



Inhoudsopgave

13	Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 13, deel A (1-50).....	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	Menschakelingen.....	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.....	13-7
13.3.6	Ruis.....	13-8
13.3.7	Detectie van AM, EZB en CW	13-8
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	13-10
13.3.13	Squelch	13-11
13.3.14	De dubbelsuper	13-11
13.3.15	Koppeling in bandfilters.....	13-12
13.3.16	Fasevergrendelde lus (Phase Locked Loop, afgekort PLL)	13-13
13.3.17	Digitale signaalverwerking	13-14
13.4	Opgaven.....	13-15
13.4.1	Opgave 13-1.....	13-16
13.4.2	Opgave 13-2.....	13-17
13.4.3	Opgave 13-3.....	13-18
13.4.4	Opgave 13-4.....	13-19
13.4.5	Opgave 13-5.....	13-20
13.4.6	Opgave 13-6.....	13-21
13.4.7	Opgave 13-7.....	13-22
13.4.8	Opgave 13-8.....	13-23



13.4.9	Opgave 13-9.....	13-24
13.4.10	Opgave 13-10.....	13-25
13.4.11	Opgave 13-11.....	13-26
13.4.12	Opgave 13-12.....	13-27
13.4.13	Opgave 13-13.....	13-28
13.4.14	Opgave 13-14.....	13-29
13.4.15	Opgave 13-15.....	13-30
13.4.16	Opgave 13-16.....	13-31
13.4.17	Opgave 13-17.....	13-32
13.4.18	Opgave 13-18.....	13-33
13.4.19	Opgave 13-19.....	13-34
13.4.20	Opgave 13-20.....	13-35
13.4.21	Opgave 13-21.....	13-36
13.4.22	Opgave 13-22.....	13-37
13.4.23	Opgave 13-23.....	13-38
13.4.24	Opgave 13-24.....	13-39
13.4.25	Opgave 13-25.....	13-40
13.4.26	Opgave 13-26.....	13-41
13.4.27	Opgave 13-27.....	13-42
13.4.28	Opgave 13-28.....	13-43
13.4.29	Opgave 13-29.....	13-44
13.4.30	Opgave 13-30.....	13-45
13.4.31	Opgave 13-31.....	13-46
13.4.32	Opgave 13-32.....	13-47
13.4.33	Opgave 13-33.....	13-48
13.4.34	Opgave 13-34.....	13-49
13.4.35	Opgave 13-35.....	13-50
13.4.36	Opgave 13-36.....	13-51
13.4.37	Opgave 13-37.....	13-52
13.4.38	Opgave 13-38.....	13-53
13.4.39	Opgave 13-39.....	13-54
13.4.40	Opgave 13-40.....	13-55



13.4.41	Opgave 13-41	13-56
13.4.42	Opgave 13-42	13-57
13.4.43	Opgave 13-43	13-58
13.4.44	Opgave 13-44	13-59
13.4.45	Opgave 13-45	13-60
13.4.46	Opgave 13-46	13-61
13.4.47	Opgave 13-47	13-62
13.4.48	Opgave 13-48	13-63
13.4.49	Opgave 13-49	13-64
13.4.50	Opgave 13-50	13-65
13.5	Uitwerkingen	13-66
13.5.1	Uitwerking van Opgave 13-1	13-67
13.5.2	Uitwerking van Opgave 13-2	13-68
13.5.3	Uitwerking van Opgave 13-3	13-69
13.5.4	Uitwerking van Opgave 13-4	13-70
13.5.5	Uitwerking van Opgave 13-5	13-71
13.5.6	Uitwerking van Opgave 13-6	13-72
13.5.7	Uitwerking van Opgave 13-7	13-73
13.5.8	Uitwerking van Opgave 13-8	13-74
13.5.9	Uitwerking van Opgave 13-9	13-75
13.5.10	Uitwerking van Opgave 13-10.....	13-76
13.5.11	Uitwerking van Opgave 13-11.....	13-77
13.5.12	Uitwerking van Opgave 13-12.....	13-78
13.5.13	Uitwerking van Opgave 13-13.....	13-79
13.5.14	Uitwerking van Opgave 13-14.....	13-80
13.5.15	Uitwerking van Opgave 13-15.....	13-81
13.5.16	Uitwerking van Opgave 13-16.....	13-82
13.5.17	Uitwerking van Opgave 13-17.....	13-83
13.5.18	Uitwerking van Opgave 13-18.....	13-84
13.5.19	Uitwerking van Opgave 13-19.....	13-85
13.5.20	Uitwerking van Opgave 13-20.....	13-86
13.5.21	Uitwerking van Opgave 13-21.....	13-87



13.5.22	Uitwerking van Opgave 13-22.....	13-88
13.5.23	Uitwerking van Opgave 13-23.....	13-89
13.5.24	Uitwerking van Opgave 13-24.....	13-90
13.5.25	Uitwerking van Opgave 13-25.....	13-91
13.5.26	Uitwerking van Opgave 13-26.....	13-92
13.5.27	Uitwerking van Opgave 13-27.....	13-93
13.5.28	Uitwerking van Opgave 13-28.....	13-94
13.5.29	Uitwerking van Opgave 13-29.....	13-95
13.5.30	Uitwerking van Opgave 13-30.....	13-96
13.5.31	Uitwerking van Opgave 13-31.....	13-97
13.5.32	Uitwerking van Opgave 13-32.....	13-98
13.5.33	Uitwerking van Opgave 13-33.....	13-99
13.5.34	Uitwerking van Opgave 13-34.....	13-100
13.5.35	Uitwerking van Opgave 13-35.....	13-101
13.5.36	Uitwerking van Opgave 13-36.....	13-102
13.5.37	Uitwerking van Opgave 13-37.....	13-104
13.5.38	Uitwerking van Opgave 13-38.....	13-105
13.5.39	Uitwerking van Opgave 13-39.....	13-106
13.5.40	Uitwerking van Opgave 13-40.....	13-107
13.5.41	Uitwerking van Opgave 13-41.....	13-108
13.5.42	Uitwerking van Opgave 13-42.....	13-109
13.5.43	Uitwerking van Opgave 13-43.....	13-110
13.5.44	Uitwerking van Opgave 13-44.....	13-111
13.5.45	Uitwerking van Opgave 13-45.....	13-112
13.5.46	Uitwerking van Opgave 13-46.....	13-113
13.5.47	Uitwerking van Opgave 13-47.....	13-114
13.5.48	Uitwerking van Opgave 13-48.....	13-115
13.5.49	Uitwerking van Opgave 13-49.....	13-116
13.5.50	Uitwerking van Opgave 13-50.....	13-117



13 Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 13, deel A (1-50)

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 A met 50 opgaven. Deel B bevat er ook 50; deel C 50 en deel D 43 opgaven.

Bij elke opgave is vermeld, in welke examens de opgave is voorgekomen. Voorbeeld: F-examen mei 2011 (1). De opgave is dan onderdeel geweest van het eerste examen in mei 2011. Gaat het om het tweede examen, dan staat er (2) in plaats van (1). 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 Formulierium

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*.

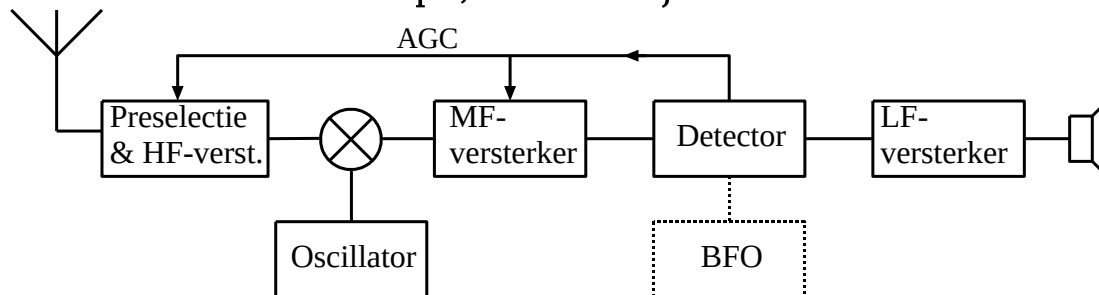
13.3.4 Spiegelfrequentie

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.

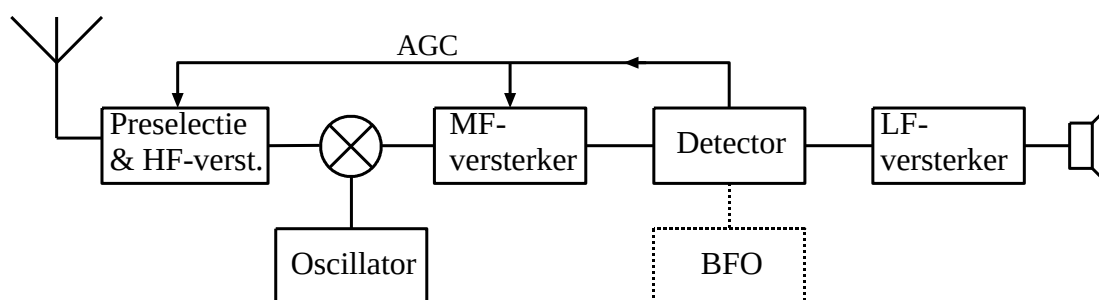
Na de detector is het signaal een LF-signaal en hoorbaar voor onze oren. Het passeert op weg naar de luidspreker (of de koptelefoon) de LF-versterker.

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.

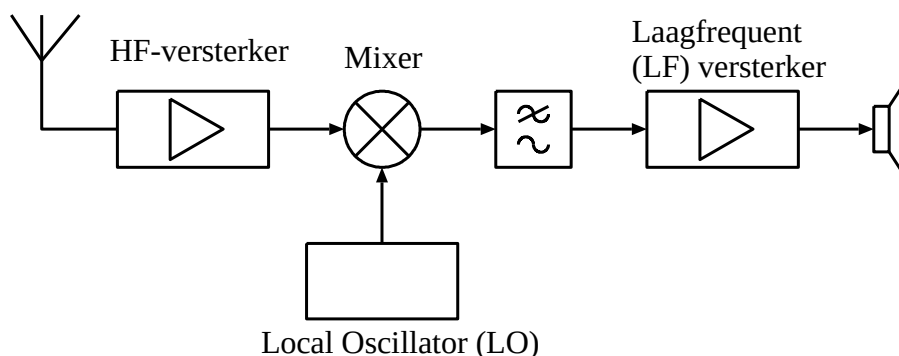


AGC staat voor *Automatic Gain Control*, ofwel automatische versterkingsregeling (AVC). Dat is een spanningsgestuurde versterkingsregeling. De stuurspanning (gelijkspanning) wordt in de detectorschakeling afgeleid uit de MF-wisselspanning. Een sterk signaal stuurt de versterkende elementen in HF- en 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. Vergelijken 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.

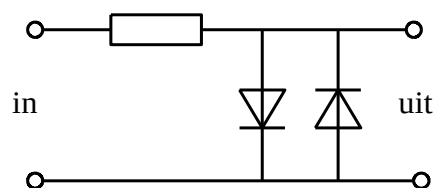
Het laagdoorlaatfilter in het schema onderdrukt hogere frequenties dan het te beluisteren LF-spectrum. In feite bepaalt dat de bandbreedte. De DC-ontvanger ontvangt DZB, USB,

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).

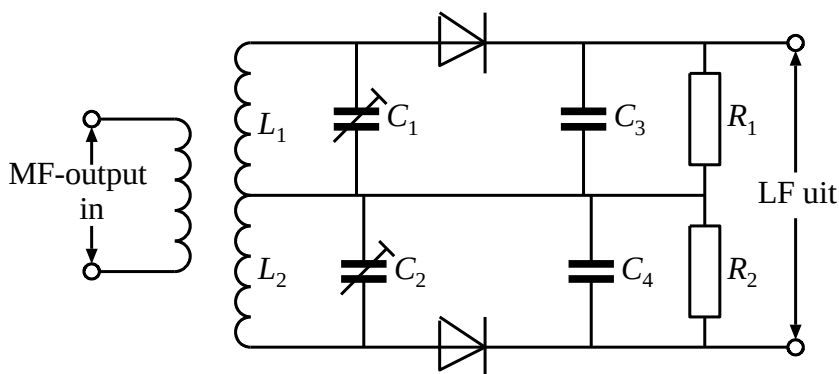


De oudste detector is de flankdetector, eigenlijk een AM-detector. Stuur het signaal door de flank van een bandfilter.

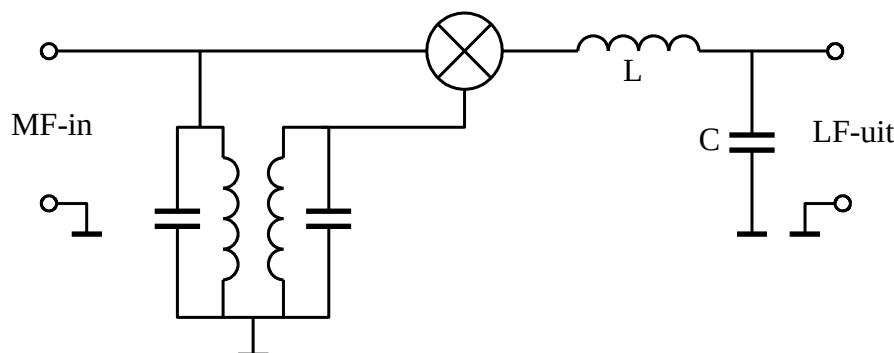
Er ontstaat een signaal met frequentie-afhankelijke amplitude dat als AM wordt gedetecteerd in een vorm van een diodedetector. De figuur hiernaast toont een verbeterde flankdetector.

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: $3000 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz} = 2700 \text{ Hz}$ of, als we uitgaan van een hoogste frequentie van 2700 Hz , wordt de bandbreedte $2700 \text{ Hz} - 3000 \text{ Hz} = 2400 \text{ Hz}$. 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 frequentiezwaai 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 modulatie diepte 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

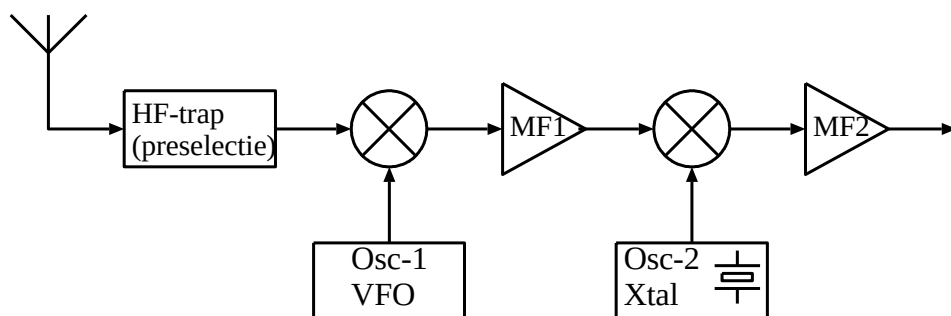
Squelch is ruisonderdrukking bij afwezigheid van signaal, het meest toegepast bij FM-ontvangst. Als er een (zwak) signaal is, neemt de demodulator de zaak over en wordt de ruis onderdrukt. Zonder signaal wordt bij een FM-ontvanger de ruis hinderlijk sterk. Dan stuurt de ruis via een gelijkrichter een 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

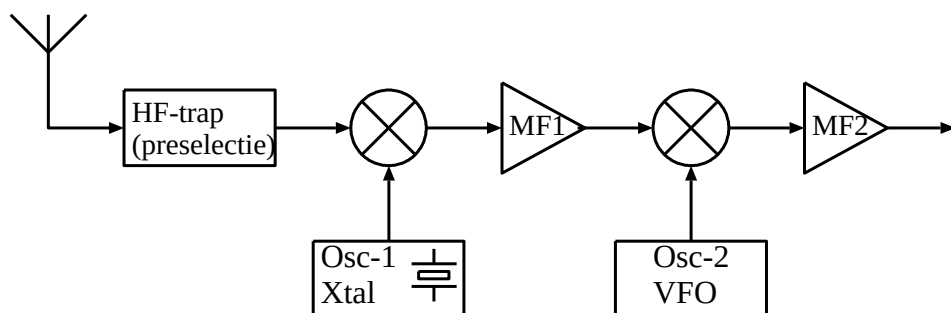
Een dubbelsuper heeft twee frequentie-omzettingen, twee middenfrequenties en twee MF-versterkertrappen. Een belangrijke reden daarvoor is de verhouding van afstem- en middenfrequentie. Voor een goede veraf-selectiviteit is een hoge middenfrequentie nodig.

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).

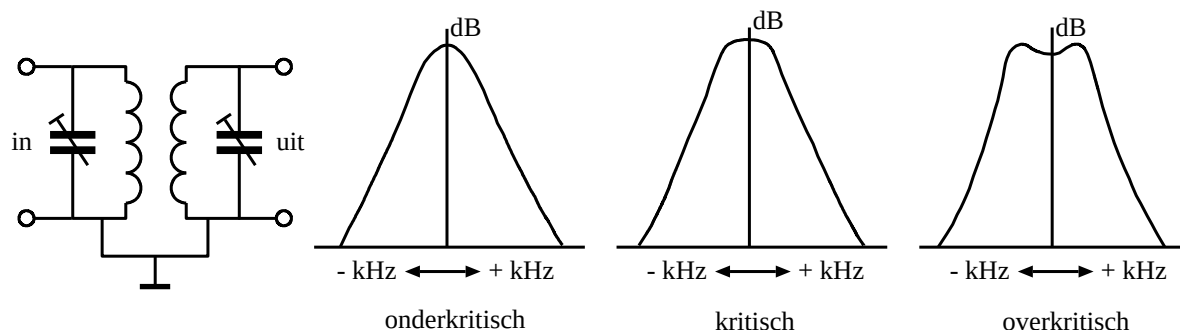


Andersom kan ook: eerste oscillator vast (kristal), de tweede variabel. Lang geleden was dat de standaardoplossing omdat een variabele oscillator op een hoge frequentie lastig stabiel te houden is. Tegenwoordig is dat met de digitale trukendoos niet meer zo. Het blokschema hieronder toont de “antieke”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



13.3.15 Koppeling in bandfilters

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



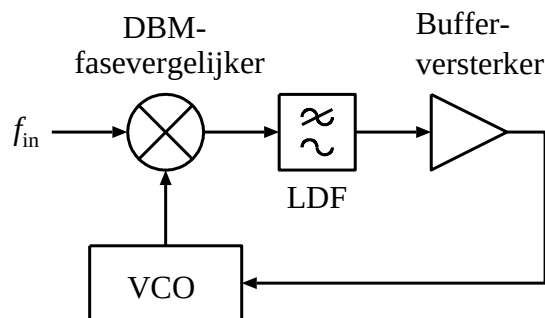
Het onderkritisch gekoppelde filter heeft een doorlaat die sterk lijkt op die van een enkelvoudig filter.

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)

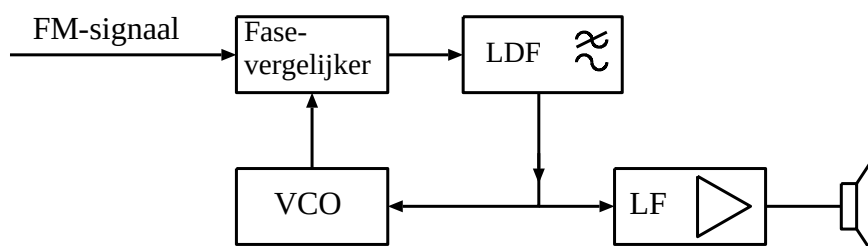
Een PLL is een vorm van een door fase tegengekoppelde lus. Het basisschema staat hiernaast.



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-sigitaal is, is de stuurspanning op de VCO het gedemoduleerde FM-sigitaal. (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 microfoonssigitaal. Deze toepassingen staan in de cursustekst.

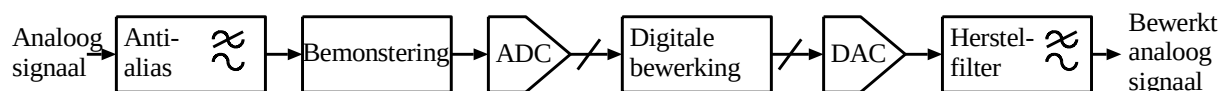
13.3.17 Digitale signaalverwerking

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



13.4.1 Opgave 13-1

Het magnetische veld van een MF-spoel veroorzaakt hinder in nabijgelegen componenten. De beste maatregel hiertegen is om deze spoel

- A. Zonder spatie te wikkelen
- B. Te voorzien van een aluminium bus.
- C. In de gieten in kunsthars
- D. Aan één zijde te aarden

(F-examen najaar 2000, voorjaar 2006, november 2014, mei 2017 (2), september 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.2 Opgave 13-2

Een ontvanger heeft een MF-bandbreedte van 6 kHz. De hoogste frequentie die na een detectie van een AM-sigitaal on vervormd wordt weergegeven is:

- A. 12000 Hz
- B. 6000 Hz
- C. 1000 Hz
- D. 3000 Hz

(F-examen mei 2011 (3), september 2012)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**13.4.3 Opgave 13-3**

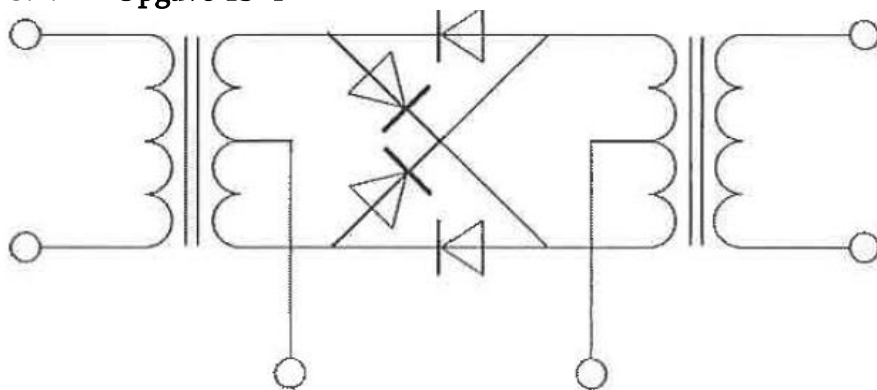
Een amplitude-gemoduleerde zender wordt gemoduleerd met twee sinusvormige signalen van 3 en 6 kHz. Een ontvanger die deze signalen met een AM -detector zonder vervorming kan ontvangen moet een bandbreedte hebben van minimaal:

- A. 18 kHz
- B. 6 kHz
- C. 12 kHz
- D. 9 kHz

(F-examen februari 2011)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

13.4.4 Opgave 13-4



De schakeling stelt voor een

- A. Frequentiediscriminator
- B. Balansmodulator
- C. Dubbelfasige gelijkrichter
- D. Spanningverdubbelaar

(F-examen april 2008, november 2008 (2), april 2009, November 2010 (2), maart 2011 (1), april 2011, mei 2016 (1), november 2017, maart 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.5 Opgave 13-5

De meest geschikte bandbreedte voor een HF-amateurontvanger die gebruikt wordt voor EZB-telefonie-ontvangst, bedraagt

- A. 400 Hz
- B. 15 kHz
- C. 7,5 kHz
- D. 2,4 kHz

(F-examen september 2009 (2), maart 2014)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.6 Opgave 13-6

De gebruikelijke bandbreedte van een amateur EZB-telefoniesignaal is

- A. 2 à 3 kHz
- B. 500 Hz
- C. 1 kHz
- D. 12 à 15 kHz

(F-examen juli 2009, mei 2011 (2), mei 2012 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.7 Opgave 13-7

Een superheterodyne-ontvanger ontvangt een FM-signaal met een frequentiezwaai van 3 kHz. De zwaai in de middenfrequentversterker is

- A. Afhankelijk van de oscillatorfrequentie
- B. 1,5 kHz
- C. 3 kHz
- D. 6 kHz

(F-examen voorjaar 2004)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.8 Opgave 13-8

Als het uitgangsvermogen van een zender met een factor 4 vergroot wordt, dan behoort de S-meteraanwijzing van een ontvanger die op de zender afgestemd is, toe te nemen met

- A. 4 dB
- B. 3 dB
- C. 6 dB
- D. 2 dB

(F-examen september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.9 Opgave 13-9

Bij eeningangsspanning van 1 microvolt bedraagt de signaal/ruisverhouding aan de uitgang van een ontvanger 20 dB. Dit gegeven geeft een beeld van de:

- A. Veraf-selectiviteit van de ontvanger
- B. Stabiliteit van de ontvanger
- C. Spiegelonderdrukking van de ontvanger
- D. Gevoeligheid van de ontvanger

(F-examen december 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.10 Opgave 13-10

Een signaalsterkte wordt gerapporteerd als “S9 plus 20 dB”.

Indien van de beluisterde zender het vermogen wordt gereduceerd van 150 W naar 15 W, dan behoort het signaalsterkterapport te zijn

- A. S-9
- B. S-9 plus 10 dB
- C. S-9 plus 20 dB
- D. S-9 plus 30 dB

(F-examen augustus 2009, maart 2010, april 2011, augustus 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**13.4.11 Opgave 13-11**

Een ontvangen signaalsterkterapport is “S-9 plus 20 dB”. Indien van de beluisterde zender het vermogen wordt verhoogd van 4 naar 400 W, dan behoort het signaalsterkterapport te veranderen in:

- A. S-9 plus 10 dB
- B. S-9 plus 30 dB
- C. S-9 plus 40 dB
- D. S-9

(F-examen september 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**13.4.12 Opgave 13-12**

Een gevoelige CW-ontvanger voor de 28 MHz band heeft omschakelbare middenfrequent filters. Als de middenfrequent bandbreedte wordt omgeschakeld van 500 naar 1000 Hz, dan zal het ruisvermogen aan de ingang van de productdetector:

- A. Gelijk blijven
- B. Verdubbelen
- C. Halveren
- D. Verviervoudigen

(F-examen November 2009 (2), november 2014 (2), mei 2016 (2), januari 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**13.4.13 Opgave 13-13**

Een HF-ontvanger met doorlaatbandbreedte van 300 Hz ontvangt een CW-sigitaal (A1A). De signaal/ruisverhouding aan de uitgang bedraagt 20 dB. Als de doorlaatbandbreedte wordt overgeschakeld naar 3000 Hz, wordt bij gelijkblijvende versterking de signaal/ruisverhouding

- A. Ongewijzigd
- B. Kleiner
- C. Is niet te bepalen
- D. groter

(F-examen mei 2005 (1), november 2013 (2), mei 2014 (2), november 2016))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**13.4.14 Opgave 13-14**

Het uitgangssignaal van een HF-telefonie-ontvanger heeft bij ontvangst van een EZB-sig-naal een signaal/ruisverhouding van 20 dB. Om de uitgangsspanning te verhogen, wordt de versterking van de LF-versterker 6 dB vergroot. De gemiddelde signaal-ruisverhouding aan de uitgang is nu:

- A. 14 dB
- B. 20 dB
- C. 6 dB
- D. 26 dB

(F-examen juni 2011)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.15 Opgave 13-15

De gevoeligheid van een FM-ontvanger voor de 2-meterband wordt uitgedrukt in het aantal microvolt aan de ingang, nodig om:

- A. De ruis volledig te onderdrukken
- B. 1 watt audio-uitgangsvermogen te bereiken
- C. Een uitslag S9 op de S-meter te verkrijgen
- D. Een bepaalde signaal/ruisverhouding te bereiken

(F-examen voorjaar 2006)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



13.4.16 Opgave 13-16

Om de aanwijzing van de S-meter van een ontvanger met ongeveer 6 dB te laten toenemen, moet het uitgangsvermogen van de zender waarop is afgestemd, worden vergroot met een factor

- A. 4
- B. 6
- C. 2
- D. 3

(F-examen november 2011)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



13.4.17 Opgave 13-17

Het ruisgetal van een UHF-ontvanger is,

- A. Evenredig met het kwadraat van de bandbreedte
- B. Evenredig met de bandbreedte
- C. Omgekeerd evenredig met de bandbreedte
- D. Onafhankelijk van de bandbreedte

(F-examen november 2012, mei 2017 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**13.4.18 Opgave 13-18**

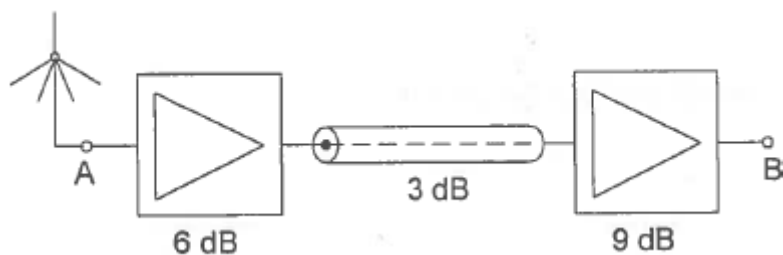
Van een UHF-ontvanger, bedoeld voor inbouw in een satelliet, wordt het ruisgetal bij kamertemperatuur gemeten. Na lancering blijkt het ruisgetal te zijn veranderd. Het ruisgetal na lancering is:

- A. Lager door de lagere temperatuur in de ruimte
- B. Lager door de grote afstand tot aardse stoorbronnen
- C. Hoger door de hogere temperatuur in de ruimte
- D. Hoger omdat de voeding wordt verkregen door zonnecellen

(F-examen mei 2013 (1), november 2016, mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

13.4.19 Opgave 13-19



De totale versterking tussen A en B is:

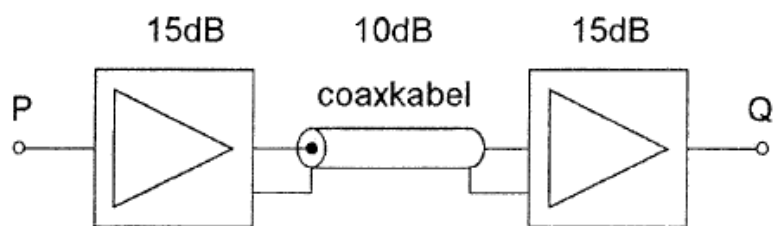
- A. 12 dB
- B. 15 dB
- C. 162 dB
- D. 18 dB

(F-examen juli 2007, juni 2010, augustus 2011, maart 2016, november 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.20 Opgave 13-20



De totale versterking tussen P en Q is:

- A. 10 dB
- B. 30 dB
- C. 20 dB
- D. 40 dB

(F-examen mei 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



13.4.21 Opgave 13-21

De gebruikelijke waarde van een afstemcondensator voor kortegolftoepassingen is:

- A. 1 pF
- B. 10 nF
- C. 1 μ
- D. 100 pF

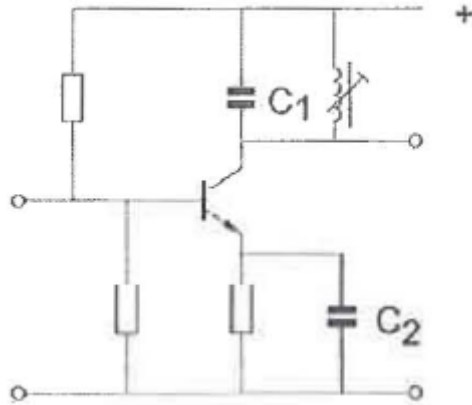
(F-examen mei 2011 (1), mei 2016 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.22 Opgave 13-22

De versterkertrap werkt op 145 MHz.



Wat is juist?

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

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

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



13.4.23 Opgave 13-23

In het afvlakfilter van een netspanninggevoede ontvanger dienen de afvlakcondensatoren een waarde te hebben van ongeveer

- A. 1000 nanofarad
- B. 1000 picofarad
- C. 1000 microfarad
- D. 1000 farad

(F-examen juli 2010, september 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.24 Opgave 13-24

Een MF-spoel wordt met litzedraad in plaats van met massief draad gewikkeld, om:

- A. De temperatuurcoëfficiënt te verkleinen
- B. De vulfactor te vergroten
- C. De koperverliezen te verkleinen
- D. De parasitaire capaciteit te verkleinen

(F-examen april 2008)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.25 Opgave 13-25

Een varicap wordt meestal gebruikt voor

- A. Het regelen van de versterking
- B. Het stabiliseren van de voedingsspanning
- C. Signaaldetectie in een AM-ontvanger
- D. Het moduleren van een FM-zender

(F-examen oktober 2008, oktober 2009, maart 2010, september 2012, mei 2018 (1), maart 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.26 Opgave 13-26

Een capaciteitsdiode (varicap) wordt vaak gebruikt om

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

(F-examen april 2008, november 2017, november 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

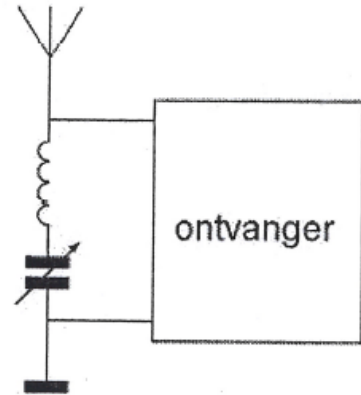


13.4.27 Opgave 13-27

Deze LC-kring, parallel aan de ingang van een ontvanger, dient om:

- A. De bandbreedte van de ontvanger te verkleinen
- B. De versterking van de ontvanger te vergroten
- C. Een storend signaal uit te filteren
- D. De bandbreedte van de ontvanger te vergroten

(F-examen mei 2010 (2), maart 2011 (1), november 2012, september 2014 (1), november 2014, mei 2015 (1), september 2015, mei 2016 (1 en 2), november 2017, maart 2018, januari 2019)



Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



13.4.28 Opgave 13-28

De hoogfrequentverliezen van een condensator zijn het kleinst indien als diëlektricum wordt toegepast:

- A. Olie
- B. Plastic folie
- C. Polystyreen
- D. Lucht

(F-examen voorjaar 2006, oktober 2008 (1), september 2009 (1), maart 2-11 (1), september 2013 (2), november 2014 (1), november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



13.4.29 Opgave 13-29

Om een ontvanger zo te verbeteren dat hij zwakke signalen beter hoorbaar maakt, moet men zorgen dat hij:

- A. Intern minder ruis opwekt
- B. Meer audiovermogen krijgt
- C. Nauwkeuriger kan worden afgestemd
- D. Een betere HF-versterkingsregeling krijgt

(F-examen april 2008, september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



13.4.30 Opgave 13-30

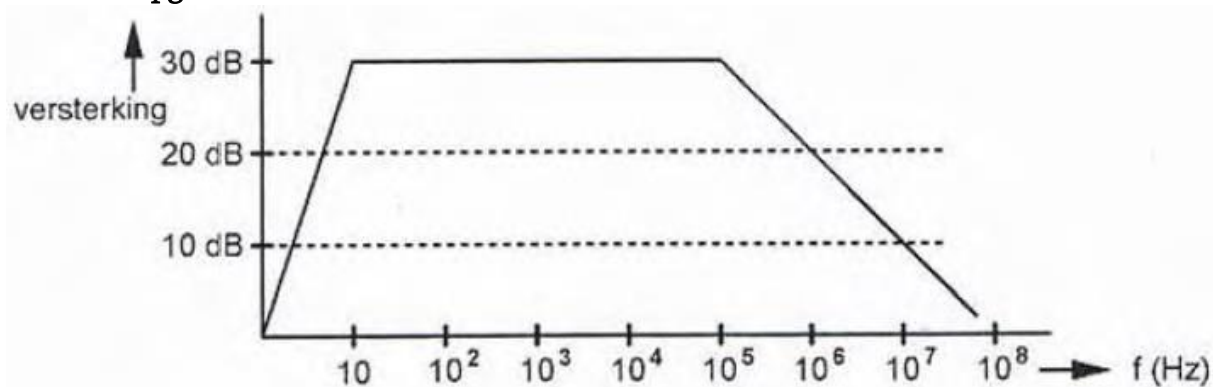
De HF-versterkertrap van een superheterodyne-ontvanger dient een versterking te hebben die:

- A. Zo hoog mogelijk is
- B. Afhangt van de bandbreedte van de MF-versterker
- C. Zwakke signalen te versterken tot boven het ruisniveau van de mengtrap
- D. Voldoende is om zwakke signalen te versterken tot boven het ruisniveau aan de ingang van de ontvanger.

(F-examen najaar 2000)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

13.4.31 Opgave 13-31



Een versterker heeft de gegeven amplitude-frequentie karakteristiek. De versterker is ontworpen als:

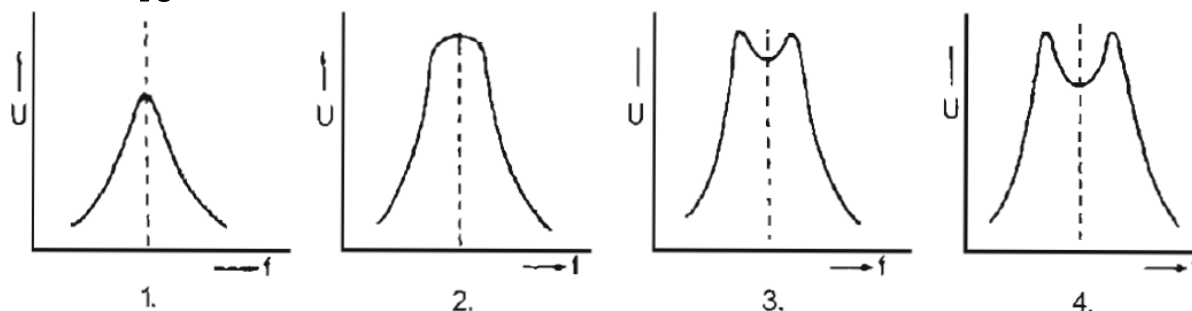
- A. VHF-versterker op 100 MHz
- B. LF-versterker
- C. Versterker voor alle frequenties tot 100 MHz
- D. HF-versterker op 10 MHz

(F-examen maart 2010, april 2010, januari 2013, mei 2015 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.32 Opgave 13-32



Twee kringen van een bandfilter zijn onderkritisch gekoppeld. De spanning U over de secundaire als functie van de frequentie wordt gegeven door:

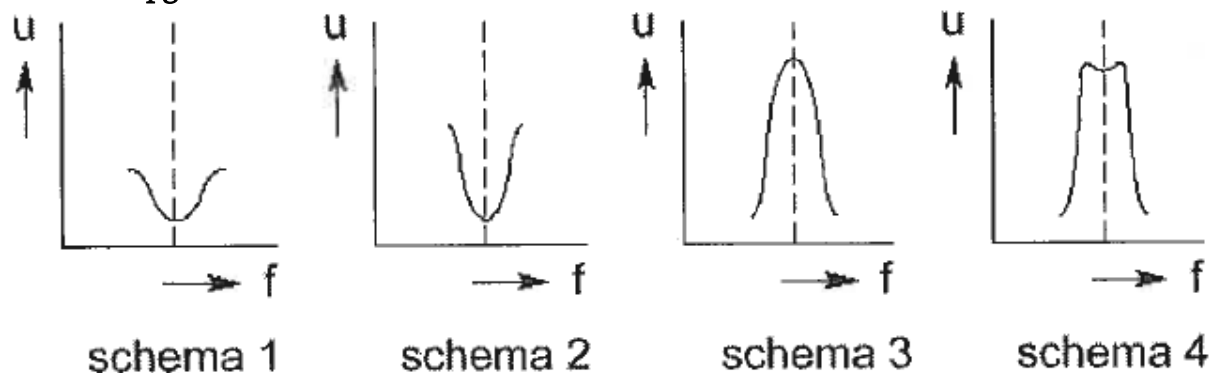
- A. Afbeelding 3
- B. Afbeelding 1
- C. Afbeelding 4
- D. Afbeelding 2

(F-examen voorjaar 2000, september 2010 (1), november 2012, mei 2016 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.33 Opgave 13-33



De spanning U over de secundaire van twee overkritisch gekoppelde kringen, als functie van de frequentie, is gegeven door:

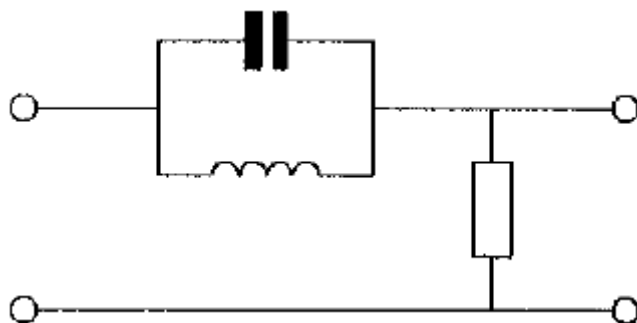
- A. Schema 3
- B. Schema 2
- C. Schema 1
- D. Schema 4

(F-examen juni 2009)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.34 Opgave 13-34



Dit is het schema van een

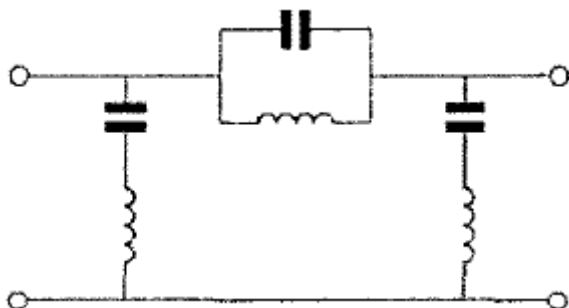
- A. Laagdoorlatend filter
- B. Banddoorlatend filter
- C. Bandsperrend filter
- D. Frequentie-onafhankelijke verzwakker

(F-examen voorjaar 2003)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.35 Opgave 13-35



Dit netwerk is een:

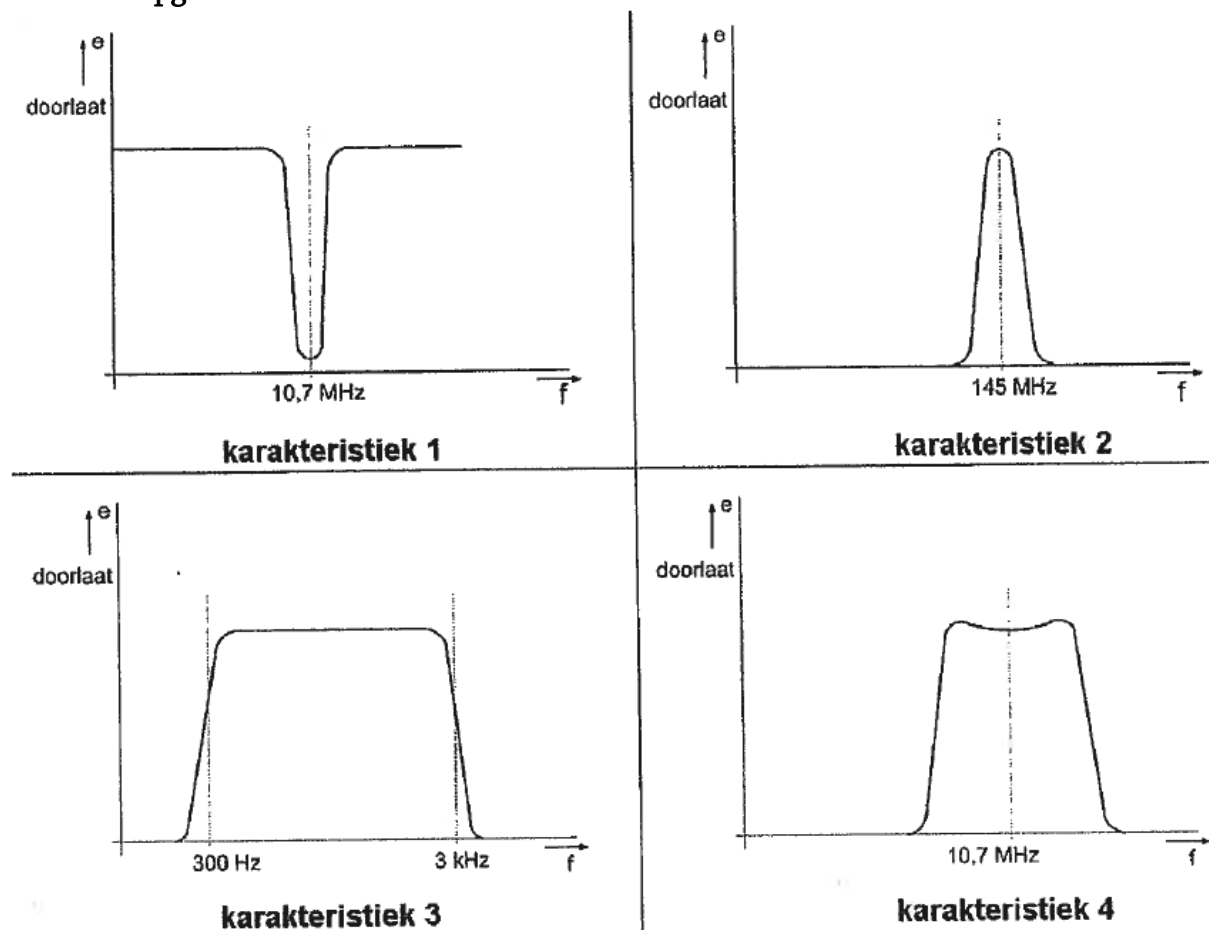
- A. Laagdoorlaatfilter
- B. Banddoorlaatfilter
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. Bandsperfilter

(F-examen najaar 2001, mei 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.36 Opgave 13-36



Welke frequentiekarakteristiek hoort bij de middenfrequentversterker van een 2-meter-ontvanger?

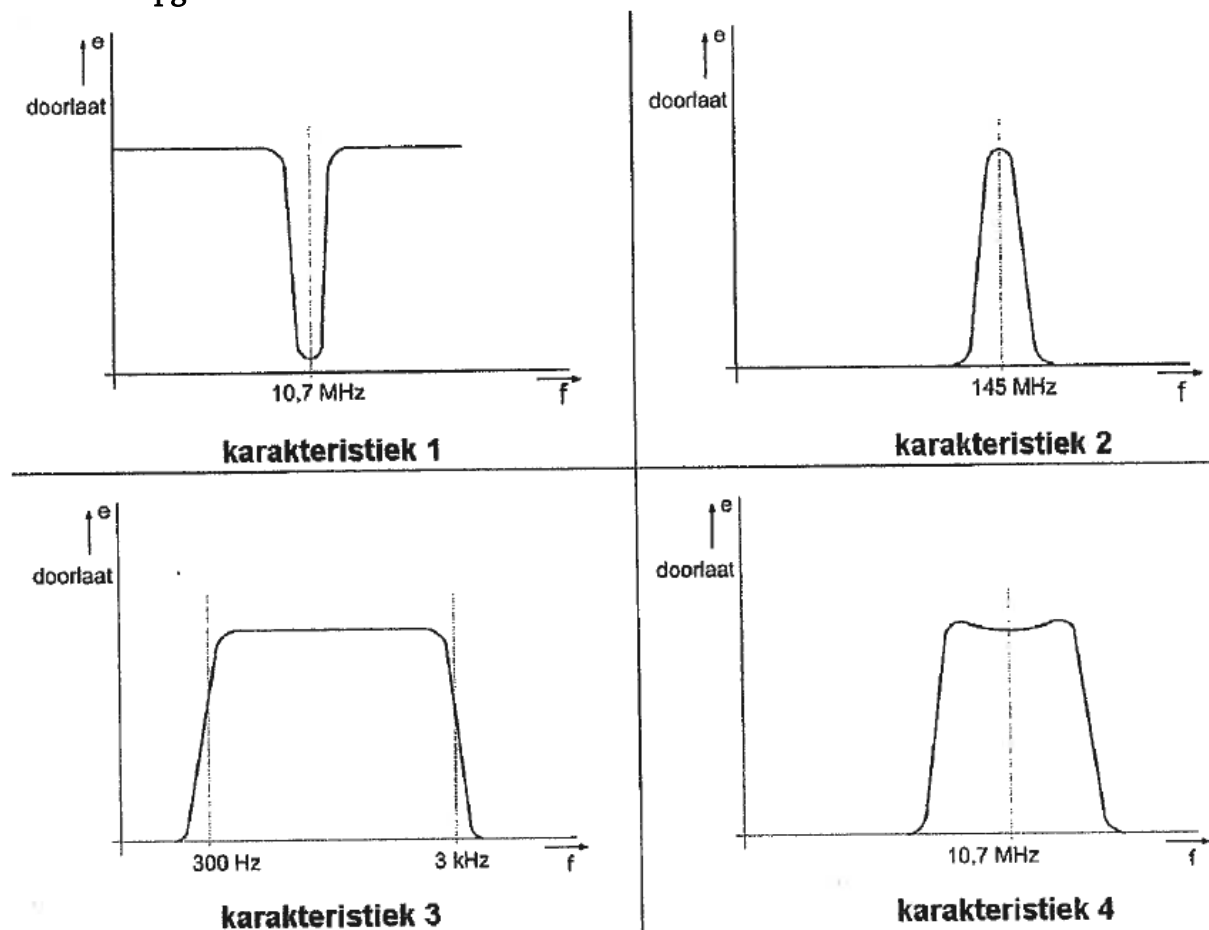
- A. Karakteristiek 1
- B. Karakteristiek 2
- C. Karakteristiek 3
- D. Karakteristiek 4

(F-examen voorjaar 2005, juli 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.37 Opgave 13-37



Welke frequentiekarakteristiek behoort bij een VHF-voorversterker?

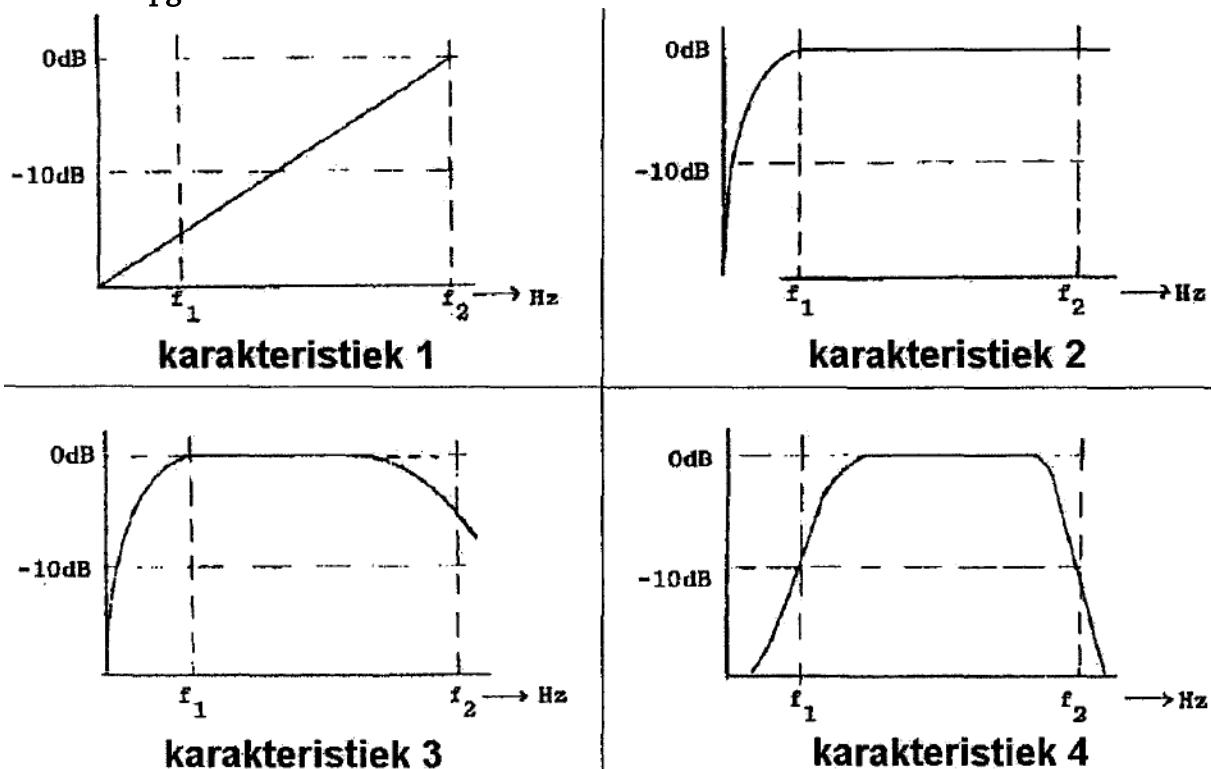
- A. Karakteristiek 1
- B. Karakteristiek 2
- C. Karakteristiek 3
- D. Karakteristiek 4

(F-examen voorjaar 2005, juli 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.38 Opgave 13-38



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

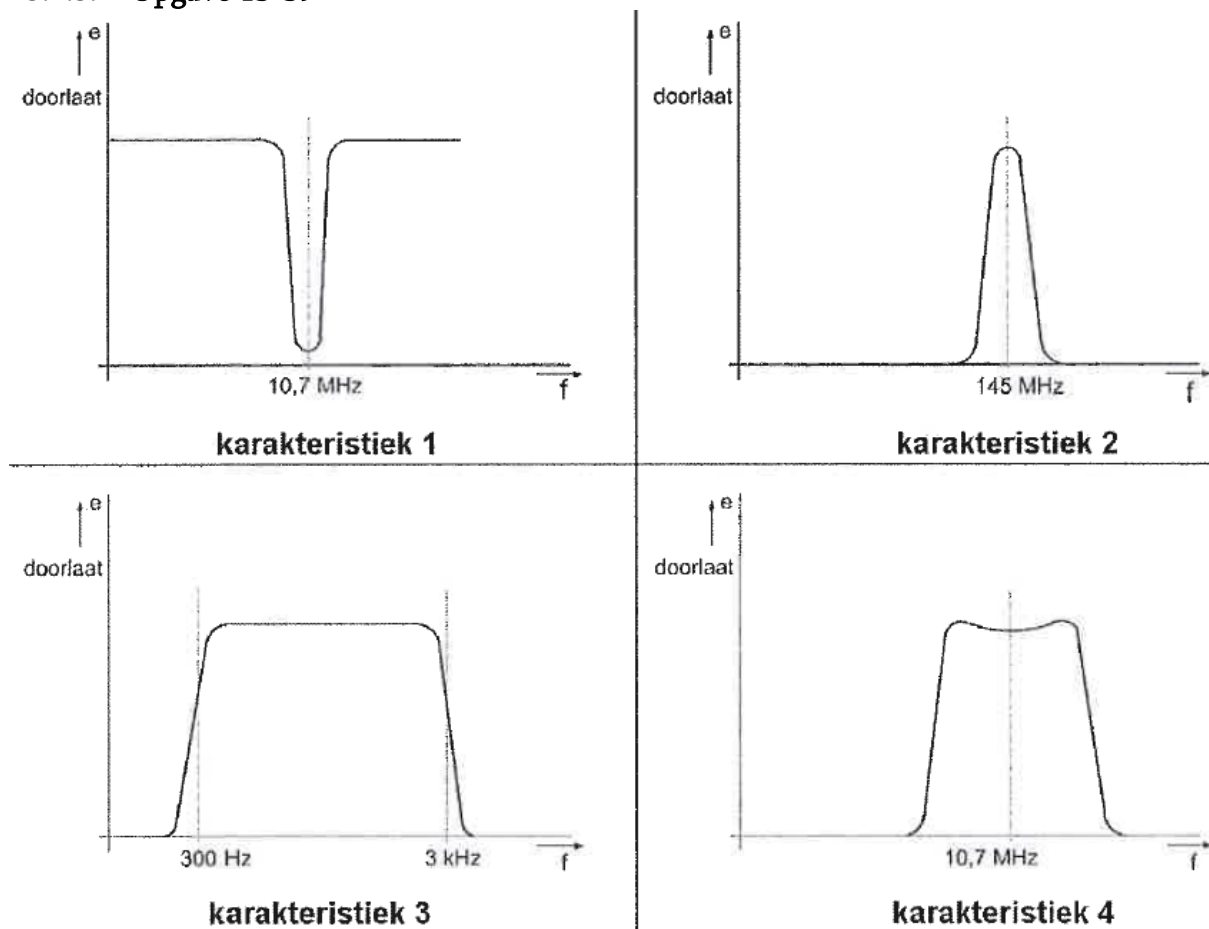
- A. Karakteristiek 2
- B. Karakteristiek 3
- C. Karakteristiek 1
- D. Karakteristiek 4

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

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.39 Opgave 13-39



Welke karakteristiek behoort bij de MF-versterker van een 2-meter-band ontvanger?

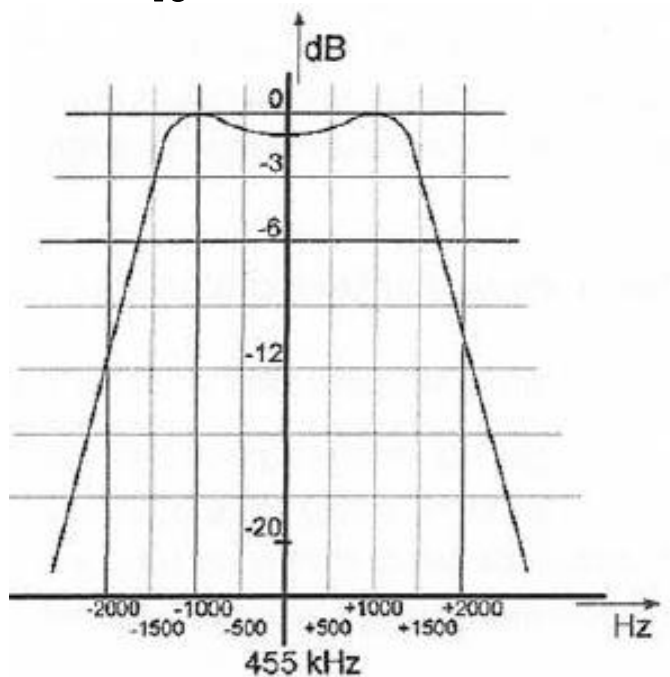
- A. Karakteristiek 4
- B. Karakteristiek 3
- C. Karakteristiek 1
- D. Karakteristiek 2

(F-examen mei 2011 (2), mei 2012 (1), augustus 2013, januari 2017, september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.40 Opgave 13-40



Een MF-versterker met deze frequentiecarakteristiek heeft een 3 dB-bandbreedte van:

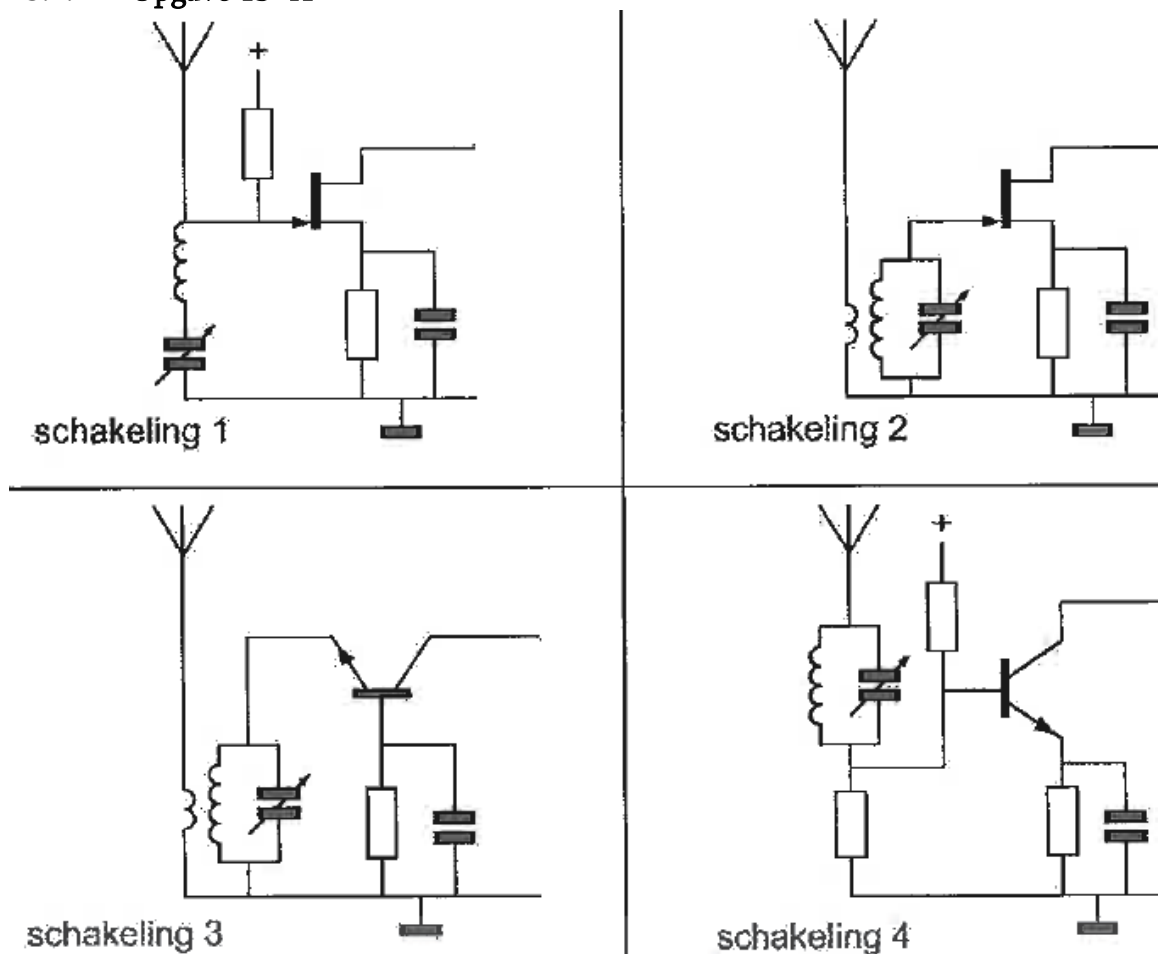
- A. 2000 Hz
- B. 3600 Hz
- C. 3000 Hz
- D. 4000 Hz

(F-examen mei 2019 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.41 Opgave 13-41



De beste schakeling voor de ingang van een hoogfrequentversterker is:

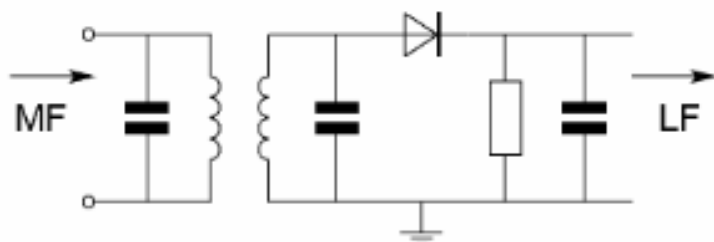
- A. Schakeling 1
- B. Schakeling 3
- C. Schakeling 2
- D. Schakeling 4

(F-examenoktober 2008 (1), juni 2010, maart 2011 (2), maart 2013, maart 2014, september 2015).

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.42 Opgave 13-42



Deze schakeling is een:

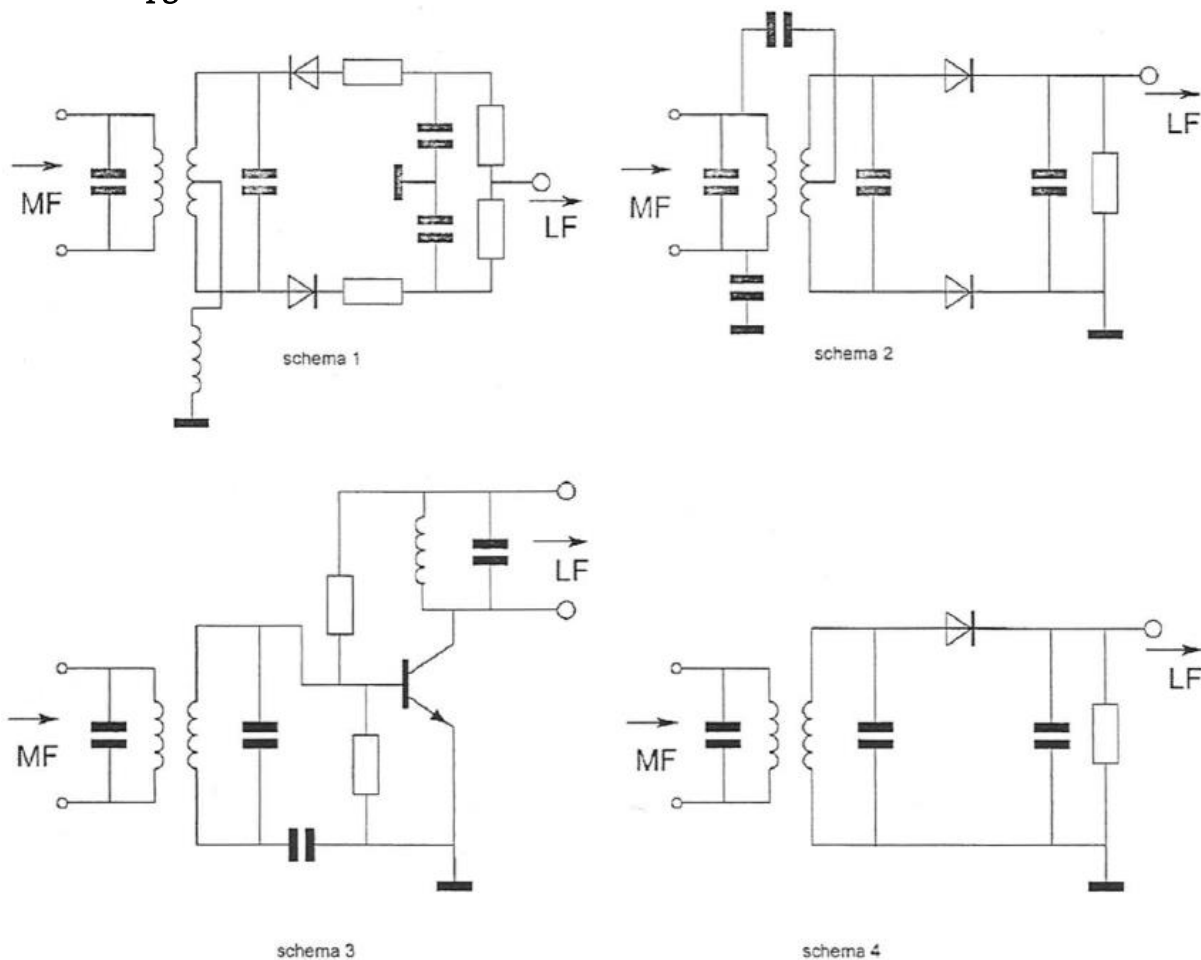
- A. FM-detector
- B. Begrenzer
- C. AM-detector
- D. Productdetector

(F-examen najaar 2005, september 2011 (2), mei 2012 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.43 Opgave 13-43



Welk schema stelt een AM-detector voor?

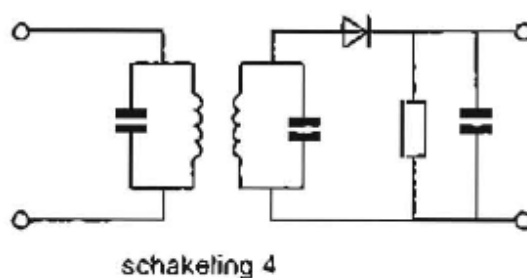
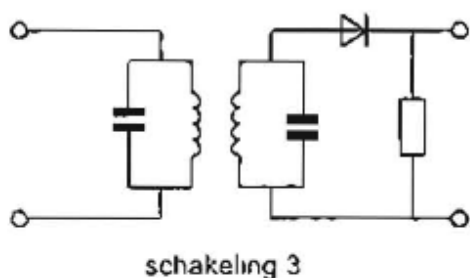
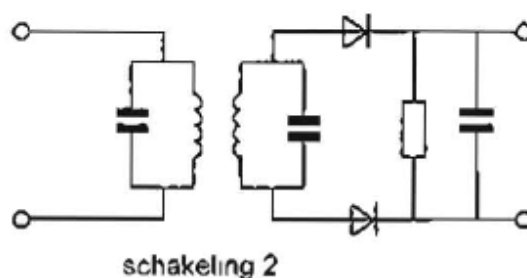
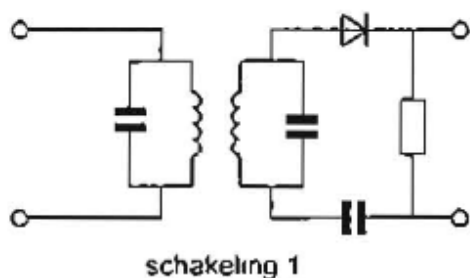
- A. Schema 3
- B. Schema 2
- C. Schema 4
- D. Schema 1

(F-examen september 2013 (1), mei 2018 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

13.4.44 Opgave 13-44

Als detector van een AM-ontvanger kan het best de volgende schakeling dienen:



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

(F-examen augustus 2013, maart 2019)

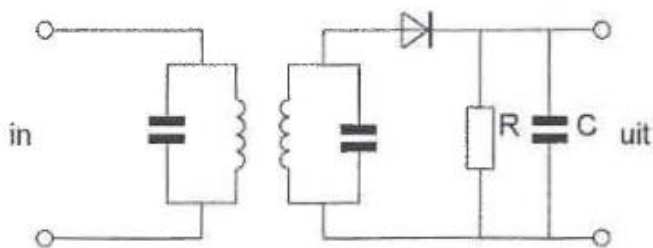
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.45 Opgave 13-45

In het uitgangssignaal van de AM-detector komt te veel middenfrequent signaal voor. Dit is te verbeteren door:

- A. Condensator C groter te maken
- B. De kringen te dempen
- C. De kringen op een lagere middenfrequentie af te stemmen
- D. De weerstand R groter te maken.



(F-examen februari 2010 (2)).

Tweede set antwoorden:

- A. De weerstand R kleiner te maken
- B. De condensator C groter te maken
- C. De kringen op een lagere middenfrequentie af te stemmen
- D. De kringen te dempen

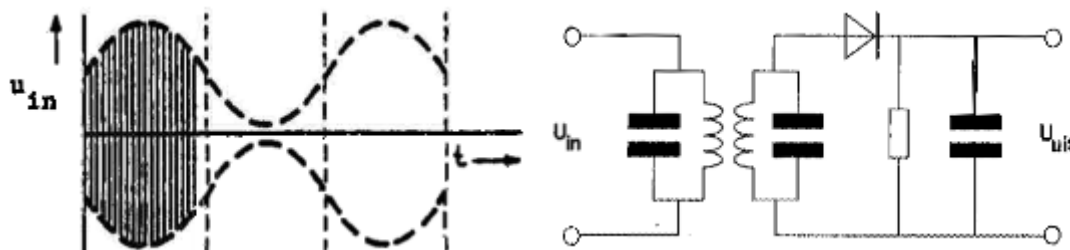
(F-examen september 2013 (1)).

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.46 Opgave 13-46

Deingangsspanning U_{in} is amplitude-gemoduleerd.

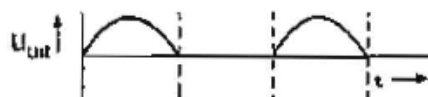


De uitgangsspanning U_{uit} is weergegeven in:

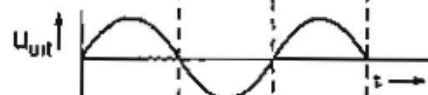
- A. Figuur 1
- B. Figuur 2
- C. Figuur 3
- D. Figuur 4

(F-examen voorjaar 2003, september 2011 (1))

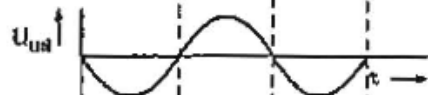
figuur 1



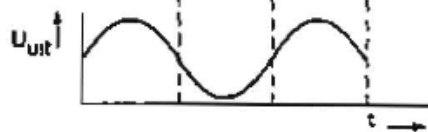
figuur 2



figuur 3



figuur 4



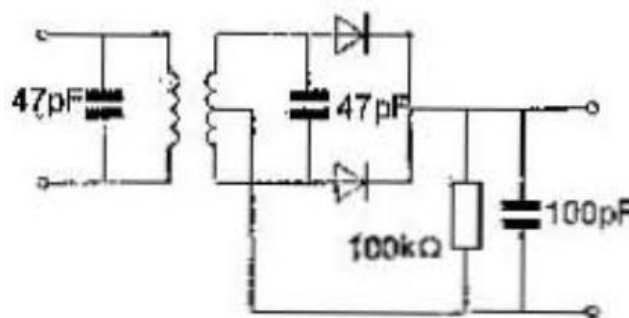
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



13.4.47 Opgave 13-47

De schakeling is een bijzondere uitvoering van:

- A. Een amplitudemodulatie-detector
- B. Een frequentie-discriminator
- C. Een fase-discriminator
- D. Een op het lichtnet aangesloten voedingsschakeling



(F-examen mei 2011 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.48 Opgave 13-48

Flankdetectie is een bijzondere toepassing van een:

- A. Diodedetector
- B. Product-detector
- C. Foster-Seeley detector
- D. Phase-locked-loop detector

(F-examen najaar 2002)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.49 Opgave 13-49

Flankdetectie wordt wel eens gebruikt om:

- A. FM-signalen hoorbaar te maken met een AM-ontvanger
- B. AM-signalen hoorbaar te maken met een FM-ontvanger
- C. EZB-signalen hoorbaar te maken met een FM-ontvanger
- D. CW-signalen hoorbaar te maken met een EZB-ontvanger

(F-examen voorjaar 2006)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.4.50 Opgave 13-50

Om EZB-signalen te detecteren, maakt men bij voorkeur gebruik van een

- A. Productdetector
- B. Anodedetector
- C. Diodedetector
- D. Foster-Seeley detector

(F-examen najaar 2006, augustus 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





13.5 Uitwerkingen



13.5.1 Uitwerking van Opgave 13-1

Het magnetische veld van een MF-spoel veroorzaakt hinder in nabijgelegen componenten. De beste maatregel hiertegen is om deze spoel

- A. Zonder spatie te wikkelen
- B. **Te voorzien van een aluminium bus.**
- C. In de gieten in kunsthars
- D. Aan één zijde te aarden

Uitwerking

Zoals bij elke andere spoel wordt ook bij een MF-spoel het magnetisch veld effectief afgeschermd met een geleidende bus om de spoel, in dit geval één van van aluminium.

Antwoord B is daarom goed.

Opmerking voor de spitsvondigen onder ons: er staat ten onrechte niet bij dat de bus *om* de spoel moet.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





13.5.2 Uitwerking van Opgave 13-2

Een ontvanger heeft een MF-bandbreedte van 6 kHz. De hoogste frequentie die na een detectie van een AM-sigitaal on vervormd wordt weergegeven is:

- A. 12000 Hz
- B. 6000 Hz
- C. 1000 Hz
- D. 3000 Hz

Uitwerking

AM heeft twee zijbanden aan weerskanten van de draaggolf, beide met dezelfde informatie-inhoud. Een toon van 3000 Hz maakt twee zijbanden van 3000 Hz breed. Dat is samen 6000 Hz is 6 kHz. De hoogste toon (frequentie) die on vervormd kan worden gedetecteerd na een 6 kHz breed MF-filter is dan ook 3000 Hz, dus de helft. Dat is antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





13.5.3 Uitwerking van Opgave 13-3

Een amplitude-gemoduleerde zender wordt gemoduleerd met twee sinusvormige signalen van 3 en 6 kHz. Een ontvanger die deze signalen met een AM -detector zonder vervorming kan ontvangen moet een bandbreedte hebben van minimaal:

- A. 18 kHz
- B. 6 kHz
- C. 12 kHz**
- D. 9 kHz

Uitwerking:

De bandbreedte van een AM-sigitaal is 2x de hoogste modulatiefrequentie. Oorzaak: elke modulatiefrequentie heeft een aandeel in beide zijbanden ter breedte van diezelfde modulatiefrequentie. Dat wordt dan draaggolffrequentie plus modulatiefrequentie en draaggolffrequentie min modulatiefrequentie. Verschil: 2x de modulatiefrequentie.

Omdat hier de hoogste te ontvangen frequentie 6 kHz is, moet de bandbreedte in de ontvanger minstens 2x 6 kHz is 12 kHz bedragen. Dat is antwoord C.

Opmerking

De 3 kHz is overbodige informatie omdat de 6 kHz bepalend is voor de uitkomst.

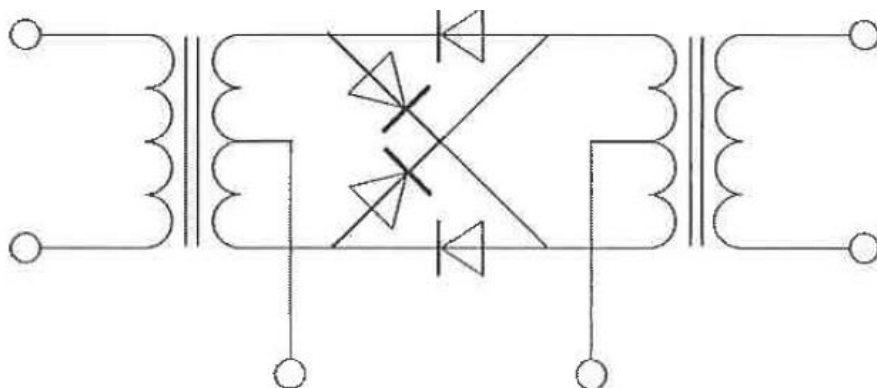


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.4 Uitwerking van Opgave 13-4



De schakeling stelt voor een

- A. Frequentiediscriminator
- B. Balansmodulator**
- C. Dubbelfasige gelijkrichter
- D. Spanningverdubbelaar

Uitwerking

De getekende schakeling heeft links een ingang waarop een LF-sigitaal komt en onder één voor de draaggolf. Rechts zit een uitgang voor een sigitaal met onderdrukte draaggolf, DZB dus. Dat betekent dat we hier te maken hebben met een balansmodulator die ook wel ringmodulator wordt genoemd, vanwege de rondlopende diodeschakeling. Dat wordt dus antwoord B

Opmerking. Dat het geen dubbelfasige gelijkrichter is, is te zien aan de twee trafo's die aan de diodeschakeling hangen, maar ook aan het feit dat je een rondlopende stroom door de dioden kunt bedenken die niet wordt gestopt door een in tegengestelde richting geschakelde diode (zie cursushoofdstuk 12)



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.5 Uitwerking van Opgave 13-5**

De meest geschikte bandbreedte voor een HF-amateurontvanger die gebruikt wordt voor EZB-telefonie-ontvangst, bedraagt

- A. 400 Hz
- B. 15 kHz
- C. 7,5 kHz
- D. 2,4 kHz

Uitwerking

Voor de bandbreedte van zo'n ontvanger wordt meestal 2,4 kHz aangehouden. De hoogste te moduleren frequentie is dan 2,7 kHz, de laagste 300 Hz. Verschil: $2400 \text{ Hz} = 2,4 \text{ kHz}$.

Dat is antwoord D. Je komt ook wel eens 2700 Hz ($3000 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz}$) tegen, maar die staat niet in het rijtje.

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



13.5.6 Uitwerking van Opgave 13-6

De gebruikelijke bandbreedte van een amateur EZB-telefoniesignaal is

- A. 2 à 3 kHz
- B. 500 Hz
- C. 1 kHz
- D. 12 à 15 kHz

Uitwerking

Voor EZB op een amateurfrequentie moet men rekenen op een bandbreedte van 2400 of 2700 Hz. Dat betekent dat antwoord A goed is.

Opmerking

Antwoord D zou je kunnen verwachten bij een vraag over FM of PM, niet bij EZB.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





13.5.7 Uitwerking van Opgave 13-7

Een superheterodyneontvanger ontvangt een FM-signaal met een frequentiezwaai van 3 kHz. De zwaai in de middenfrequentversterker is

- A. Afhankelijk van de oscillatorfrequentie
- B. 1,5 kHz
- C. **3 kHz**
- D. 6 kHz

Uitwerking

In een super wordt elke ontvangen draaggolffrequentie omgezet naar middenfrequentie. De middenfrequentie is gelijk aan het verschil tussen oscillatorfrequentie en ontvangen frequentie.

Ook als een frequentie met zwaai wordt ontvangen, blijft de oscillatorfrequentie dezelfde. Dit betekent dat de zwaai op de middenfrequentie net zo groot is als die op de ontvangen frequentie. Die was 3 kHz en blijft 3 kHz. Antwoord D.

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



13.5.8 Uitwerking van Opgave 13-8

Als het uitgangsvermogen van een zender met een factor 4 vergroot wordt, dan behoort de S-meteraanwijzing van een ontvanger die op de zender afgestemd is, toe te nemen met

- A. 4 dB
- B. 3 dB
- C. 6 dB
- D. 2 dB

Uitwerking

Een S-meter meet weliswaar spanning, maar de afleesschaal geeft vermogen. Dat kan probleemloos, want vermogen is evenredig met het kwadraat van de spanning. Dat is een kwestie van het op de juiste plaats op de afleesschaal zetten van de af te lezen cijfers. De afleesschaal is vrijwel altijd logaritmisch en daarmee in zogenoemde S-punten ofwel dB.

Als het vermogen van een zender wordt vergroot, wordt het ontvangen (mini-)vermogen net zoveel vergroot. In dit geval wordt 4x zoveel vermogen ontvangen. In dB is dat $10 \log 4 = 6$ dB. Antwoord C.

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



13.5.9 Uitwerking van Opgave 13-9

Bij een ingangsspanning van 1 microvolt bedraagt de signaal/ruisverhouding aan de uitgang van een ontvanger 20 dB. Dit gegeven geeft een beeld van de:

- A. Veraf-selectiviteit van de ontvanger
- B. Stabiliteit van de ontvanger
- C. Spiegelonderdrukking van de ontvanger
- D. Gevoeligheid van de ontvanger**

Uitwerking

Veraf-selectiviteit geeft een idee van de mate van onderdrukking van spiegelfrequenties en eventuele andere frequenties die na menging buiten de doorlaat van het MF-systeem vallen. Dat heeft niets te maken met signaalspanningen en signaal-ruisverhoudingen. Daarmee vallen de antwoorden A en C af.

Ook de stabiliteit van de ontvanger heeft daar niets mee van doen. Exit antwoord B.

Dan blijft D over. En inderdaad zegt dit iets over de gevoeligheid van de ontvanger. Het is een koud kunstje om een signaal flink te versterken, maar als het eind van het liedje meer ruis dan signaal is, maakt de ontvanger zoveel ruis bij, dat hij daarmee als het ware het ontvangen signaal overschreeuwt. Als op de signaaluitgang de signaal/ruisverhouding 20 dB is, dan is de vermogensverhouding 20 dB is 10^2 keer zoveel signaalvermogen dan ruisvermogen. Dan is het ontvangen signaal goed te verstaan. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.10 Uitwerking van Opgave 13-10**

Een signaalsterkte wordt gerapporteerd als “S9 plus 20 dB”.

Indien van de beluisterde zender het vermogen wordt gereduceerd van 150 W naar 15 W, dan behoort het signaalsterkterapport te zijn

- A. S-9
- B. S-9 plus 10 dB**
- C. S-9 plus 20 dB
- D. S-9 plus 30 dB

Uitwerking

De verandering in signaalsterkte bij de ontvanger is evenredig met de verandering van het zendvermogen, dus

$$10 \log \frac{15}{150} = -10 \text{ dB}$$

S-9 plus 20 dB wordt dan S9 plus 20 dB min 10 dB, dat is S9 plus 10 dB. Antwoord B.

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



13.5.11 Uitwerking van Opgave 13-11

Een ontvangen signaalsterkterapport is “S-9 plus 20 dB”. Indien van de beluisterde zender het vermogen wordt verhoogd van 4 naar 400 W, dan behoort het signaalsterkterapport te veranderen in:

- A. S-9 plus 10 dB
- B. S-9 plus 30 dB
- C. S-9 plus 40 dB
- D. S-9

Uitwerking

We berekenen eerst hoeveel dB een vermogensvergroting van 4 naar 400 W is. Dat is:

$$10 \log \left(\frac{400}{4} \right) = 10 \log(100) = 20 \text{ dB}$$

Als de output van de zender met 20 dB omhooggaat, gebeurt hetzelfde met de input van de ontvanger. Het signaalsterkterapport van S-9 plus 20 dB moet daarom ook met 20 dB worden verhoogd. Dat betekent “S-9 plus 40 dB”. Antwoord C.

Opmerking

De gegeven signaalsterkten zijn aan de grote kant. In dit geval zou je in de praktijk eerder terugregeling van 400 naar 4 W verwachten. In hoofdstuk 19 behandelen we gedragsregels in het amateurverkeer waarin onder meer het gebruik van niet meer vermogen dan nodig wordt bepleit.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





13.5.12 Uitwerking van Opgave 13-12

Een gevoelige CW-ontvanger voor de 28 MHz band heeft omschakelbare middenfrequent filters. Als de middenfrequent bandbreedte wordt omgeschakeld van 500 naar 1000 Hz, dan zal het ruisvermogen aan de ingang van de productdetector:

- A. Gelijk blijven
- B. Verdubbelen**
- C. Halveren
- D. Verviervoudigen

Uitwerking

Als de bandbreedte wordt verdubbeld, zoals hier van 500 Hz naar 1000 Hz, dan krijgt de ontvanger over de nieuwe bandbreedte ruis te verwerken. Dubbele bandbreedte betekent eenvoudig dubbel ruisvermogen. Antwoord B is daarom het juiste.

Opmerking

In deze uitwerking is ervan uitgegaan dat er tussen filter en productdetector door de schakeling niet noemenswaard ruis aan het signaal wordt toegevoegd. Is dat toch het geval, dan zal het ruisvermogen aan de ingang van de productdetector weliswaar toenemen, maar niet verdubbelen. Minpuntje voor de bedenker van de vraag, vindt uw schrijver.

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



13.5.13 Uitwerking van Opgave 13-13

Een HF-ontvanger met doorlaatbandbreedte van 300 Hz ontvangt een CW-sigitaal (A1A). De sigitaal/ruisverhouding aan de uitgang bedraagt 20 dB. Als de doorlaatbandbreedte wordt overgeschakeld naar 3000 Hz, wordt bij gelijkblijvende versterking de sigitaal/ruisverhouding

- A. Ongewijzigd
- B. Kleiner**
- C. Is niet te bepalen
- D. Groter

Uitwerking

Als de bandbreedte wordt vertienvoudigd, wordt het ruisvermogen direct na het filter ook 10x zo groot. Omdat we niet weten wat er na het filter verder in de ontvanger gebeurt, kunnen we niet zeggen hoe het gaat met de sigitaal/ruisverhouding verderop in de ontvanger, want de rest van de schakeling produceert ook ruis. Wat we wel kunnen zeggen, is dat de sigitaal/ruisverhouding kleiner wordt, want er komt hoe dan ook meer ruis. Dat is antwoord B

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

**13.5.14 Uitwerking van Opgave 13-14**

Het uitgangssignaal van een HF-telefonie-ontvanger heeft bij ontvangst van een EZB-sig-naal een signaal/ruisverhouding van 20 dB. Om de uitgangsspanning te verhogen, wordt de versterking van de LF-versterker 6 dB vergroot. De gemiddelde signaal-ruisverhouding aan de uitgang is nu:

- A. 14 dB
- B. 20 dB**
- C. 6 dB
- D. 26 dB

Uitwerking

Dit is een schoolvoorbeeld van een strikvraag. Een versterker kent geen verschil tussen ruis en signaal. Die versterkt eenvoudig wat hem wordt aangeboden. Het signaal wordt 6 dB versterkt en de ruis ook. De signaal/ruisverhouding blijft daarom met of zonder versterking gelijk. Die was 20 dB en blijft 20 dB. Antwoord B dus.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





13.5.15 Uitwerking van Opgave 13-15

De gevoeligheid van een FM-ontvanger voor de 2-meterband wordt uitgedrukt in het aantal microvolt aan de ingang, nodig om:

- A. De ruis volledig te onderdrukken
- B. 1 watt audio-uitgangsvermogen te bereiken
- C. Een uitslag S9 op de S-meter te verkrijgen
- D. Een bepaalde signaal/ruisverhouding te bereiken**

Uitwerking

We lopen voor de verandering alle antwoorden maar eens langs.

Antwoord A lijkt zinnig, maar de ruis hoeft niet volledig te worden onderdrukt om een verstaanbaar signaal te krijgen. De verwarring die hier kan ontstaan komt door de squelch die door het signaal wordt opengestuurd en dan meestal een redelijk ruisarm signaal doorlaat. Echter: het signaalniveau waarop dat gebeurt, is met de hand instelbaar, hangt dus af van de luimen van de luisteraar en heeft daarom niet zoveel met de eigenschappen van de ontvanger van doen.

Antwoord B is onzinnig, of zou dit een nieuwe wet van het voorgeschreven audio-uitgangsvermogen zijn?

Antwoord C is ook onzinnig. Hoe kun je een zinvol S-rapport geven als de S-meter altijd op S9 staat?

Antwoord D moet het dus wel zijn. En jawel, bij die ingangsgevoeligheid hoort een getal voor de bijbehorende signaal-ruisverhouding. Antwoord D dus.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.16 Uitwerking van Opgave 13-16**

Om de aanwijzing van de S-meter van een ontvanger met ongeveer 6 dB te laten toenemen, moet het uitgangsvermogen van de zender waarop is afgestemd, worden vergroot met een factor

- A. 4
- B. 6
- C. 2
- D. 3

Uitwerking

De output van de zender (in dB) is evenredig met de aanwijzing van de S-meter van de ontvanger, zolang er verder niets verandert. De vraag is daarom terug te brengen tot “6 dB staat voor een factor hoeveel?”

Dat is op te schrijven als een vergelijking met x als de factor:

$$10 \log(x) = 6 \rightarrow \log(x) = 0,6$$

De te stellen vraag is nu: van welk getal x is 0,6 de logaritme? Antwoord: $x = 4$. Dat is antwoord A.

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



13.5.17 Uitwerking van Opgave 13-17

Het ruisgetal van een UHF-ontvanger is,

- A. Evenredig met het kwadraat van de bandbreedte
- B. Evenredig met de bandbreedte
- C. Omgekeerd evenredig met de bandbreedte
- D. **Onafhankelijk van de bandbreedte**

Uitwerking

Het ruisgetal F van een ontvanger of een HF-versterker is de signaal/ruisverhouding (SNR) aan de uitgang gedeeld door die aan de ingang, ofwel hieronder uitgewerkt tot

$$F = \frac{S_{in}}{N_{in}} : \frac{S_{uit}}{N_{uit}} = \frac{S_{in}}{N_{in}} \frac{N_{uit}}{S_{uit}}$$

Met bandbreedte heeft dat niets te maken. Antwoord D.

Opmerkingen

De omschrijving “UHF-ontvanger” is geheel overbodig. De uitwerking geldt voor elke ontvanger of hoogfrequentversterker, ongeacht het frequentiegebied.

Bij de behandeling van het ruisgetal F in de uitgebreide cursustekst hebben we het waarom besproken. F is bedoeld als bandbreedte-onafhankelijke kwaliteitsmaatstaf voor ontvangers.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.18 Uitwerking van Opgave 13-18**

Van een UHF-ontvanger, bedoeld voor inbouw in een satelliet, wordt het ruisgetal bij kamertemperatuur gemeten. Na lancering blijkt het ruisgetal te zijn veranderd. Het ruisgetal na lancering is:

- A. Lager door de lagere temperatuur in de ruimte
- B. Lager door de grote afstand tot aardse stoorbronnen
- C. Hoger door de hogere temperatuur in de ruimte
- D. Hoger omdat de voeding wordt verkregen door zonnecellen

Uitwerking

Dit moet je maar net weten. De satelliet komt buiten de atmosfeer terecht, anders zou hij daarin binnen de kortste keren verbranden. Een verbrande zender zendt niets uit. Buiten de atmosfeer is de satelliet gedurende gemiddeld de helft van zijn omloop om de aarde -als hij al om de aarde draait en niet om een ander hemellichaam- blootgesteld aan veel heftiger zonnestraling dan we op het aardoppervlak gewend zijn, maar hij zou misschien in de schaduw van de satelliet kunnen blijven. De andere helft van de baan van de satelliet ligt in de schaduw van de aarde en daar koelt de satelliet sterk af.

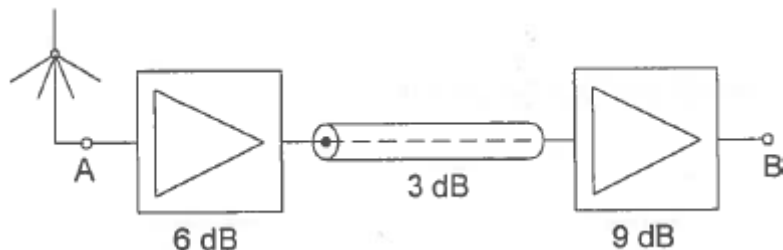
Gemiddeld zal de ontvanger daarom waarschijnlijk bij lagere temperatuur zijn werk doen dan bij kamertemperatuur en een lager ruisgetal hebben, maar dat is uit de gegevens niet met zekerheid af te leiden. Het omgekeerde trouwens ook niet. Antwoord A zal het dan wel zijn, maar overtuigend? Nou nee...

Opmerking

Dit is geen vraag voor een zendexamen vindt uw schrijver, want je moet er ook enige basiskennis van fysica van het heelal en ruimtevaart voor hebben. Leuk voor geïnteresseerden in astronomie en ruimtevaart.

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

13.5.19 Uitwerking van Opgave 13-19



De totale versterking tussen A en B is:

- A. 12 dB
- B. 15 dB
- C. 162 dB
- D. 18 dB

Uitwerking

De linker versterker versterkt 6 dB. De coaxiale kabel kan niet versterken, dus die moet 3 dB verzwakken, al staat er geen minteken bij (test op begrijpen van wat je doet). De rechterversterker versterkt 9 dB. Dan hebben we alle ingrediënten voor de optelsom bijeen:

$6 \text{ dB} - 3 \text{ dB} + 9 \text{ dB} = 12 \text{ dB}$. Antwoord A.

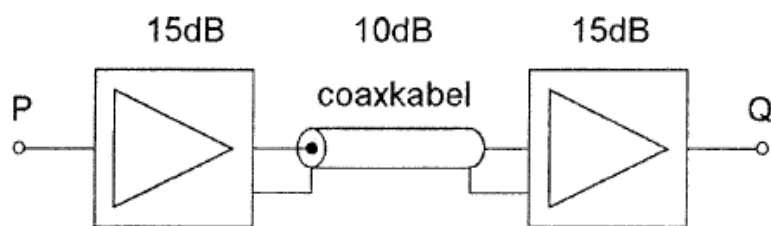


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.20 Uitwerking van Opgave 13-20



De totale versterking tussen P en Q is:

- A. 10 dB
- B. 30 dB
- C. 20 dB
- D. 40 dB

Uitwerking

De linker versterker versterkt 15 dB. Een coaxkabel versterkt niet, maar verzwakt. De 10 dB erboven moet dus een minteken hebben. De rechter versterker versterkt 15 dB. Daarmee hebben we de optelling: $15 \text{ dB} - 10 \text{ dB} + 15 \text{ dB} = 20 \text{ dB}$. Dat is antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.21 Uitwerking van Opgave 13-21**

De gebruikelijke waarde van een afstemcondensator voor kortegolftoepassingen is:

- A. 1 pF
- B. 10 nF
- C. 1 μ F
- D. 100 pF

Uitwerking

Dit is een praktijkvraag, een weetje. Hoe hoger de frequentie, des te kleiner de toegepaste condensator. Voor de middengolf (in Europa 531 kHz tot 1602 kHz) praat je over ongeveer 500 pF. Op de korte golf, grofweg 2-30 MHz, is die capaciteit gemakkelijk een factor 5 kleiner. Dan kom je uit bij antwoord D.

Opmerking

De verschillen tussen de waarden in de antwoorden zijn niet voor niets zo groot (een factor 100). Dan kan er geen misverstand ontstaan over de juiste capaciteitswaarde.



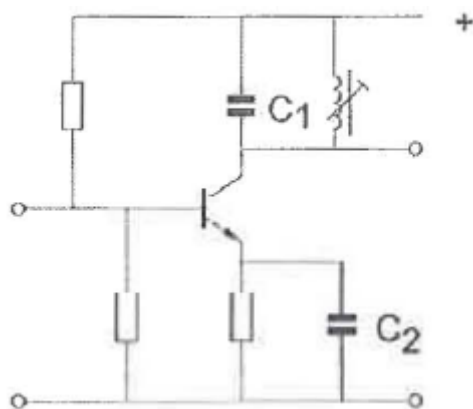
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.22 Uitwerking van Opgave 13-22

De versterkertrap werkt op 145 MHz.



Wat is juist?

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

Uitwerking

Dit is een praktijkvraag, een weetje. Op een frequentie van 145 MHz vind je in een versterker geen hoge condensatorwaarde. Hoe hoger de frequentie die er doorheen moet, des te kleiner zijn de toegepaste condensatoren. Dan vallen elektrolytische condensatoren (elco's) onmiddellijk af. Bovendien zijn ze te traag voor hoge frequenties als deze. Ze kunnen ook niet bij wisselspanning worden gebruikt.

Het bezwaar van te hoge capaciteit voort deze toepassing geldt in mindere mate ook voor kunststof-condensatoren. Die vind je over het algemeen in de nF-waarden. Keramische condensatoren zijn er wel in kleine waarden. Bovendien is het keramisch diëlektricum vaak verliesarm, wat bij hoge frequenties als 145 MHz van belang is. Als we met deze wetenschap het rijtje langslopen, dan is antwoord C het enige antwoord met twee keer een keramische condensator. Dat moet dus het juiste antwoord zijn.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





13.5.23 Uitwerking van Opgave 13-23

In het afvlakfilter van een netspanninggevoede ontvanger dienen de afvlakcondensatoren een waarde te hebben van ongeveer

- A. 1000 nanofarad
- B. 1000 picofarad
- C. **1000 microfarad**
- D. 1000 farad

Uitwerking

Voor lage frequenties als 50 of 100 Hz (na dubbelfasige gelijkrichting) is al gauw een aantal honderden μF nodig voor een behoorlijke afvlakking. Dan komt antwoord C het dichtst in de buurt. A en B zijn te laag, antwoord D te hoog en onpraktisch, want zulke condensatoren zijn gewoon niet gangbaar. Wie zo'n ding aankoppelt, moet er 1000 coulomb in stoppen voor elke volt spanningsverhoging. Bedenk dat 1 A gelijk is aan 1 coulomb per seconde.....

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



13.5.24 Uitwerking van Opgave 13-24

Een MF-spoel wordt met litzedraad in plaats van met massief draad gewikkeld, om:

- A. De temperatuurcoëfficiënt te verkleinen
- B. De vulfactor te vergroten
- C. De koperverliezen te verkleinen**
- D. De parasitaire capaciteit te verkleinen

Uitwerking

Hoe hoger de frequentie, des te meer mijdt de stroom het binnenste van een draad en wijkt hij uit naar het oppervlak van de geleider. Dat heet *huideffect* of *skin effect*. Litzedraad bestaat uit een groot aantal dunne onderling geïsoleerde draden. Door het gebruik van litze is er een groter oppervlak ("huid"). Zo wordt de weerstand voor HF-stromen verkleind. Het gevolg is dat er minder vermogensverlies ("koperverlies") optreedt. Antwoord C.

De andere antwoorden hebben eigenlijk niets om het lijf.

Opmerkingen

Voor hoge frequenties wordt in spoelen ook wel verzilverd draad gebruikt. Zilver heeft een lagere soortelijke weerstand dan koper. Verzilveren van koperdraad dient daarom eenzelfde doel als litze.

In het GHz-gebied wordt ook gebruik gemaakt van holle "draad" die meestal *golfpijp* wordt genoemd.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





13.5.25 Uitwerking van Opgave 13-25

Een varicap wordt meestal gebruikt voor

- A. Het regelen van de versterking
- B. Het stabiliseren van de voedingsspanning
- C. Signaaldetectie in een AM-ontvanger
- D. **Het moduleren van een FM-zender**

Uitwerking

Een varicap is een capaciteitsdiode. De capaciteit is afhankelijk van de spanning erover (vanzelfsprekend in sperrichting). Daarmee vallen eigenlijk de antwoorden A en B af. Het is moeilijk voor te stellen hoe je versterking regelt of een voedingsspanning stabiliseert met een spanninggestuurde condensator, want dat is een varicap. AM-detectie zou in theorie kunnen, maar daarvoor is een gewone diode goed genoeg. FM-moduleren ligt dan ook het meest voor de hand (er staat niet voor niets “meestal”), want door een audiospanning op te tellen bij de sperspanning, kun je met een varicap in de afgestemde oscillatorkring de frequentie van een oscillator met de audiospanning laten variëren. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





13.5.26 Uitwerking van Opgave 13-26

Een capaciteitsdiode (varicap) wordt vaak gebruikt om

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

Uitwerking

Kijk desgewenst nog even terug bij Opgave 13-25. Die lijkt hier nogal op.

Met een spanninggestuurde condensator variëer je geen stroom. Het deel “vari” in de naam zou dat kunnen suggereren, maar een examenkandidaat die zijn zaakjes kent, weet wel beter. Het verstemmen van een oscillator lukt met een varicap heel goed. Dat duidt op antwoord B.

Toch maar even langs de andere antwoorden, je weet maar nooit. Een spanning constant houden doe je wel met een diode, maar dat is een zenerdiode. Exit antwoord C. Een signaal gelijkrichten zou in theorie met een varicap wel kunnen, maar daarvoor gebruik je een gewone signaaldiode. Let op het woordje “vaak” in de vraag! Ook D vervalt daarom en antwoord B blijft over.



Terug naar de opgave

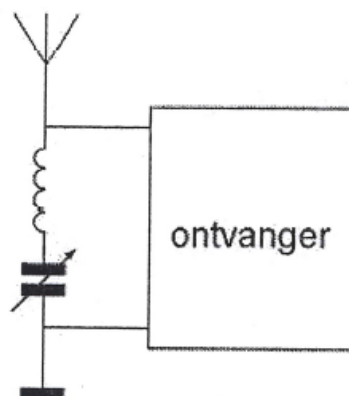
Naar de volgende opgave



13.5.27 Uitwerking van Opgave 13-27

Deze LC-kring, parallel aan de ingang van een ontvanger, dient om:

- A. De bandbreedte van de ontvanger te verkleinen
- B. De versterking van de ontvanger te vergroten
- C. **Een storend signaal uit te filteren**
- D. De bandbreedte van de ontvanger te vergroten

**Uitwerking**

Dit is een seriekring die op zijn resonantiefrequentie een impedantie heeft die dicht bij 0 ligt. Op die manier kan een ongewenst signaal worden weggefilterd. De kring is afstembaar, zodat een storend signaal niet op één vaste frequentie hoeft te zitten.

Antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.28 Uitwerking van Opgave 13-28**

De hoogfrequentverliezen van een condensator zijn het kleinst indien als diëlektricum wordt toegepast:

- A. Olie
- B. Plastic folie
- C. Polystyreen
- D. Lucht**

Uitwerking

Het beste diëlektricum voor hoogfrequenttoepassing is vacuüm (luchtledig), gevolgd door lucht. Bij de keuzemogelijkheden in de opgave wint dan ook antwoord D.

Opmerking

Een goed diëlektricum voor hoogfrequenttoepassingen is ook mica (een mineraal). Sommige keramische condensatortypen werken ook goed, maar soms kunnen ze flinke temperatuurcoëfficiënten hebben. Voor hoogfrequent ontkoppeldoelinden zijn ze altijd goed.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





13.5.29 Uitwerking van Opgave 13-29

Om een ontvanger zo te verbeteren dat hij zwakke signalen beter hoorbaar maakt, moet men zorgen dat hij:

- A. Intern minder ruis opwekt
- B. Meer audiovermogen krijgt
- C. Nauwkeuriger kan worden afgestemd
- D. Een betere HF-versterkingsregeling krijgt

Uitwerking

De ondergrens van de signaalsterkte die een ontvanger nog kan omzetten naar iets hoorbaars, wordt bepaald door de ruis die met het ingangssignaal meekomt en de ruis die de ontvanger zelf opwekt. Een HF –versterker van een ontvanger moet een zeer klein signaal (enkele μV of minder) dat dicht bij de ruis ligt, versterken om toe te voegen aan de mengtrap die de frequentie omlaag mixt naar MF.

Een te grote HF versterking heeft tot gevolg dat de mengtrap niet alleen gevoed wordt met het ontvangen signaal, maar ook met veel ruis en storende signalen. De ruis kan afkomstig zijn uit de HF versterker die zelf ruis produceert, nog los van de grootste bijdrage aan ruis, die van de mengtrap zelf.

Dat leidt tot antwoord A, ook omdat audiovermogen, afstemming en HF-versterkingsregelingen aan de hoeveelheid ruis niets veranderen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





13.5.30 Uitwerking van Opgave 13-30

De HF-versterkertrap van een superheterodyne-ontvanger dient een versterking te hebben die:

- A. Zo hoog mogelijk is
- B. Afhangt van de bandbreedte van de MF-versterker
- C. **Zwakke signalen te versterken tot boven het ruisniveau van de mengtrap**
- D. Voldoende is om zwakke signalen te versterken tot boven het ruisniveau aan de ingang van de ontvanger.

Uitwerking

De HF-versterker moet een heel klein signaal, denk aan een of enkele μV , dat dicht bij de ruis aan de ontvangeringang zit, een stukje versterken om dat signaal niet ten onder te gaan in de ruis die een mengtrap nu eenmaal produceert

Een zo hoog mogelijke versterking heeft geen zin omdat de ruis die met het signaal meekomt, ook wordt versterkt. Als ruis eenmaal in een signaal zit, helpt versterken nu eenmaal niet om van die ruis af te komen.

Antwoord C is dan ook het juiste antwoord.

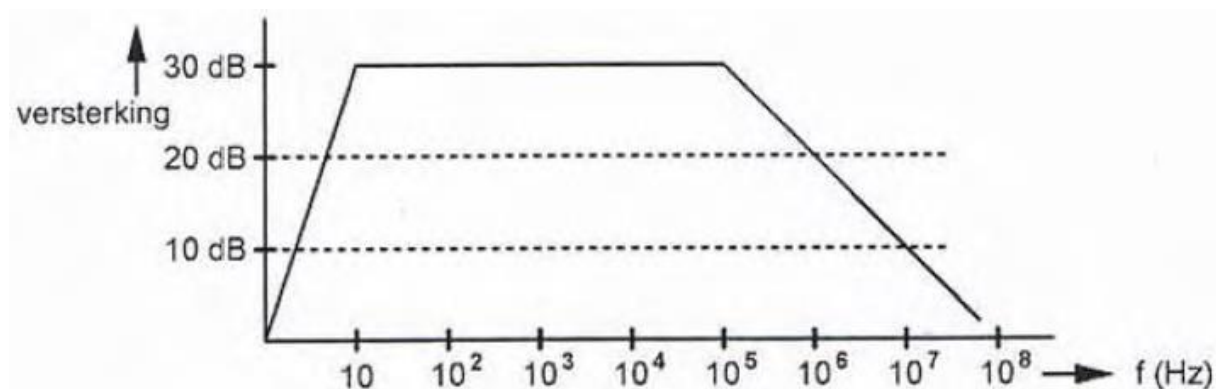


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.31 Uitwerking van Opgave 13-31



Een versterker heeft de gegeven amplitude-frequentie karakteristiek. De versterker is ontworpen als:

- A. VHF-versterker op 100 MHz
- B. LF-versterker**
- C. Versterker voor alle frequenties tot 100 MHz
- D. HF-versterker op 10 MHz

Uitwerking

Dit is vooral een kwestie van grafiek lezen. De frequentie karakteristiek loopt vlak van 10 Hz tot 10^5 Hz = 100 kHz. Daarmee vervallen alle antwoorden met een hogere frequentie, dat zijn A, C en D. Blijft over de LF-versterker. Die is aan de bovengrens wat ruim bemeten, want het menselijk gehoor komt niet hoger dan 20 kHz. Maar niettemin: antwoord B is het enige dat past.

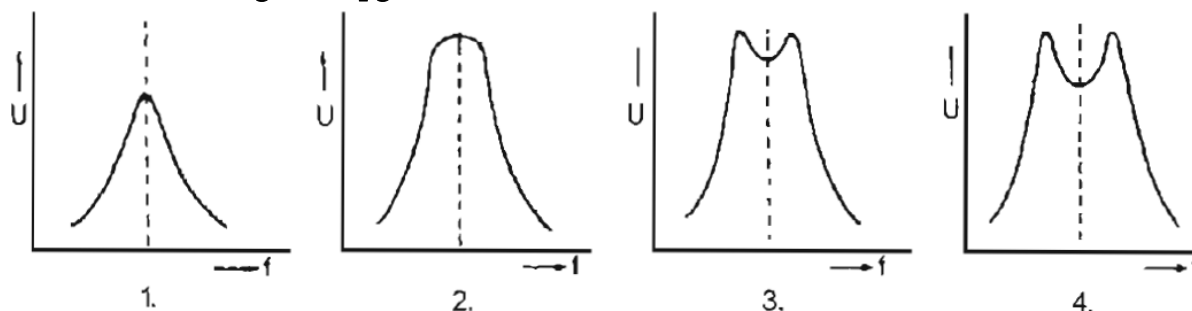


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.32 Uitwerking van Opgave 13-32



Twee kringen van een bandfilter zijn onderkritisch gekoppeld. De spanning U over de secundaire als functie van de frequentie wordt gegeven door:

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

Uitwerking

De spanning over de secundaire is hetzelfde als de uitgangsspanning van het (inductief gekoppelde) bandfilter. Als de koppeling onderkritisch is, heeft de doorlaatcurve geen of nagenoeg geen vlakke top. Aan die voorwaarde voldoet afbeelding 1 en dat is antwoord B.

Opmerking

De curve van afbeelding 2 is die van een kritisch gekoppeld filter; 3 en 4 zijn, gezien de “oortjes”, overkritisch gekoppeld.

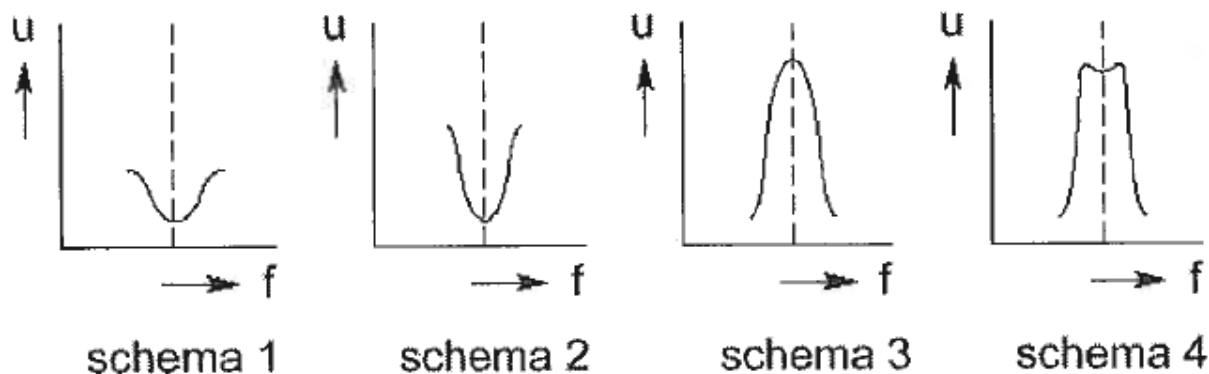


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.33 Uitwerking van Opgave 13-33



De spanning U over de secundaire van twee overkritisch gekoppelde kringen, als functie van de frequentie, is gegeven door:

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

Uitwerking

Een overkritisch gekoppelde kring herken je aan de “oortjes” van de doorlaatkarakteristiek. In de afbeelding is er maar één met oortjes en dat is schema 4. Antwoord D dus.

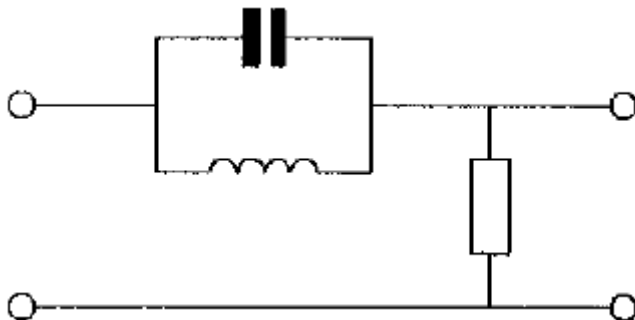


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.34 Uitwerking van Opgave 13-34



Dit is het schema van een

- A. Laagdoorlatend filter
- B. Banddoorlatend filter
- C. **Bandsperrend filter**
- D. Frequentie-onafhankelijke verzwakker

Uitwerking

De uitgang van het filter is een frequentie-onafhankelijke weerstand. Het filterende deel is een parallelle LC-kring. Die is op zijn resonantiefrequentie (zeer) hoogohmig. Dat maakt op en nabij de resonantiefrequentie samen met de weerstand een verzwakker. Zowel boven als onder de resonantiefrequentie vermindert de verzwakkende werking van het filter met toenemend verschil met de resonantiefrequentie. Daarmee is het een bandsperfilter. Antwoord C.

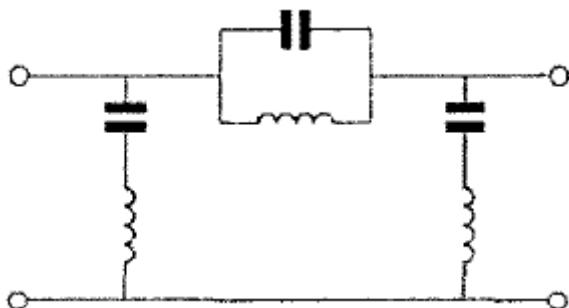


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.35 Uitwerking van Opgave 13-35



Dit netwerk is een:

- A. Laagdoorlaatfilter
- B. Banddoorlaatfilter
- C. Hoogdoorlaatfilter
- D. **Bandsperfilter**

Uitwerking

Het netwerk bestaat van links naar rechts uit een LC-seriekring, een LC-parallelkring en weer een LC-parallelkring. Er wordt niet bij verteld of die drie kringen allemaal op dezelfde frequentie resoneren. Uit de vier antwoorden valt op te maken dat ze in elk geval samenwerken als filter; filteren voor 3 frequenties staat er niet bij en dus mogen we aannemen dat het om één en dezelfde frequentie gaat.

Nu kunnen we verder. De twee seriekringen zijn zuigkringen en de parallelkring bovenin spert op zijn resonantiefrequentie en ook nog min of meer vlak ernaast (afhankelijk van Q , maar die is niet gegeven). Hier wordt een smal frequentiebandje tegengehouden en naar de nulleiding gedirigeerd. Kortom, dit is een behoorlijk effectief bandsperfilter. Dat betekent antwoord D.

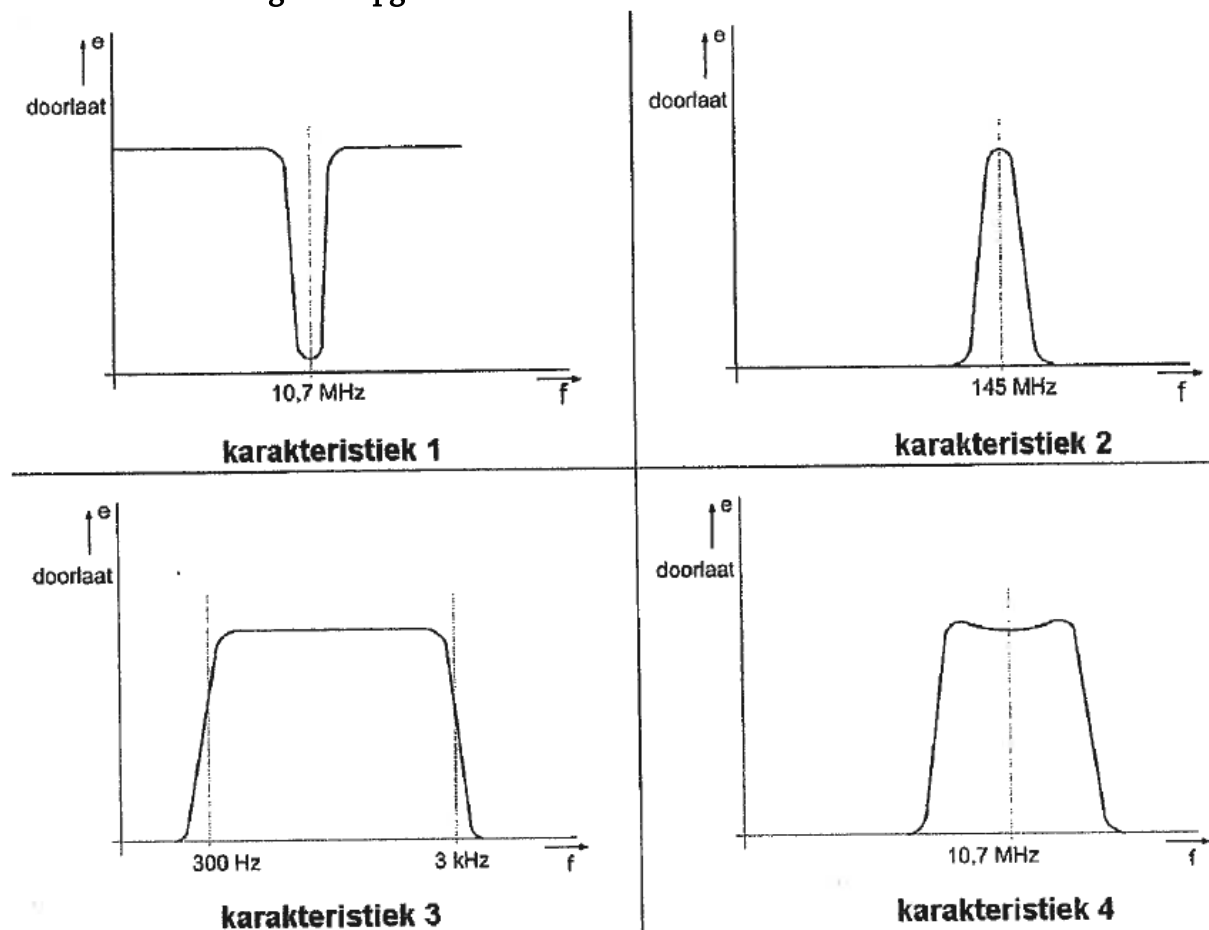


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.36 Uitwerking van Opgave 13-36



Welke frequentiekaracteristiek hoort bij de middenfrequentversterker van een 2-meter-ontvanger?

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

Uitwerking

We lopen alle vier de afbeeldingen na.

Karakteristiek 1 is een bandsperfilter (notchfilter) voor 10,7 MHz.. 10,7 MHz is een gebruikelijke middenfrequentie, maar daarvoor verwacht je een banddoorlaatfilter en geen bandsperfilter. Deze is het dus niet.

Karakteristiek 2 is wel van een banddoorlaatfilter, maar 145 MHz is voor 2 meter een ontvangsfrequentie en geen middenfrequentie. Deze past dus ook niet.

Karakteristiek 3 geeft de karakteristiek van een spraakbandfilter en dat is geen MF-filter, maar een LF-exemplaar. Ook deze kan worden afgekeurd.



Karakteristiek 4 is een banddoorlaatfilter rond 10,7 MHz met een mooie vlakke doorlaat. 10,7 MHz is een gebruikelijke middenfrequentie en daarmee komen we op antwoord D.

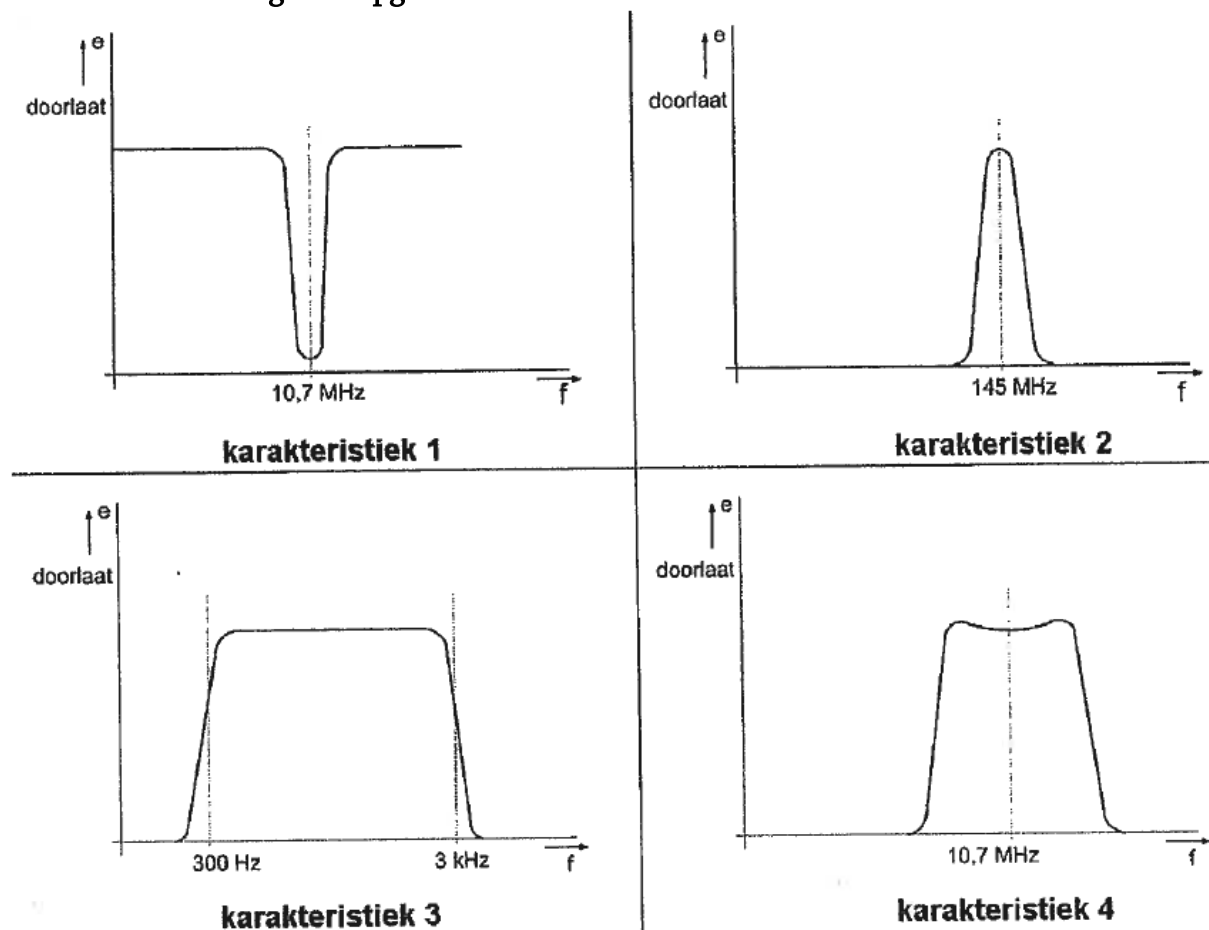


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.37 Uitwerking van Opgave 13-37



Welke frequentiekarakteristiek behoort bij een VHF-voorversterker?

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

Uitwerking

Dit is een variant op Opgave 13-36. Kijk daar eventueel nog een keer naar de uitwerking.

De enige karakteristiek in het VHF-gebied (30-300 MHz) is karakteristiek 2. Die moet het dus wel zijn. Antwoord B dus.

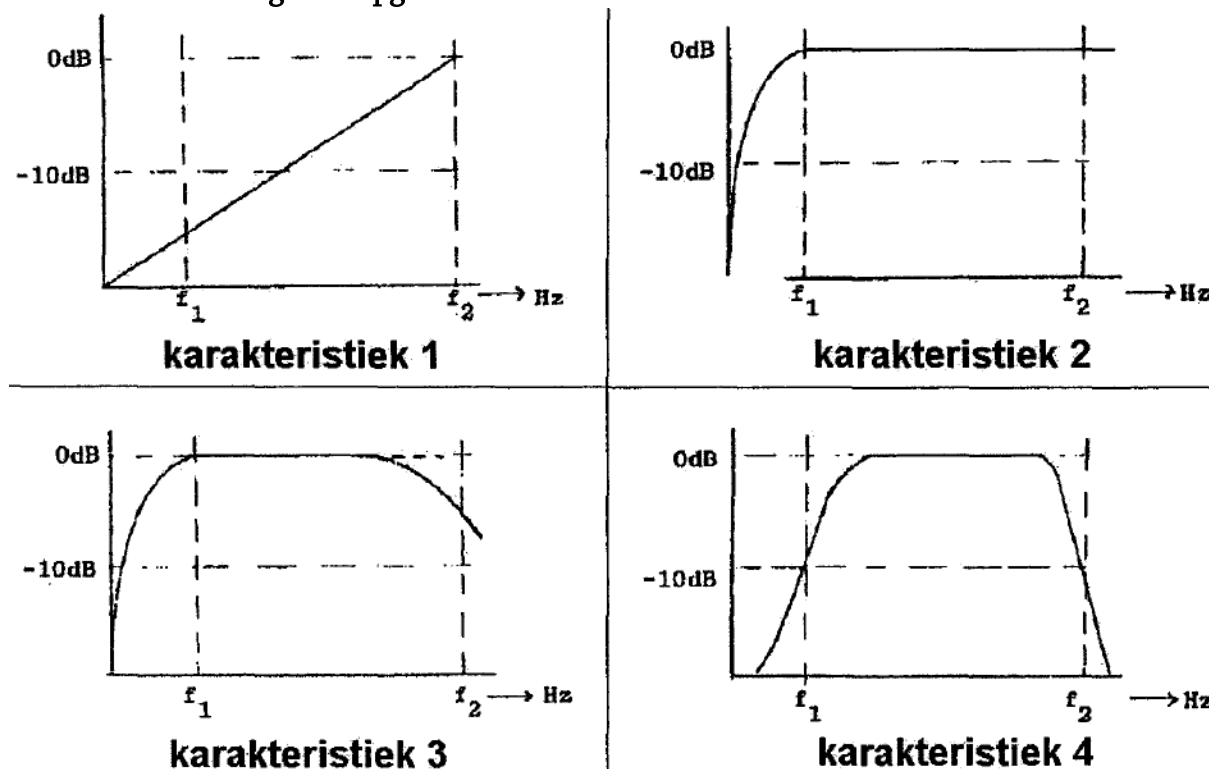


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.38 Uitwerking van Opgave 13-38



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

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

Uitwerking

Frequentie-lineair betekent dat de versterking voor een aaneengesloten frequentieband dezelfde is, zoals in karakteristiek 2. Dat houdt een rechte horizontale karakteristiek tussen f_1 en f_2 in en dus niets met -3 dB-punten. Bandbreedte is iets anders!

Antwoord A is daarom het juiste antwoord.

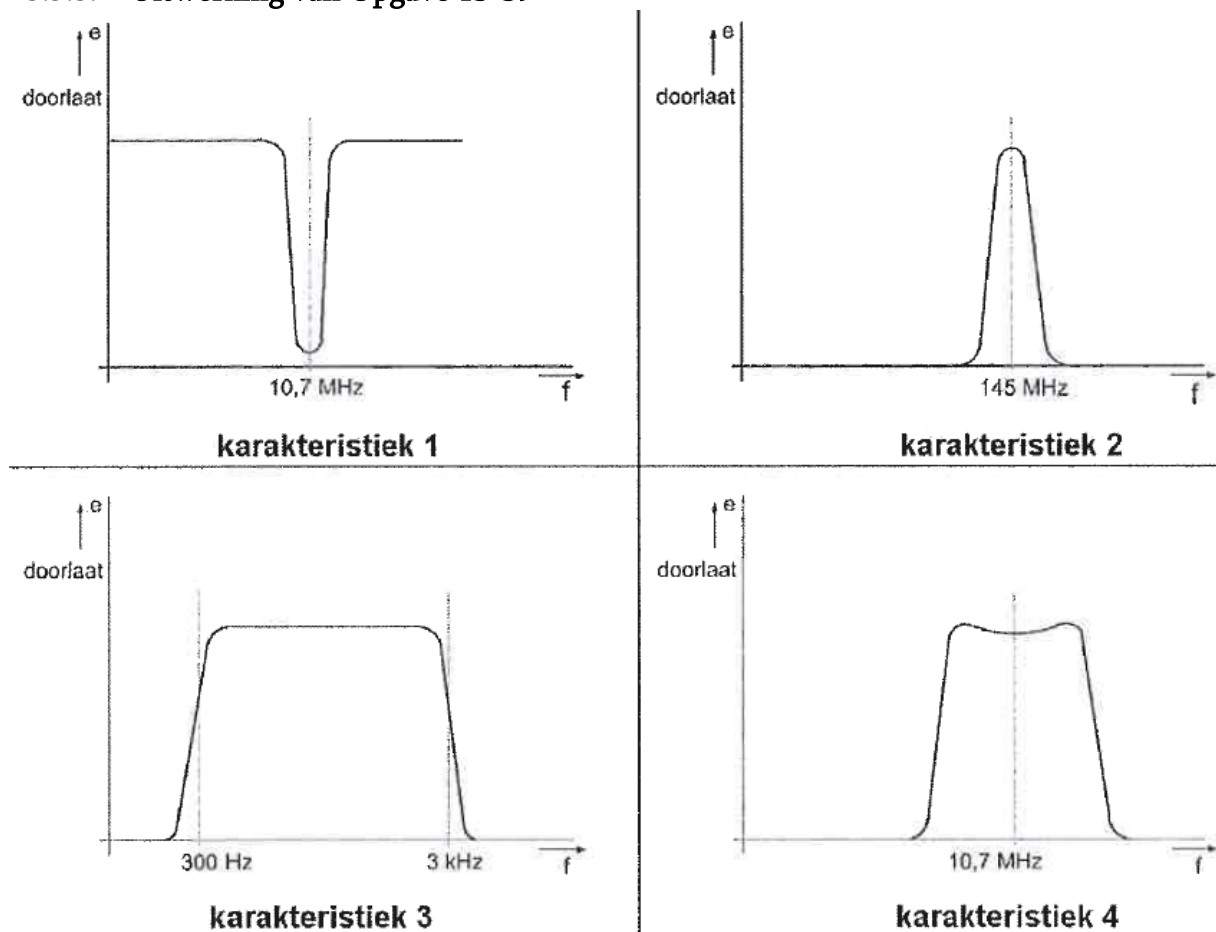


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.39 Uitwerking van Opgave 13-39



Welke karakteristiek behoort bij de MF-versterker van een 2-meter-band ontvanger?

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

Uitwerking

Een 2-meter-ontvanger heeft geen speciale MF. Zoek dus naar de karakteristiek van een MF-versterker. Karakteristiek 1 is een bandsperfilter (notchfilter); karakteristiek 2 voor 145 MHz hoort wel bij de 2-meter-band, maar als voorversterker; karakteristiek 3 is de doorlaat van een audiofilter en karakteristiek 4 is met 10,7 MHz een banddoorlaatfilter voor een gebruikelijke MF-frequentie. Dat wordt dus antwoord A.

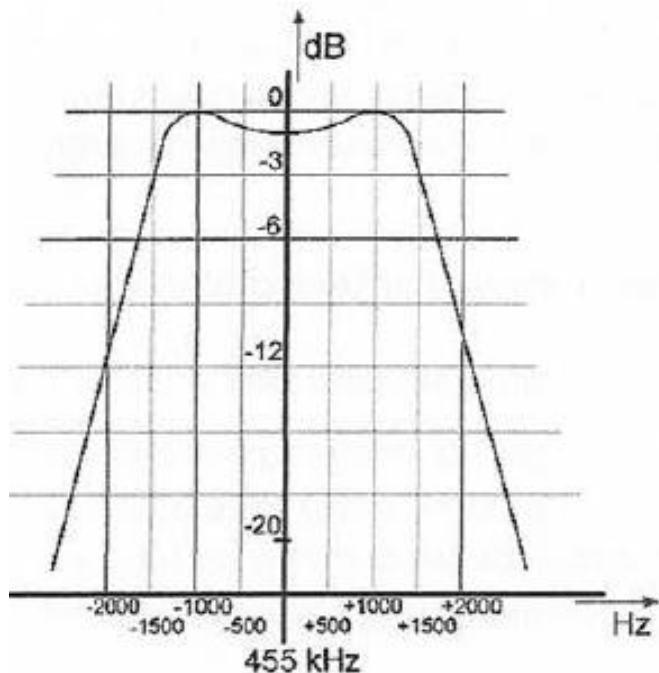


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.40 Uitwerking van Opgave 13-40



Een MF-versterker met deze frequentiecarakteristiek heeft een 3 dB-bandbreedte van:

- A. 2000 Hz
- B. 3600 Hz
- C. **3000 Hz**
- D. 4000 Hz

Uitwerking

Lees de grafiek af op de -3 dB-lijn die de verticale as kruist. Dat levert op de X-as de punten -1500 en +1500 Hz, verschil 3000 Hz. Dat is antwoord C.

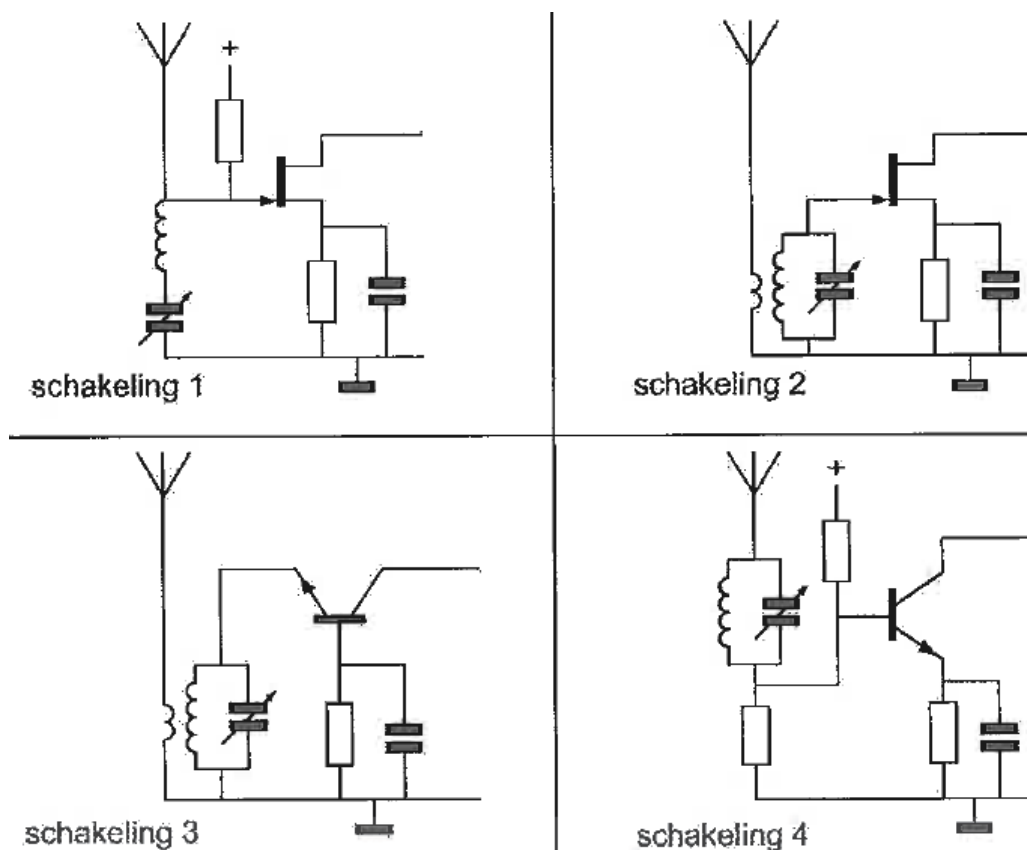


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.41 Uitwerking van Opgave 13-41



De beste schakeling voor de ingang van een hoogfrequentversterker is:

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

Uitwerking

We lopen alle vier schakelingen na. Schakeling 1 heeft een seriekring aan de ingang. Die werkt als bandpassfilter. Een HF-versterker moet een banddoorlaatfilter hebben. Daaraan voldoet schakeling 2. Die heeft ook nog eens een FET als ingangsversterker. Die houdt door zijn hoge ingangsweerstand de Q van de afstemkring hoog. Schakeling 3 is daar met een gemeenschappelijke basisschakeling (GBS) ongeveer het tegendeel van: een heel lage ingangsweerstand en dus een lage Q. In schakeling 4 werkt de parallelkring als bandpassfilter. Een bandpassfilter tussen antenne en versterkeringang is geen goed idee. Conclusie: schakeling 2, antwoord C,

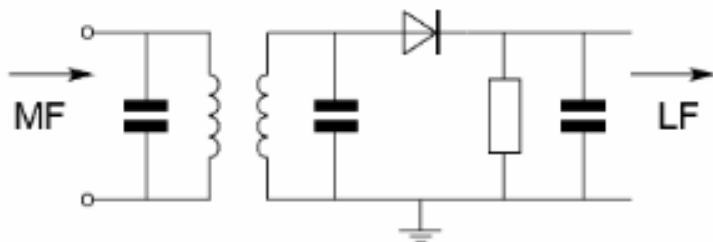


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.42 Uitwerking van Opgave 13-42



Deze schakeling is een:

- A. FM-detector
- B. Begrenzer
- C. **AM-detector**
- D. Productdetector

Uitwerking

De schakeling is een enkelfasige gelijkrichtschakeling waar MF binnenkomt en waar als gevolg van het RC-filter aan de uitgang LF uitkomt. Dat kan alleen een AM-detector zijn. Antwoord C.

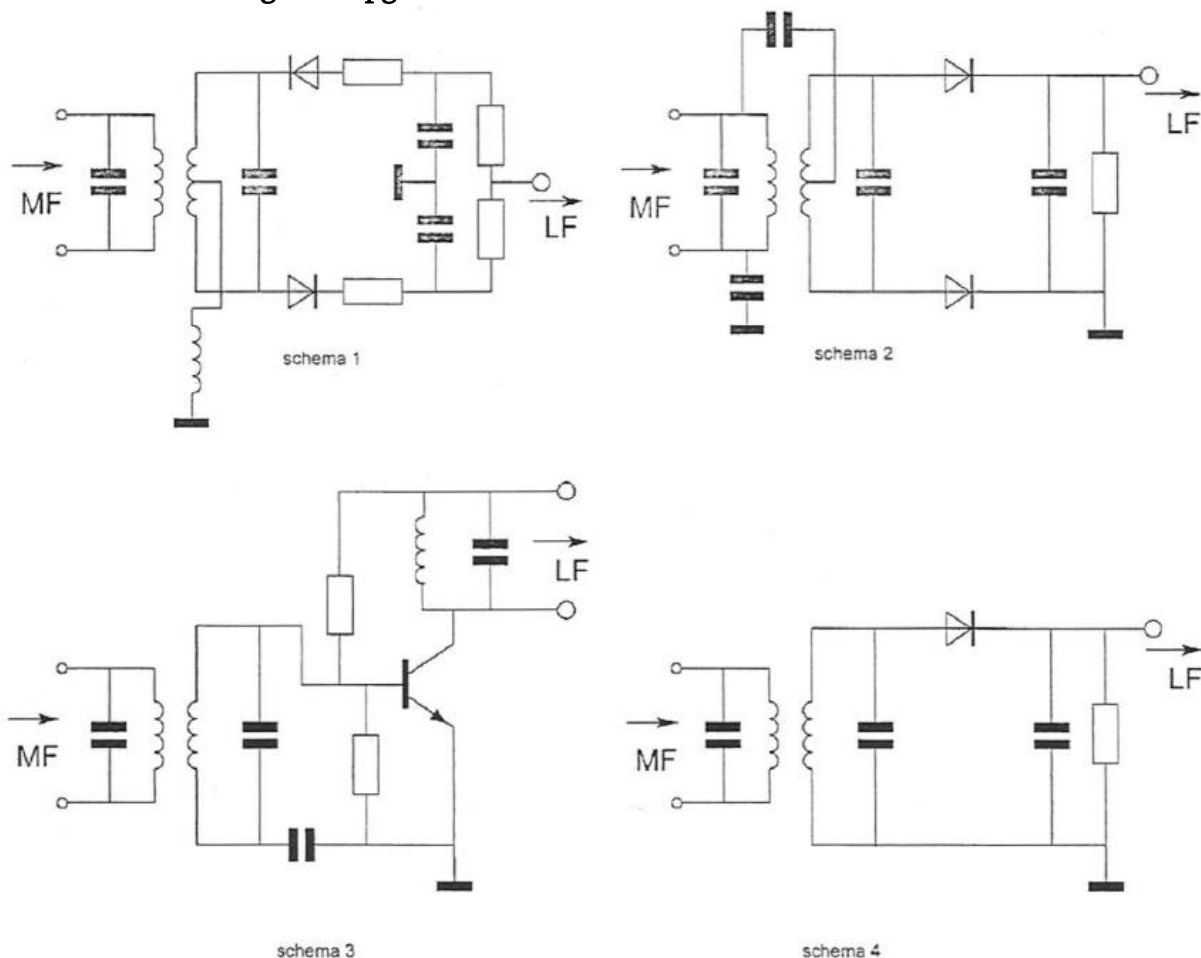


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.43 Uitwerking van Opgave 13-43



Welk schema stelt een AM-detector voor?

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

Uitwerking

Het kenmerk van een AM-detector is meestal een ingang vanaf de MF-schakeling, een enkelfasige gelijkrichter met een diode en een laagdoorlatend RC-filter op de uitgang. Er is maar één schema dat daaraan voldoet en dat is schema 4. Antwoord C.



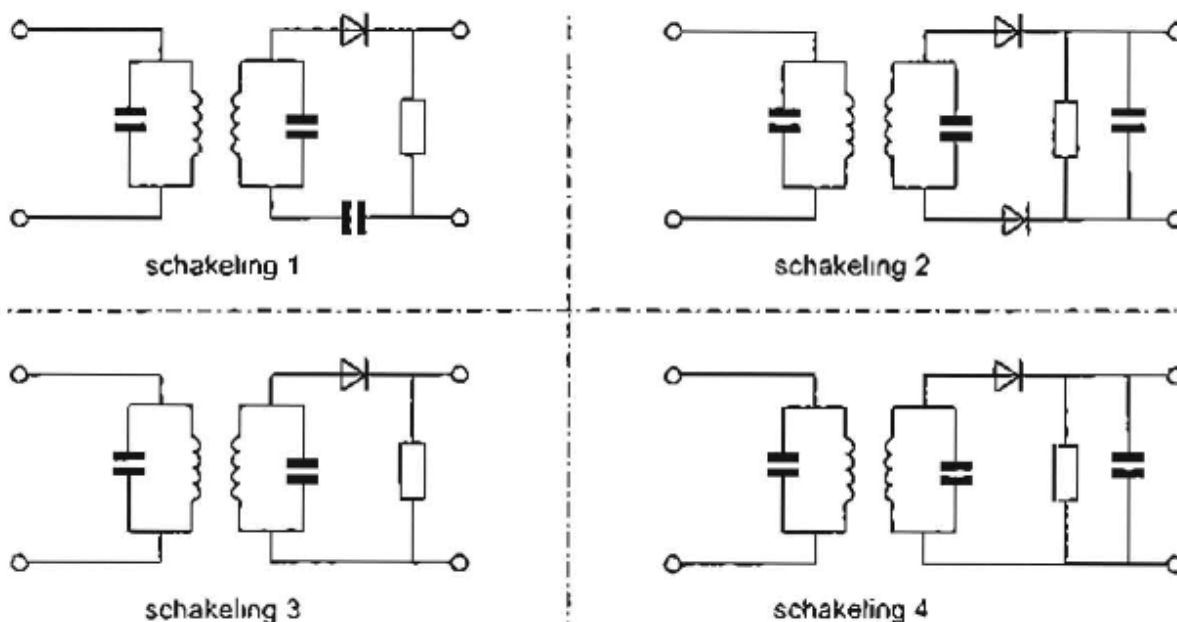
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.44 Uitwerking van Opgave 13-44

Als detector van een AM-ontvanger kan het best de volgende schakeling dienen:



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

Uitwerking

Als in Opgave 13-43 al beschreven, geldt als kenmerk voor een AM-detector: middenfrequentie op de ingang, enkelfasige gelijkrichting met een diode, gevolgd door een RC-laagdoorlaatfilter. Daaraan voldoet schakeling 4, de rest niet. Antwoord D.



Terug naar de opgave

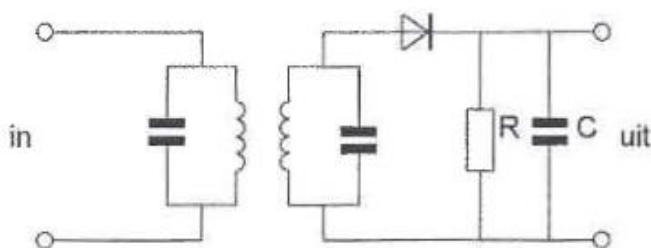
Naar de volgende opgave



13.5.45 Uitwerking van Opgave 13-45

In het uitgangssignaal van de AM-detector komt te veel middenfrequent signaal voor. Dit is te verbeteren door:

- A. **Condensator C groter te maken**
- B. De kringen te dempen
- C. De kringen op een lagere middenfrequentie af te stemmen
- D. **De weerstand R groter te maken.**



(F-examen februari 2010 (2)).

Tweede set antwoorden:

- A. De weerstand R kleiner te maken
- B. **De condensator C groter te maken**
- C. De kringen op een lagere middenfrequentie af te stemmen
- D. De kringen te dempen

(F-examen september 2013 (1)).

Uitwerking

Probleem! Afgezien van de volgorde van de antwoorden zijn het twee gelijke sets op één woord na. Tegenover “groter” in antwoord D van de eerste set staat “kleiner” in antwoord A van de tweede set.

We gaan kijken. Cruciaal is hier de kantelfrequentie van het laagdoorlaatfilter met R en C. Die moet zo laag zijn dat de MF-frequenties er nauwelijks doorheen komen en zo hoog dat de audiofrequenties het filter (vrijwel) ongehinderd passeren. In dit geval is vrijwel zeker de kantelfrequentie van het RC-filter te hoog. Een stukje Hoofdstuk 5 herhalen: op de kantelfrequentie f_k van een RC-filter zijn de weerstand R en de reactantie van C gelijk. Dus:

$$R = \frac{1}{2\pi f_k C} \rightarrow f_k = \frac{1}{2\pi RC}$$

Als f_k kleiner moet worden, moeten R of C of beide groter worden. Voor de eerste set levert dat twee goede antwoorden: A en D. Dat deugt natuurlijk niet voor een meerkeuzevraag. In 2013 heeft men blijkbaar de fout hersteld. Maar het wordt nog gekker: voorjaar 1998 is de vraag ook gesteld en wel met de juiste set antwoorden (artikel PA9JOO in CQ-PA, november 2017).



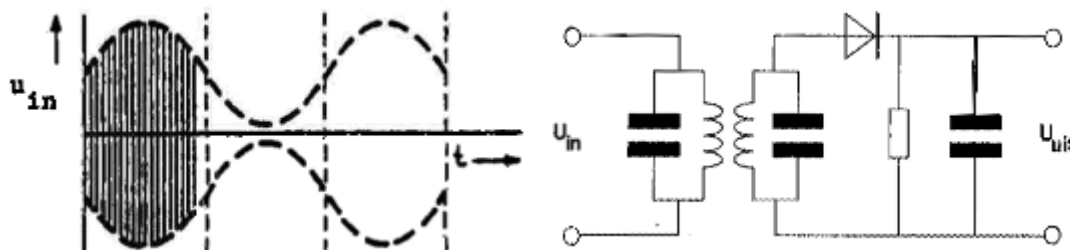
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



13.5.46 Uitwerking van Opgave 13-46

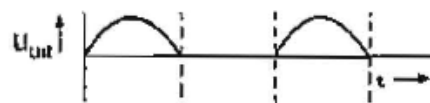
De ingangsspanning U_{in} is amplitude-gemoduleerd.



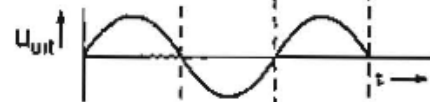
De uitgangsspanning U_{uit} is weergegeven in:

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

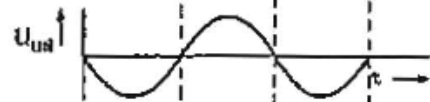
figuur 1



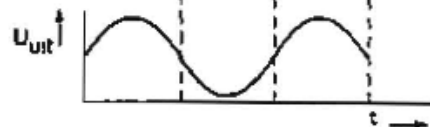
figuur 2



figuur 3



figuur 4



Uitwerking

De detectieschakeling is een enkelfasige gelijkrichter. Daarbij hoort bij de stand van de diode in het schema dat de positieve periodehelft wordt doorgelaten. Dat kan iemand op het idee brengen, antwoord A te kiezen. Maar in werkelijkheid wordt de bovenste helft van de draaggolf doorgelaten en weggefilterd door het laagdoorlaatfilter op de uitgang. Daardoor blijft de omhullende over die in figuur 4 staat afgebeeld. Zou de draaggolf tot het eind van de tekening zijn getekend, dan zou het wat duidelijker zijn. Het juiste antwoord is D.



Terug naar de opgave

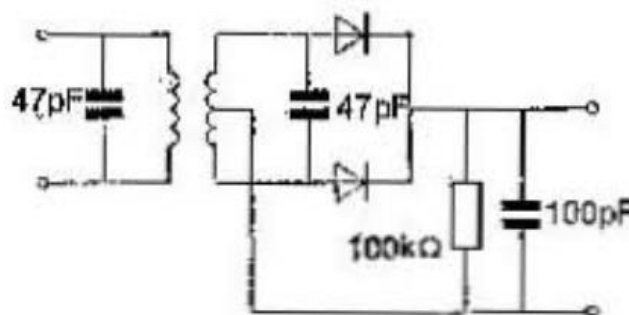
Naar de volgende opgave



13.5.47 Uitwerking van Opgave 13-47

De schakeling is een bijzondere uitvoering van:

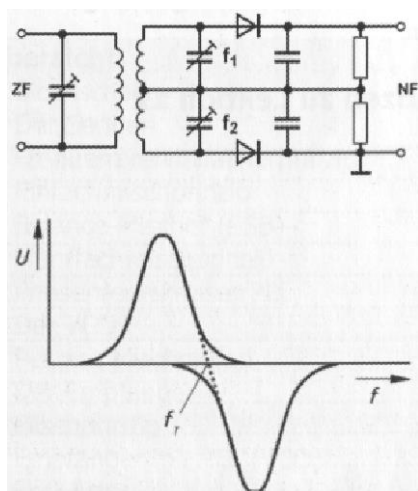
- A. Een amplitudemodulatie-detector
- B. Een frequentie-discriminator
- C. Een fase-discriminator
- D. Een op het lichtnet aangesloten voedingsschakeling



Uitwerking

We zien een middenfrequentdeel (links), een dubbelfasige gelijkrichter aan weerskanten van de secundaire van de (afgestemde) MF-trafo in het midden en rechts het typische laagdoorlaatfilter van een AM-detector. Dat laatste is het dan ook. Het bijzondere is de dubbelfasige gelijkrichter, waar je doorgaans een enkelfasige schakeling vindt. Het is dus een AM-detector in bijzondere uitvoering. Antwoord A.

Opmerking



De schakeling doet denken aan een FM-discriminator, maar dat schema is toch anders. Zie tekening links. Hier wordt met twee kringen een grote flank gevormd, waarmee AM-FM-flankdetectie wordt uitgevoerd.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.48 Uitwerking van Opgave 13-48**

Flankdetectie is een bijzondere toepassing van een:

- A. Diodedetector
- B. Product-detector
- C. Foster-Seeley detector
- D. Phase-locked-loop detector

Uitwerking

Flankdetectie is detectie van een FM-sigitaal door wat eigenlijk een AM-detector is. Het FM-sigitaal wordt door middel van de flank van een bandfilter omgezet in een gemengd AM-FM-sigitaal en daarna als AM gedetecteerd. Een diodedetector detecteert AM-signalen. Antwoord A.

Opmerkingen

Een productdetector detecteert EZB- en CW-signalen. Een Foster-Seeley detector is een FM-detector ("discriminator"), speciaal ontworpen voor flankdetectie van FM. Dat is dus geen bijzondere, maar de normale toepassing. Een Phase Locked Loop kan FM-detecteren, maar is absoluut geen flankdetector. Hij wordt ook gebruikt in zenders of oscillatoren.

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

**13.5.49 Uitwerking van Opgave 13-49**

Flankdetectie wordt wel eens gebruikt om:

- A. FM-signalen hoorbaar te maken met een AM-ontvanger
- B. AM-signalen hoorbaar te maken met een FM-ontvanger
- C. EZB-signalen hoorbaar te maken met een FM-ontvanger
- D. CW-signalen hoorbaar te maken met een EZB-ontvanger

Uitwerking

Zie ook de uitwerking van Opgave 13-48. Flankdetectie is detectie van een FM-signaal in een AM-detector. Antwoord A.

Opmerking

Bij B en C zou een signaal uit de AM-familie moeten worden gedetecteerd in een FM-discriminator, wat niet kan. CW-signalen kunnen wel hoorbaar worden gemaakt met een EZB-detector, maar dat gebeurt niet via flankdetectie, wel met een productdetector.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**13.5.50 Uitwerking van Opgave 13-50**

Om EZB-signalen te detecteren, maakt men bij voorkeur gebruik van een

- A. Productdetector
- B. Anodedetector
- C. Diodedetector
- D. Foster-Seeley detector

Uitwerking

EZB-signalen worden gedetecteerd met behulp van een tweede frequentie uit een BFO (“Beat Frequency Oscillator”). Dat gebeurt in een schakeling die productdetector wordt genoemd, omdat beide frequenties met elkaar worden vermenigvuldigd. Datzelfde gebeurt in een AM-modulator. Die kan verschillende uitvoeringen hebben. Antwoord A.



Terug naar de opgave

Meer opgaven in Deel B