ver, maar hebben hem wel in de oefenopgaven gezet, want je weet maar nooit wat je op een examen tegenkomt.

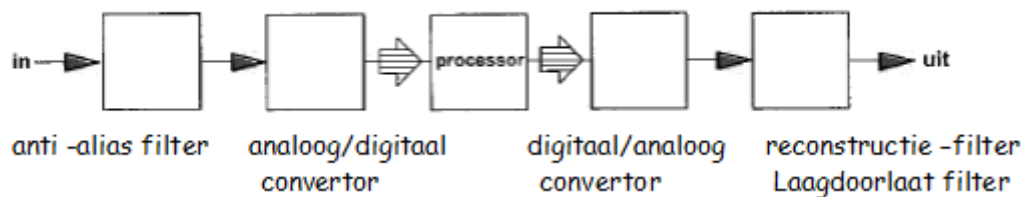


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.193 Uitwerking van Opgave 13-193



Dit blokschema toont:

- A. Een geschakelde voeding
- B. Digitale signaalverwerking als toegepast bij een DSP-systeem**
- C. Een productdetector
- D. Een analoge amplitudemodulator met audioprocessor

Uitwerking

Het blokschema stelt een DSP-systeem voor zoals we dat ook zagen in Opgave 13-188.
Antwoord B.

Opmerking

Dit soort systemen vindt toepassing in onder meer audio recorders, geluidskaarten en spellen. Van links naar rechts in de afbeelding: een analoog signaal wordt omgevormd naar digitaal dat in de processor bewerkt kan worden en worden opgeslagen en/of verstuurd. Vervolgens kan het digitale signaal weer aan de processor worden aangeboden, waarna het weer kan worden omgezet naar een analoog audiosignaal. In de afbeelding worden de functies van de bouwstenen onder de bijbehorende blokken (modules) vermeld.



Terug naar de opgave

Dit waren de opgaven bij Hoofdstuk 13