



Inhoudsopgave

12	Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 12, deel C (101-150).....	12-6
12.4	Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?	12-6
12.5	Enkele opmerkingen.....	12-7
12.6	Formularium	12-8
12.6.1	Zenders algemeen.....	12-8
12.6.2	Spraakmodulatie (telefonie)	12-8
12.6.3	Amplitudemodulatie (AM)	12-8
12.6.4	PEP berekenen.....	12-8
12.6.5	Vermogensverdeling tussen draaggolf en zijbanden bij AM	12-9
12.6.6	Van AM naar dubbel- en enkelzijband	12-10
12.6.7	Modulatoren/mixers	12-11
12.6.8	Morse-telegrafie (CW)	12-12
12.6.9	Frequentiemodulatie (FM)	12-13
12.6.10	Fasemodulatie (PM).....	12-14
12.6.11	Digitale modulaties: bitsnelheid en symboolsnelheid	12-15
12.6.12	Frequency shift keying (FSK)	12-16
12.6.13	Phase Shift Keying (2-PSK).....	12-16
12.6.14	Quadrature Phase Shift Keying (Q-PSK of 4-PSK).....	12-17
12.6.15	8-PSK.....	12-18
12.6.16	Quadrature Amplitude Modulation (QAM).	12-18
12.7	Opgaven.....	12-20
12.7.101	Opgave 12-101	12-21
12.7.102	Opgave 12-102	12-22
12.7.103	Opgave 12-103	12-23
12.7.104	Opgave 12-104	12-24
12.7.105	Opgave 12-105	12-25
12.7.106	Opgave 12-106	12-26
12.7.107	Opgave 12-107	12-27



12.7.108	Opgave 12-108	12-28
12.7.109	Opgave 12-109	12-29
12.7.110	Opgave 12-110	12-30
12.7.111	Opgave 12-111	12-31
12.7.112	Opgave 12-112	12-32
12.7.113	Opgave 12-113	12-33
12.7.114	Opgave 12-114	12-34
12.7.115	Opgave 12-115	12-35
12.7.116	Opgave 12-116	12-36
12.7.117	Opgave 12-117	12-37
12.7.118	Opgave 12-118	12-38
12.7.119	Opgave 12-119	12-39
12.7.120	Opgave 12-120	12-40
12.7.121	Opgave 12-121	12-41
12.7.122	Opgave 12-122	12-42
12.7.123	Opgave 12-123	12-43
12.7.124	Opgave 12-124	12-44
12.7.125	Opgave 12-125	12-45
12.7.126	Opgave 12-126	12-46
12.7.127	Opgave 12-127	12-47
12.7.128	Opgave 12-128	12-48
12.7.129	Opgave 12-129	12-49
12.7.130	Opgave 12-130	12-50
12.7.131	Opgave 12-131	12-51
12.7.132	Opgave 12-132	12-52
12.7.133	Opgave 12-133	12-53
12.7.134	Opgave 12-134	12-54
12.7.135	Opgave 12-135	12-55
12.7.136	Opgave 12-136	12-56
12.7.137	Opgave 12-137	12-57



12.7.138	Opgave 12-138	12-58
12.7.139	Opgave 12-139	12-59
12.7.140	Opgave 12-140	12-60
12.7.141	Opgave 12-141	12-61
12.7.142	Opgave 12-142	12-62
12.7.143	Opgave 12-143	12-63
12.7.144	Opgave 12-144	12-64
12.7.145	Opgave 12-145	12-65
12.7.146	Opgave 12-146	12-66
12.7.147	Opgave 12-147	12-67
12.7.148	Opgave 12-148	12-68
12.7.149	Opgave 12-149	12-69
12.7.150	Opgave 12-150	12-70
12.8	Uitwerkingen	12-71
12.8.101	Uitwerking van Opgave 12-101	12-72
12.8.102	Uitwerking van Opgave 12-102	12-73
12.8.103	Uitwerking van Opgave 12-103	12-74
12.8.104	Uitwerking van Opgave 12-104	12-75
12.8.105	Uitwerking van Opgave 12-105	12-76
12.8.106	Uitwerking van Opgave 12-106	12-77
12.8.107	Uitwerking van Opgave 12-107	12-78
12.8.108	Uitwerking van Opgave 12-108	12-79
12.8.109	Uitwerking van Opgave 12-109	12-80
12.8.110	Uitwerking van Opgave 12-110	12-81
12.8.111	Uitwerking van Opgave 12-111	12-82
12.8.112	Uitwerking van Opgave 12-112	12-83
12.8.113	Uitwerking van Opgave 12-113	12-84
12.8.114	Uitwerking van Opgave 12-114	12-85
12.8.115	Uitwerking van Opgave 12-115	12-86
12.8.116	Uitwerking van Opgave 12-116	12-87



12.8.117	Uitwerking van Opgave 12-117	12-88
12.8.118	Uitwerking van Opgave 12-118	12-89
12.8.119	Uitwerking van Opgave 12-119	12-90
12.8.120	Uitwerking van Opgave 12-120	12-91
12.8.121	Uitwerking van Opgave 12-121	12-92
12.8.122	Uitwerking van Opgave 12-122	12-93
12.8.123	Uitwerking van Opgave 12-123	12-94
12.8.124	Uitwerking van Opgave 12-124	12-95
12.8.125	Uitwerking van Opgave 12-125	12-96
12.8.126	Uitwerking van Opgave 12-126	12-97
12.8.127	Uitwerking van Opgave 12-127	12-98
12.8.128	Uitwerking van Opgave 12-128	12-99
12.8.129	Uitwerking van Opgave 12-129	12-100
12.8.130	Uitwerking van Opgave 12-130	12-101
12.8.131	Uitwerking van Opgave 12-131	12-102
12.8.132	Uitwerking van Opgave 12-132	12-103
12.8.133	Uitwerking van Opgave 12-133	12-104
12.8.134	Uitwerking van Opgave 12-134	12-105
12.8.135	Uitwerking van Opgave 12-135	12-106
12.8.136	Uitwerking van Opgave 12-136	12-107
12.8.137	Uitwerking van Opgave 12-137	12-108
12.8.138	Uitwerking van Opgave 12-138	12-109
12.8.139	Uitwerking van Opgave 12-139	12-110
12.8.140	Uitwerking van Opgave 12-140	12-111
12.8.141	Uitwerking van Opgave 12-141	12-112
12.8.142	Uitwerking van Opgave 12-142	12-113
12.8.143	Uitwerking van Opgave 12-143	12-114
12.8.144	Uitwerking van Opgave 12-144	12-115
12.8.145	Uitwerking van Opgave 12-145	12-116
12.8.146	Uitwerking van Opgave 12-146	12-117



12.8.147	Uitwerking van Opgave 12-147	12-118
12.8.148	Uitwerking van Opgave 12-148	12-120
12.8.149	Uitwerking van Opgave 12-149	12-121
12.8.150	Uitwerking van Opgave 12-150	12-122



12 Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 12, deel C (101-150)

12.4 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 12 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.

We moeten hierbij opmerken dat in 2020 de examenopgaven niet langer na afloop van het examen door examenkandidaten mogen worden meegenomen, omdat Agentschap Telecom zich niet in staat acht, in voldoende mate nieuwe examenopgaven te produceren. Verwacht dus voorlopig geen aanvulling op deze bundel.

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 van de opgave waarmee je bezig bent. Deze:

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



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

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

Dat is deze:



Terug naar de opgave

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



De cursusedactie 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 laatste 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 12.8.

12.5 Enkele opmerkingen

Wegens het grote aantal beschikbare examenopgaven is de bundel bij hoofdstuk 12 gesplitst in de delen A tot en met D. De delen A-C bevatten elk 50 opgaven. Dit is deel C. Deel D bevat 25 opgaven.

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

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

Voorafgaand aan de opgaven volgt nu een formularium. Dat is in alle hoofdstukken in deze cursus met een bijbehorende bundel examenvraagstukken een overzicht van



vergelijkingen (“formules”) en begrippen met sterk samengevatte uitleg. We raden aan, dit eerst door te nemen.

12.6 Formularium

12.6.1 Zenders algemeen

Een zender omvat meestal een LF-deel, een modulatie-deel en een eindversterker, waarna het geproduceerde signaal naar de antenne gaat. Er zijn analoge en digitale modulatievormen.

De analoge modulatievormen waarin wordt geëxamineerd, zijn

- Morsetelegrafie (CW)
- Amplitudemodulatie (AM) en de daarvan afgeleide vormen:
 - Dubbelzijband (DZB, DSB in het Engels)
 - Enkelzijband (EZB, SSB in het Engels), te onderscheiden in
 - Bovenste zijband (BSB, USB in het Engels)
 - Onderste zijband (OZB, LSB in het Engels)
- Frequentiemodulatie (FM)
- Fasemodulatie (PM)

12.6.2 Spraakmodulatie (telefonie)

Uit te zenden spraak wordt bij amateurzenders beperkt tot het frequentie-deel dat het meest bijdraagt aan verstaanbaarheid. Dat is het frequentiegebied van 300 tot 2700 Hz. 300 tot 3000 Hz komt ook voor. In examenopgaven levert dat verschil geen moeilijkheden op. Er zijn verschillende modulatievormen. We beginnen met amplitudemodulatie (AM)

12.6.3 Amplitudemodulatie (AM)

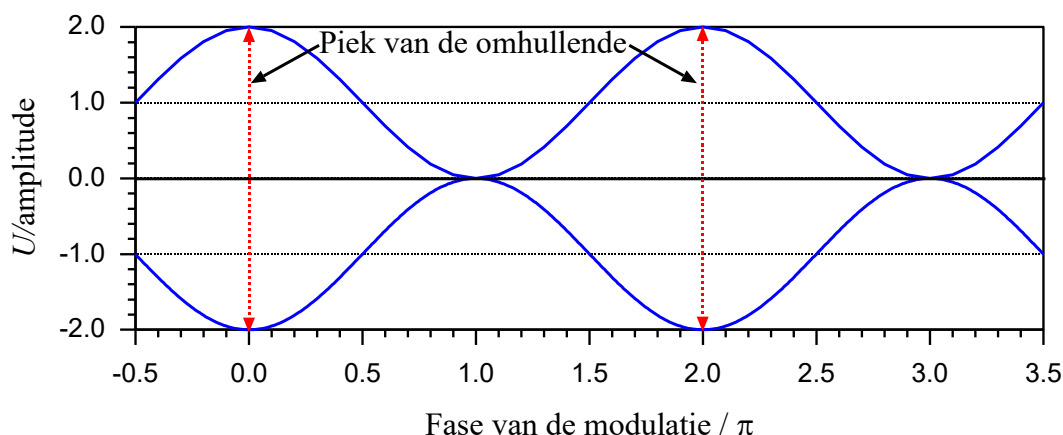
Amplitudemodulatie in de amateurwereld is voornamelijk telefonie. AM ontstaat als product van een in amplitude en frequentie constante hoogfrequente draaggolf en een in amplitude en frequentie variërend laagfrequent signaal.

Modulatiediepte M is de verhouding van de amplitudes van draaggolf en audio die in het signaal zijn verwerkt. Bij modulatie-diepte $M=100\%$ zijn ze even groot. $M>100\%$ kan niet.

De *omhullende* geeft de vorm van het modulerend signaal twee keer. Eén keer boven de nullijn en één keer gespiegeld eronder.

12.6.4 PEP berekenen

PEP, afkorting van *Peak Envelope Power* is het vermogen van 1 periode van het signaal op het maximum van de omhullende. Onderstaande figuur komt uit de cursustekst. Hij geeft de vorm van de omhullende in tweevoud. Eén keer boven en één keer onder de nullijn.



Figuur 12.6-1. Omhullende van 100% gemoduleerd AM-signaal met 1 constante LF-frequentie.

De figuur toont de omhullende bij modulatie-index $M = 1 = 100\%$ en modulatie van de draaggolf met één constante audiofrequentie. De amplitude van de omhullende is 2x de amplitude van de draaggolf en 2x de amplitude van het modulerende LF- (audio-)signaal. Daarom is PEP in dit geval 4x het draaggolfvermogen, want vermogen is evenredig met het kwadraat van effectieve spanning van de draaggolf.

PEP berekenen bij AM gaat zo:

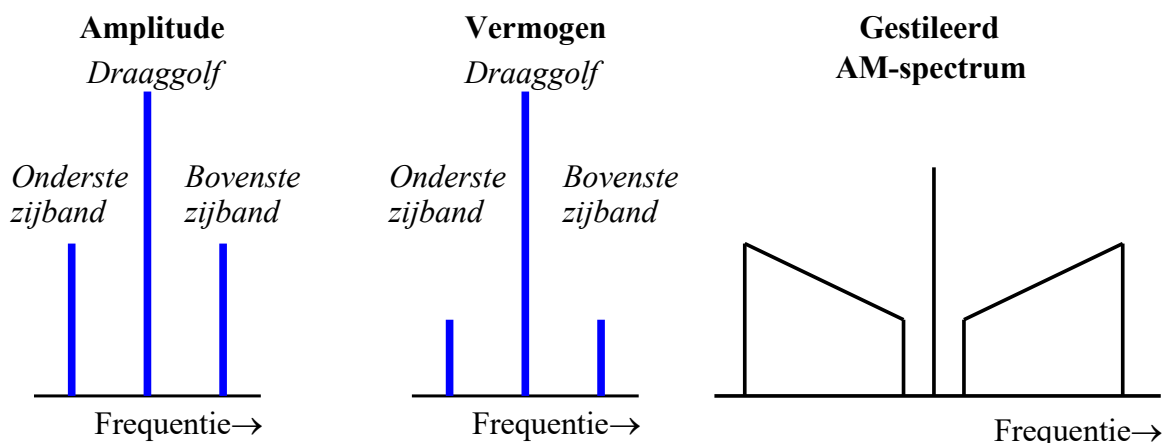
1. Zoek het hoogste punt van de omhullende. In de figuur is dat op de bovenpunt van de rode gestippelde pijl
2. Bepaal de amplitude U_{max} op dat punt. Dat is de afstand in V vanaf het punt tot de nullijn.
3. De effectieve waarde U_{eff} van een denkbeeldige sinus met amplitude U_{max} bereken je op de gebruikelijke manier: $U_{eff} = U_{max} / \sqrt{2}$, maar lees eerst de volgende twee punten; dat scheelt werk.
4. De spanning staat over een weerstand R die ergens in de examenopgave gegeven is.
5. PEP is vermogen P , dus het kwadraat van spanning gedeeld door R : $P = U_{eff}^2 / R$.

Dat is hetzelfde als $P = U_{max}^2 / 2R$. Zo kom je meteen van het wortelteken af, want die wordt meegekwadrateerd naar het getal 2.

Is de golfvorm onregelmatig, zoek dan het hoogste punt. De rest gaat volgens het recept hierboven.

12.6.5 Vermogensverdeling tussen draaggolf en zijbanden bij AM

Een AM-signaal bevat geen harmonischen van de draaggolf. Wel de draaggolffrequentie met som van en verschil tussen draaggolffrequentie en modulerende frequentie. Dat ziet eruit als in Figuur 12.6-2 links.



Figuur 12.6-2. AM-spectrum. Links 1 modulerende frequentie amplitude. Midden: 1 modulerende frequentie, vermogen. Rechts: gestileerd met spraakmodulatie.

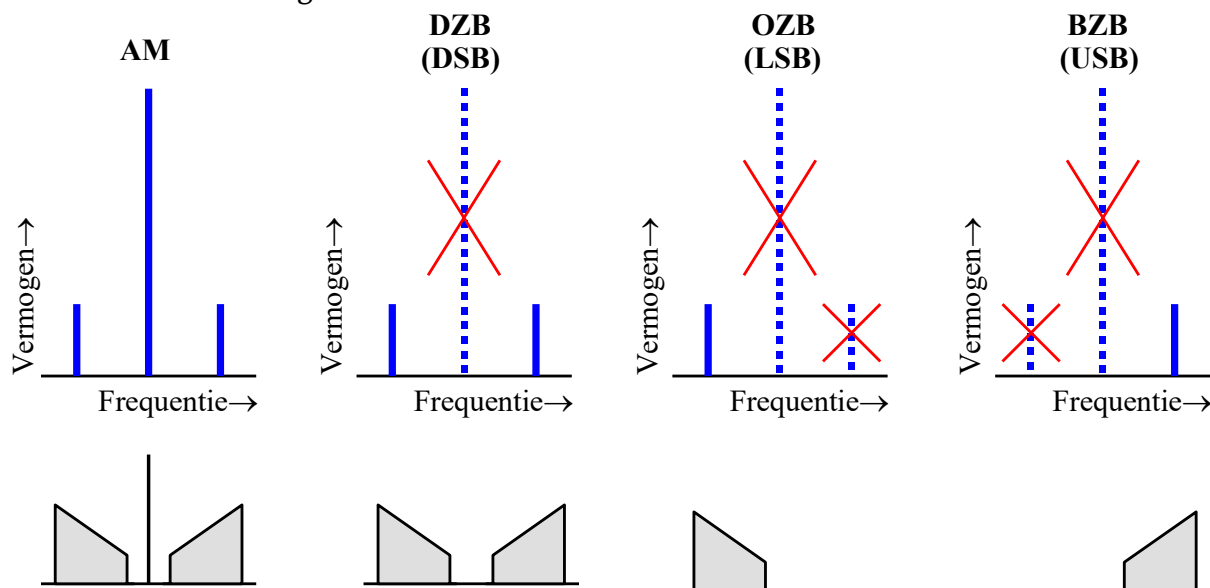
De amplitudes van de zijbanden zijn half zo groot als die van de draaggolf. Ze geven spanning weer. Het vermogen (midden) is evenredig met het kwadraat van de spanning. Elke zijband bevat daarom niet de helft, maar $\frac{1}{4}$ van het draaggolfvermogen. Rechts in de figuur een gestileerde manier om het spectrum van een met spraak gemoduleerd AM-signaal weer te geven. De hoogten van beide zijbandgrafieken lopen op met toenemend frequentieverschil met de draaggolf. Het “gat” tussen zijbanden en draaggolf is de 0-300 Hz die niet wordt meegemoduleerd.

De zijbanden bevatten samen half zoveel vermogen als de draaggolf. Bevat bijvoorbeeld de draaggolf 100 W, dan zit in elke zijband 25 W, samen 50 W. Het totale signaal bevat in dit voorbeeld 150 W. De informatie zit in de zijbanden, dus in 50 van de 150 W.

12.6.6 Van AM naar dubbel- en enkelzijband

In het voorbeeld zit de informatie in 50 van de 150 W. Die 50 W zit in 2 gespiegelde, maar verder identieke zijbanden met gelijke informatie-inhoud. Trek je conclusie over de

efficiëntie van AM. Figuur 12.6-3 laat zien wat daaraan te doen is.



Figuur 12.6-3. Van AM naar EZB met gestileerde spectra. AM zonder draaggolf wordt DZB. DZB zonder bovenste zijband wordt OZB (LSB, lower sideband) en DSB zonder onderste zijband wordt BZB (USB, Upper sideband).

Links boven het vermogensspectrum van AM. Verwijder de draaggolf en je houdt twee zijbanden over. Dat is DZB, dubbelzijband. Engels: DSB, double sideband. Van de 150 W blijft 50 W over zonder informatieverlies, maar wel in twee banden met elk 25 W.

Volgende stap: verwijder één van de twee zijbanden. Van 50 W naar 25 W zonder informatieverlies. Winst in bandbreedte: van 6 kHz naar 2,7 of 2,4 kHz. Minder dan de helft, want de “lege” 300 Hz tussen positie draaggolf en modulatie zit niet meer in de weg. Houd de laagste zijband over en het wordt OZB (onderste zijband) of LSB (lower sideband). Laat de hoogste zijband staan en het wordt BZB (bovenste zijband) of USB (upper sideband). De verzamelnaam voor OZB en BZB is EZB (enkelzijband). Voor USB en LSB is dat SSB (Single Sideband). Van 50 naar 25 W, een meer dan gehalveerde bandbreedte zonder informatieverlies. Gerekend vanaf AM: dezelfde hoeveelheid informatie in 1/6 van het vermogen bij een meer dan gehalveerde bandbreedte.

PEP is ook voor DZB en EZB te berekenen. De werkwijze is dezelfde als voor AM.

12.6.7 Modulatoren/mixers

AM

Een AM-modulator is nooit lineair. In een lineaire schakeling worden signalen opgeteld. Om AM te krijgen moeten ze worden vermenigvuldigd. De simpelste manier van AM-moduleren is via een kromme diode-, transistor-, buis- of FET-karakteristiek. Ook de oorspronkelijke frequenties komen daar weer uit, plus hun som- en verschilfrequenties.

DZB

Bij een enkel gebalanceerde modulator (mixer) verdwijnt één van de oorspronkelijke frequenties. In de praktijk is dat de draaggolffrequentie. De spraakfrequenties verdwijnen vanzelf in het eerste HF-filter. Zo ontstaat DZB. Het kan ook met een dubbel gebalanceerde mixer (DBM). Dan is de modulerende frequentie ook meteen weg.

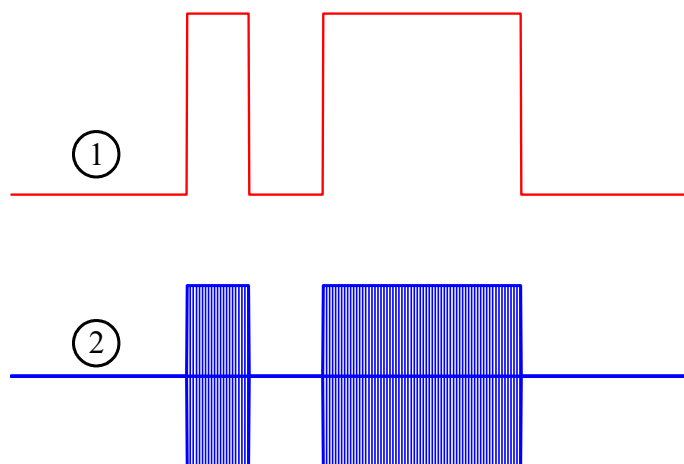
Bij een dubbel gebalanceerde modulator of mixer (DBM) blijven alleen de zijbanden over en verdwijnen alle oorspronkelijke frequenties. Vooral nuttig als twee hoogfrequente signalen moeten worden gemengd. Je houdt alleen de som- en verschilfrequentie over.

EZB

Als van DZB één van de twee zijbanden wordt verwijderd met een kristalfilter, ontstaat EZB, enkelzijband.

12.6.8 Morse-telegrafie (CW)

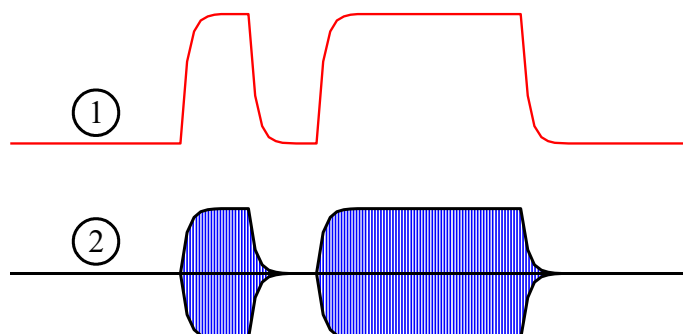
De basis van CW (afkorting van “Continuous Wave”) is afwisselende aan- en afwezigheid van een draaggolf (Figuur 12.6-4).



Figuur 12.6-4. Signaalgolf bij morse-telegrafie (CW). (1): bron (seinsleutel); (2) gemoduleerd signaal.

Die wordt bewerkstelligd met een seinsleutel, vanouds een met de hand te bedienen schakelaar. CW is veel smalbandiger dan EZB. De scherpe overgangen tussen wel en geen draaggolf geven echter harmonischen die als sleutel “clicks” storing kunnen veroorzaken, ook op andere frequenties dan de gebruikte.

De scherpe overgangen moeten worden gedempt om storing door sleutelclicks te voorkomen. Daarvoor wordt een laagdoorlaatfilter gebruikt. Het resultaat ziet er ongeveer uit als in Figuur 12.6-5.



Figuur 12.6-5. Signaolvorm bij CW met filtering. (1) bron; (2) gemoduleerd signaal.

12.6.9 Frequentiemodulatie (FM)

Bij FM zit de informatie niet in de amplitude van het gemoduleerde signaal, maar in de frequentie. De frequentie varieert met de momentele waarde van het te moduleren signaal. De amplitude van een FM-sigitaal is daardoor constant. Kenmerkende grootheden zijn:

De frequentiezwaai of kortweg “zwaai” Δf . Dat is het verschil tussen de draaggolffrequentie f_d en de maximale frequentie f_{max} :

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

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

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

De modulatie-index m (niet te verwarren met de modulatie diepte M bij AM) is de verhouding van de zwaai en de hoogste modulerende frequentie f_i :

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

Bij een frequentiezwaai van 3 kHz en een modulerende frequentie van 1 kHz is $m=3$. Is de hoogste modulerende frequentie 3 kHz, dan is $m=1$.

De bandbreedte B van een FM-sigitaal hangt af van m en f_i . Als m niet groter is dan ongeveer 1, geldt bij benadering:

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

Wie dat uitrekenet voor een hoogste modulerende frequentie van 3 kHz en een zwaai van eveneens 3 kHz vindt $B \approx 12$ kHz. Dat is meer dan bij EZB of zelfs AM. Oorzaak: bij FM zijn er vele zijbanden op afstanden van hele veelvoud van de hoogste modulerende frequentie. Voor $m=1$ zijn dat er 2 aan weerskanten van de draaggolffrequentie, in totaal



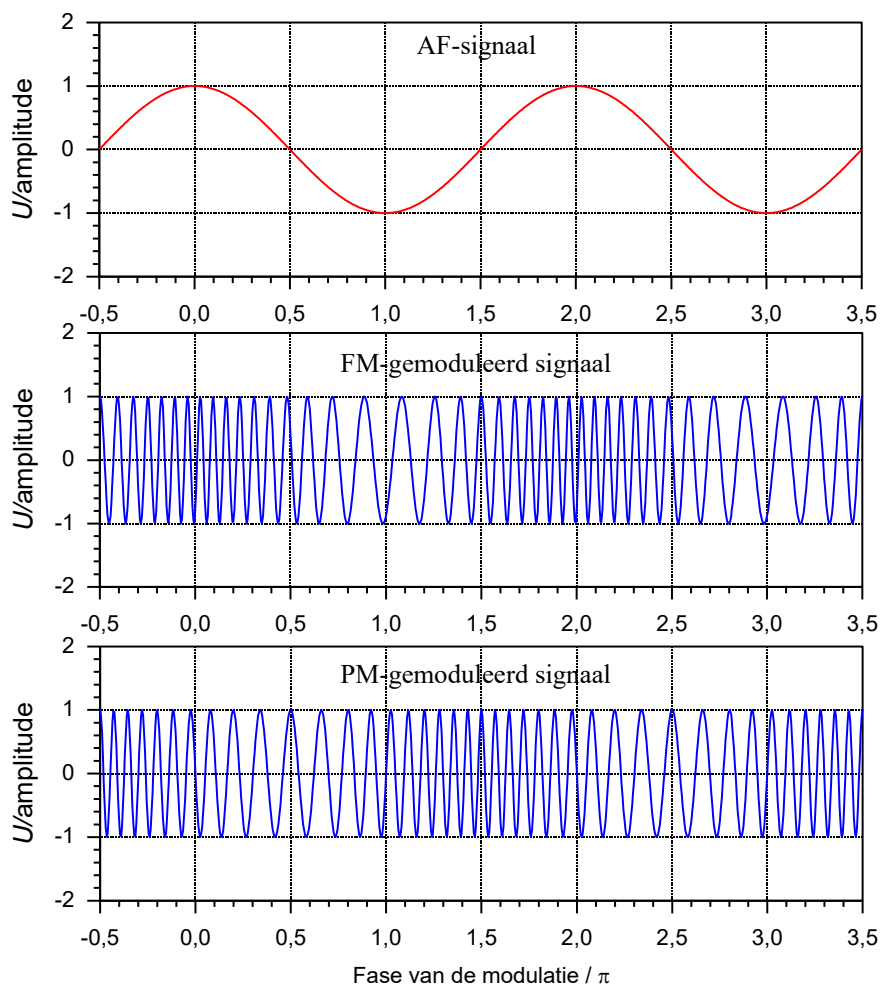
dus 4. Eigenlijk is het aantal zijbanden oneindig, maar bij FM geldt dat alleen de zijbanden worden geteld die 99% van het uitgezonden vermogen. Dat komt neer op -20 dB.

FM-modulatie komt tot stand in een spanninggestuurde oscillator. Veranderende stuurspanning (spraak bijvoorbeeld) geeft veranderende frequentie.

In tegenstelling tot AM en daarvan afgeleide modulatievormen kan een frequentie voor FM ook tot stand komen door frequentievermenigvuldiging. Het meest gebruikelijk is moduleren in de oscillator door het LF-signaal via een varicap de oscillatiefrequentie te laten beïnvloeden. Daarna kan door vervorming van het signaal frequentievermenigvuldiging tot stand komen. Bedenk dat als een frequentie met een getal wordt vermenigvuldigd, de frequentiezwaaai en daarmee ook de bandbreedte met datzelfde getal wordt vermenigvuldigd.

12.6.10 Fasemodulatie (PM)

Het verschil tussen PM en FM is dat de frequentie niet afhangt van de momentele waarde van het modulerende signaal, maar van de snelheid waarmee de momentele waarde van dat signaal verandert. Figuur 12.6-6 laat het zien.



Figuur 12.6-6. Boven: AF-sigitaal. Midden: het AF-sigitaal FM gemoduleerd. Onder: AF-sigitaal, PM gemoduleerd.

12.6.11 Digitale modulaties: bitsnelheid en symboolsnelheid

Voor we met modulatievormen beginnen eerst iets over de transportsnelheid van digitale data. Daarvoor bestaan twee eenheden. Dat zijn bits per seconde (bps) en symboolsnelheid baud (Bd). Als elk bit afzonderlijk wordt verstuurd, zijn Bd en bps gelijk.

1 Mbps is dan hetzelfde als 1 MBd, 1 miljoen bits per seconde.

Als de 1 miljoen bits per seconde worden verstuurd in pakketjes van 2, dan is de bitsnelheid nog steeds 1 Mbps, maar de symboolsnelheid 0,5 MBd. De 2 bits in 1 pakketje worden gezien als 1 symbool.

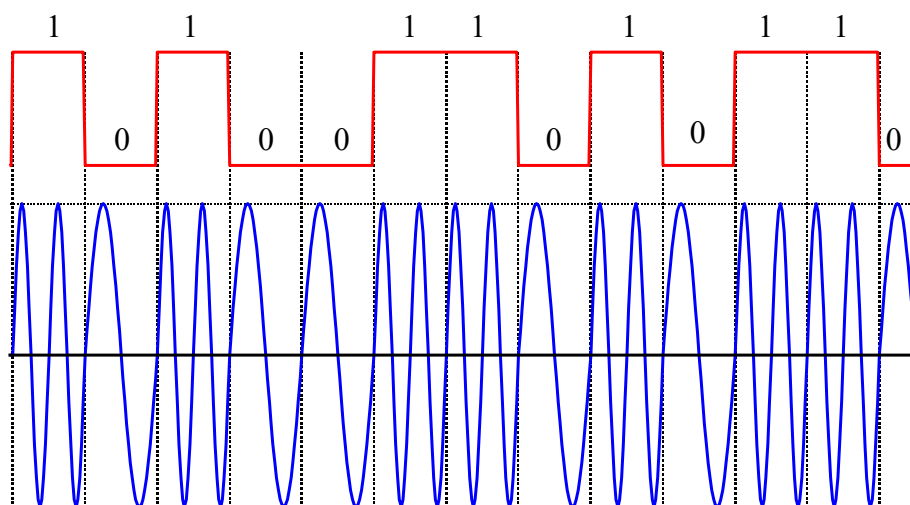
Zitten er 4 bits in een symbool, dan moet het aantal bps door 4 worden gedeeld voor de symboolsnelheid. Dan is dus $1 \text{ Mbps} = 250 \text{ kBd}$.

In plaats van de term *symboolsnelheid* wordt ook *tekensnelheid* gebruikt.

© 2021-2022, Vereniging van Radiozendamateurs VRZA (opgaven in par.12.4 uitgezonderd)

12.6.12 Frequency shift keying (FSK)

FSK is digitale FM. Het ziet eruit als in Figuur 12.6-7.



Figuur 12.6-7. FSK-modulatie. Digitaal signaal (rood) boven. Gemoduleerd signaal (blauw) onder. Frequentieverschillen zijn overdreven voorgesteld terwille van de duidelijkheid.

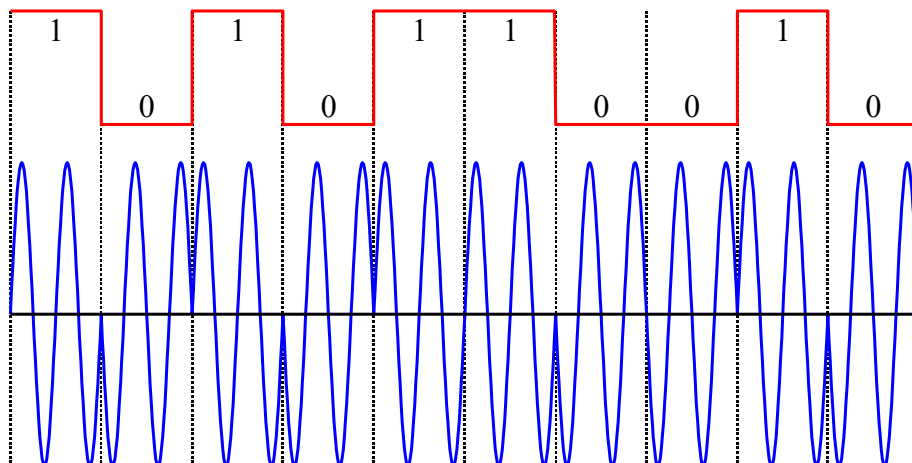
De modulatie is vaak CW, maar kan ook een andere vorm van digitale codering zijn. Voordeel: de draaggolf wordt niet onderbroken zodat er vrijwel geen sleutelclicks zijn. Voor de bandbreedte B geldt bij benadering

$$B \approx 2(1,6f_s + \Delta f)$$

Daarin is f_s de tekensnelheid. 100 Bd en een zwaai van 1 kHz leidt tot een bandbreedte van $2(160 \text{ Hz} + 1000 \text{ Hz}) = 2320 \text{ Hz}$.

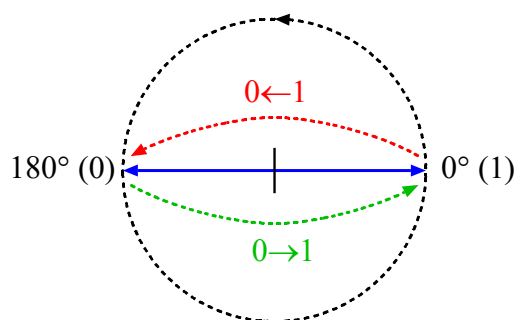
12.6.13 Phase Shift Keying (2-PSK)

Pij PSK geeft een faseverandering de verandering van een één of meer bits aan. De faseverandering is abrupt. De 2 in 2-PSK geeft aan dat er maar 2 waarden zijn. 1 bit dus. De faseverandering is bij elke waardeverandering 180° . Bitsnelheid is tekensnelheid. 2-PSK ziet eruit als in Figuur 12.6-8



Figuur 12.6-8. Voorbeeld van BPSK. Een 1 begint op 0° en een 0 op 180° (π). Het aantal sinusperioden per bit is meestal groter dan in de tekening.

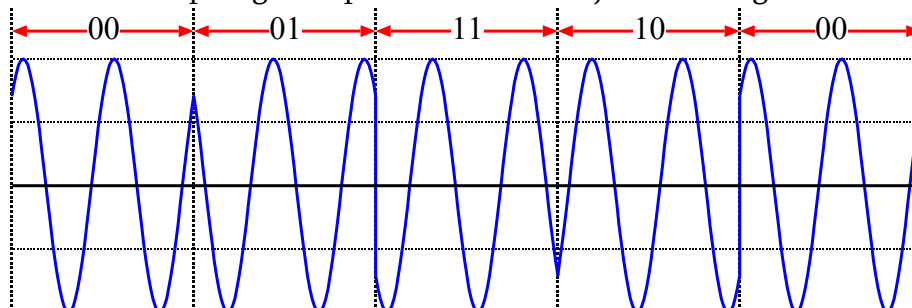
Bij 2-PSK is de bitsnelheid gelijk aan de teken- of symbolnelheid. In vectordiagram:



Figuur 12.6-9. BPSK of 2PSK in vectorvorm met fasesprongen $1 \rightarrow 0$ (rode stippellijn) en $0 \rightarrow 1$ (groene stippellijn).

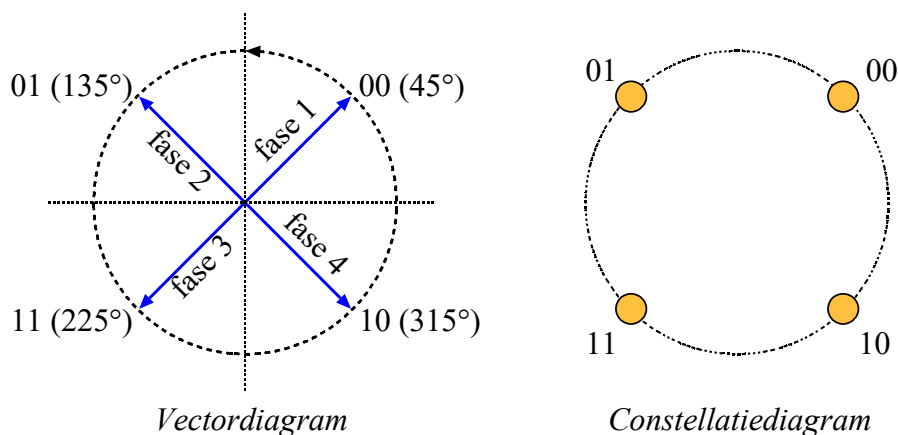
12.6.14 Quadrature Phase Shift Keying (Q-PSK of 4-PSK)

4-PSK kent 4 fasesprongen in plaats van 2. Die zijn elk 90° . Figuur 12.6-10 laat ze zien.



Figuur 12.6-10. De bitcombinaties 00, 01, 10, en 11 van QPSK. Let op de fasesprongen.

Het vectordiagram en het constellatiediagram staan in Figuur 12.6-11.

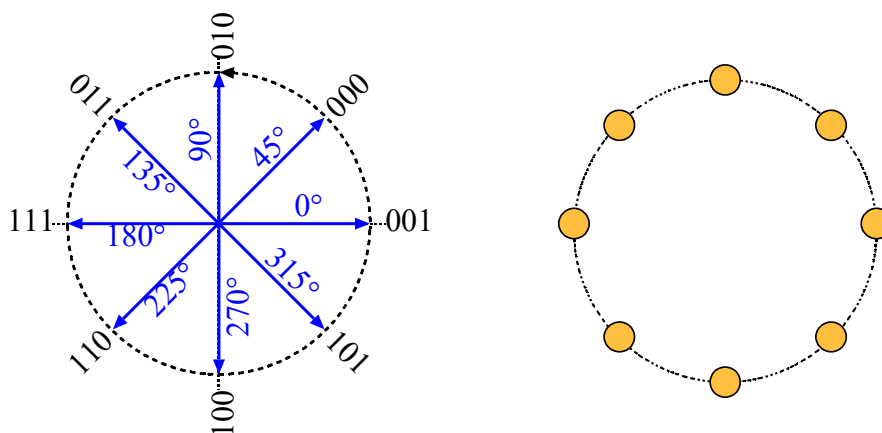


Figuur 12.6-11. 4PSK (QPSK) in vectorvorm (links) en als constellatiediagram (rechts).

Elke fasepositie betreft 2 bits en dekt daarom de getallen 00-11 (decimaal: 0-3). De tekensnelheid (symboolsnelheid) is daarom de helft van de bitsnelheid.

12.6.15 8-PSK

8-PSK kent 8 vectorposities met faseverschillen van 45°. Figuur 12.6-12 toont vector- en constellatiediagram.



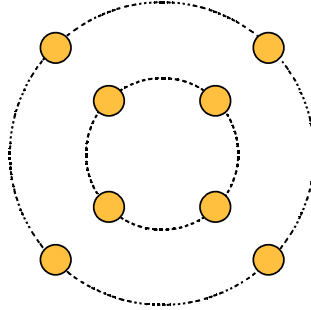
Figuur 12.6-12. Vectordiagram (links) en constellatiediagram (rechts) van 8-PSK.

Elke vectorpositie (fase) staat voor 3 bits (000 t/m 111). De tekensnelheid (symboolsnelheid) is daarom 1/3 van de bitsnelheid (of bitsnelheid is 3x tekensnelheid).

12.6.16 Quadrature Amplitude Modulation (QAM).

QAM is een mengvorm van digitale amplitude- en fasemodulatie. 8-QAM is een mengvorm van 4-PSK en 2 amplitudes. 4-PSK kent 4 verschillende fasetoestanden (2 bits),

gecombineerd met 2 amplitudes, totaal 3 bits. We geven alleen het constellatiediagram (Figuur 12.6-13).



Figuur 12.6-13. Constellatiediagram van 8-QAM.

De vier binnenste geven de vier mogelijkheden met kleine amplitude, de buitenste vier die met grote amplitude. Samen 8 mogelijkheden of 3 bits, zoals al opgemerkt. Ook hier is de bitsnelheid 3x de teken- of symbolsnelheid.



12.7 Opgaven



12.7.101 Opgave 12-101

Een Cyclic Redundancy Check (CRC) wordt gebruikt om te controleren of:

- A. Het eind van een tekst is bereikt
- B. De maximale berichtlengte niet wordt overschreden
- C. De baudsnelheid juist is ingesteld
- D. Er een overdrachtsfout is opgetreden

(F-examen januari 2013, maart 2015, maart 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.7.102 Opgave 12-102

Kies uit de afkortingen de modulatievorm voor digitale signalen:

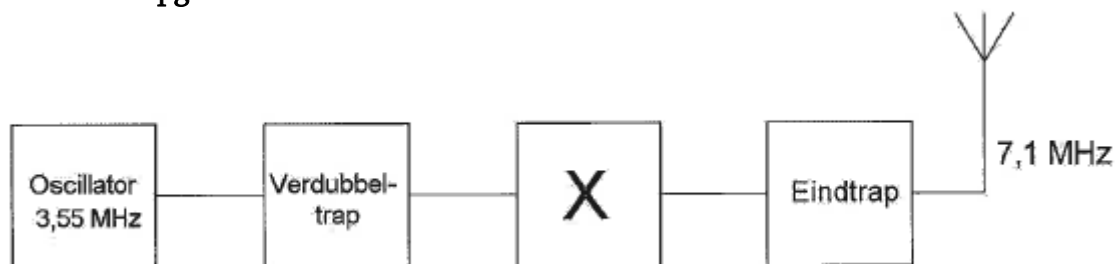
- A. 2-PSK
- B. AM
- C. EZB (SSB)
- D. FM

(F-examen april 2008)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.7.103 Opgave 12-103



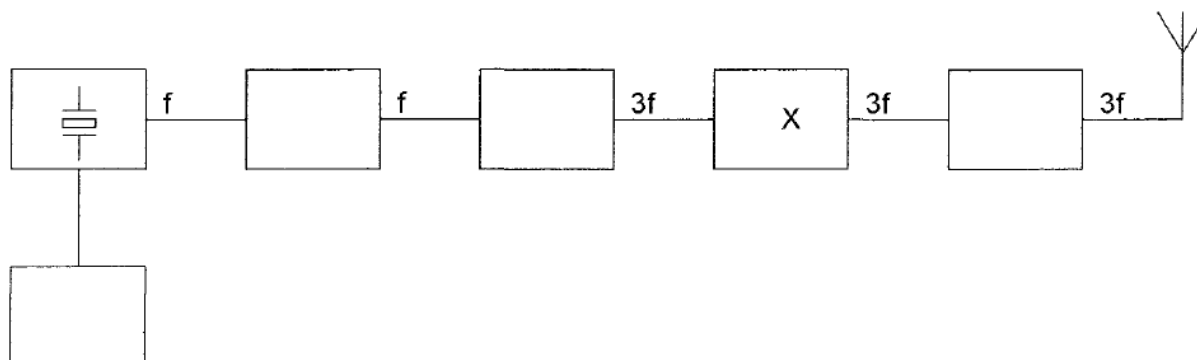
De functie van blok X is:

- A. Mengtrap
- B. 2^e verdubbeltrap
- C. Stuurtrap
- D. 3,55 MHz bandfilter

(F-examen oktober 2008, november 2010 (1), december 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.7.104 Opgave 12-104



Dit is het blokschema van een FM-zender. Het blokje gemerkt met X stelt voor:

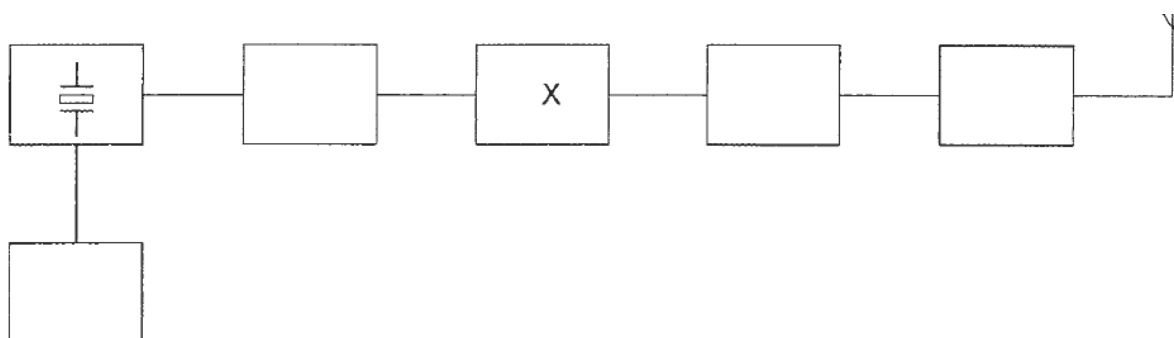
- A. De modulator
- B. De vermenigvuldigtrap
- C. De stuurtrap
- D. De oscillator

(F-examen januari 2010, mei 2011 (1), september 2014 (1), september 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.7.105 Opgave 12-105



In de figuur is het blokschema van een FM-zender weergegeven. Het blokje gemerkt met X stelt voor:

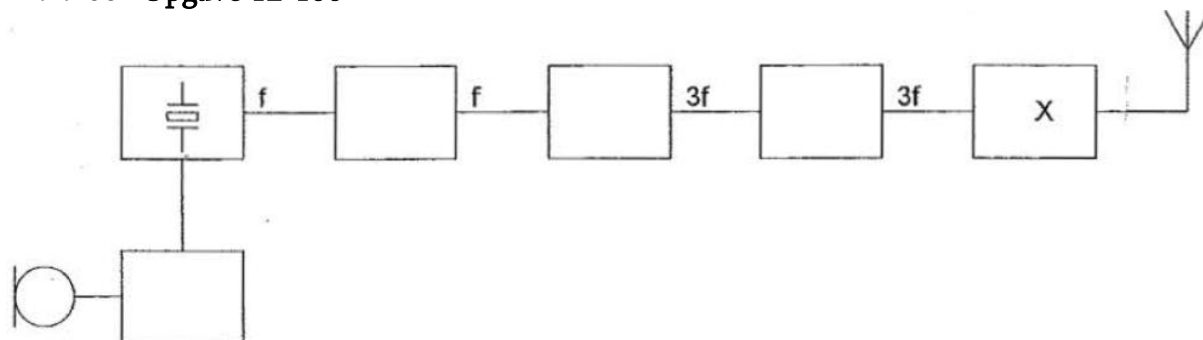
- A. Oscillator
- B. Vermenigvuldigtrap
- C. Modulator
- D. Discriminator

(F-examen maart 2011 (1), augustis 3013, September 2013 (1), januari 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.7.106 Opgave 12-106



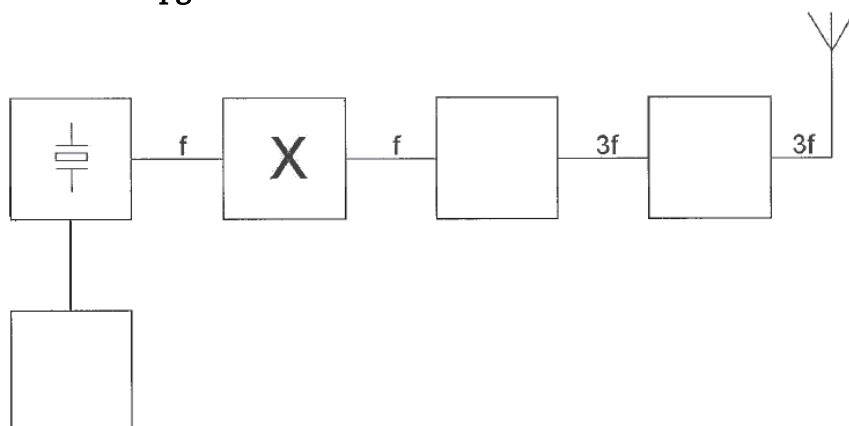
Dit is het blokschema van een FM-zender. Het blokje gemerkt met X stelt voor de:

- A. Oscillator
- B. Stuurtrap
- C. Eindtrap
- D. Modulator

(F-examen maart 2009 (1), mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.7.107 Opgave 12-107



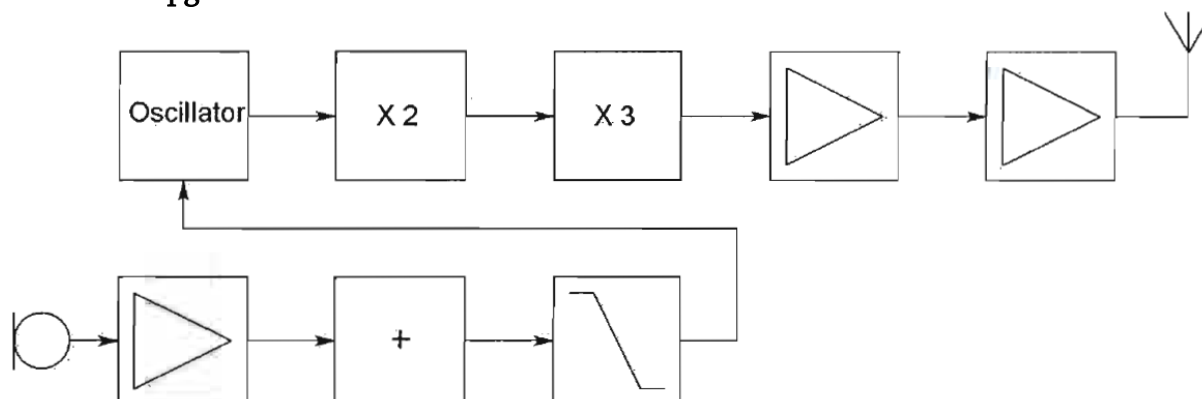
In het blokschema van een FM-zender stelt het blokje gemerkt met X voor:

- A. De modulator
- B. De stuurtrap
- C. De scheidingstrap
- D. De detector

(F-examen voorjaar 2002, maart 2009 (2), februari 2010 (2), mei 2014 (2), maart 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.7.108 Opgave 12-108



Dit is het blokschema van een FM-zender, Het met een + gemerkte blokje is de:

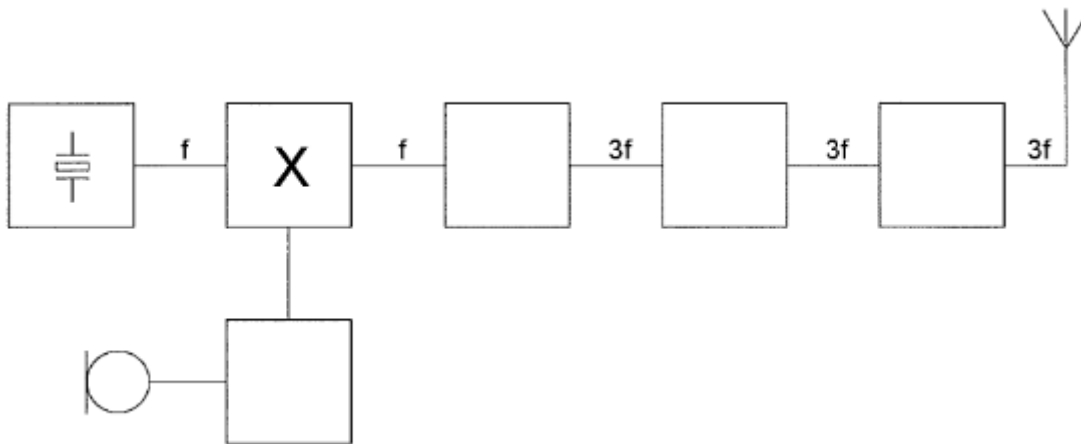
- A. Balansmodulator
- B. LF-begrenzer
- C. LF-oscillator
- D. Varicap

(F-examen mei 2009 (2), november 2010 (2), januari 2013, september 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.7.109 Opgave 12-109



Dit is het blokschema van een zender. Het blokje gemerkt met X stelt voor:

- A. De enkelzijband-modulator
- B. De oscillator
- C. De fasemodulator
- D. De stuurtrap

(F-examen najaar 2001, november 2008 (2), februari 2009, augustus 2009, november 2009, februari 2010 (1), mei 2010 (2), juni 2011, december 2011, augustus 2013, mei 2017 (2), november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.110 Opgave 12-110

De functie van een stuurtrap in een FM-zender is het:

- A. Opwekken van de zendfrequentie
- B. Besturen van de zenderfuncties
- C. Moduleren van de draaggolf
- D. Uitsturen van de eindtrap

(F-examen voorjaar 2005, november 2011, september 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.7.111 Opgave 12-111

De scheidingstrap in een zender heeft als functie het:

- A. Constant houden van de amplitude van de draaggolf
- B. Overbodig maken van het neutrodyniseren van de eindtrap
- C. Voorkomen van parasitaire oscillatieverschijnselen
- D. Voorkomen van belastingvariatiën op de oscillator

(F-examen juni 2010, mei 2011 (2), mei 2012 (1), maart 2013, mei 2013 (1), september 2014 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.112 Opgave 12-112

Een van de voordelen van een FM-zender is:

- A. Dat de bandbreedte klein is
- B. Dat alle HF-versterkertrappen in klasse B of C kunnen worden ingesteld.
- C. Dat de draaggolf is onderdrukt waardoor meer vermogen voor de zijbanden beschikbaar is
- D. Dat een grote stabiliteit van de zendfrequentie wordt verkregen.

(F-examen april 2008, juni 2009, juni 2010, november 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.7.113 Opgave 12-113

De frequentiestabiliteit van een zender wordt voornamelijk bepaald door:

- A. De modulator
- B. De mengtrap
- C. Het kristal
- D. De kring van de eindtrap

(F-examen februari 2009, april 2009, September 2009, maart 2018, mei 2018 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.7.114 Opgave 12-114

Om een goede frequentiestabiliteit van een 2-meter zender te krijgen wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van een oscillatorschakeling met:

- A. Een LC-seriekring
- B. Een LC-parallelkring
- C. Een laagdoorlaatfilter in de uitgangsleding
- D. Een kristal

(F-examen september 2009 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.115 Opgave 12-115

Een zender werkt op 145 MHz. De eerste harmonische hiervan is:

- A. 217,5 MHz
- B. 72,5 MHz
- C. 290 MHz
- D. 145 MHz

(F-examen maart 2012, mei 2018 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.116 Opgave 12-116

In een 2-meter FM-zender wordt doorgaans:

- A. Het oscillatorsignaal eerst in frequentie verveelvoudigd tot de zendfrequentie en vervolgens gemoduleerd
- B. Het modulatiesignaal verveelvoudigd en aan de eindtrap toegevoerd
- C. Het oscillatorsignaal eerst gemoduleerd en vervolgens in frequentie verveelvoudigd
- D. het modulatiesignaal en het oscillatorsignaal beide afzonderlijk verveelvoudigd en dan aan de modulator toegevoerd

(F-examen voorjaar 2003)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.117 Opgave 12-117

In een 2-meter FM-zender worden drie frequentie-vermenigvuldigtrappen toegepast. Deze trappen vermenigvuldigen 2 maal, 3 maal en 3 maal.

De oscillatorfrequentie is ongeveer

- A. 8 MHz
- B. 18 MHz
- C. 12 MHz
- D. 24 MHz

(F-examen januari 2009, april 2011, december 2011, September 2014 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.7.118 Opgave 12-118**

In een zenderstuurtrap wordt het signaal van een kristaloscillator gemengd met dat van een variabele oscillator.

Voor het zendbereik tussen 3,5 - 3,8 MHz komt de volgende combinatie in aanmerking:

- A. Kristaloscillator 9,3 MHz; variabele oscillator 5,5 - 5,8 MHz
- B. Kristaloscillator 4,0 MHz; variabele oscillator 400 - 700 kHz
- C. Kristaloscillator 2,6 MHz; variabele oscillator 1,2 - 1,5 MHz
- D. Kristaloscillator 3,5 MHz; variabele oscillator 200 - 500 kHz

(F-examen voorjaar 2004, september 2009 (2), september 2010 (1), januari 2011, juli 2011, september 2011 (2), mei 2012 (2), november 2013 (1), mei 2016 (1), mei 2017 (1), september 2017)

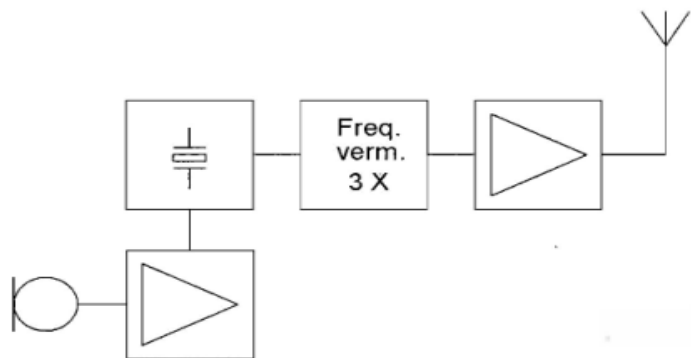
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.7.119 Opgave 12-119

De frequentiezwaaai van het antennesignaal is 12 kHz. De frequentiezwaaai van de oscillator is:

- A. 4 kHz
- B. 3 kHz
- C. 36 kHz
- D. 12 kHz



(F-examen augustus 2009, augustus 2011, November 2016, maart 2018, maart 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.7.120 Opgave 12-120**

De oscillator van een 2-meter FM-zender heeft een frequentie van 36 MHz en wordt gemoduleerd zodat een frequentiezwaai van 1 kHz ontstaat. Het uitgezonden signaal wordt door vermenigvuldiging verkregen. De frequentiezwaai daarvan is:

- A. 0,25 kHz
- B. 2 kHz
- C. 1 kHz
- D. 4 kHz

(F-examen voorjaar 2001, mei 2009 (2), september 2014 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.7.121 Opgave 12-121**

Een 432 MHz zender bestaat uit een gemoduleerde oscillator op 18 MHz, gevolgd door frequentie vermenigvuldig trappen. De frequentiezwaaai van het 432 MHz signaal is 1440 Hz. De frequentiezwaaai van het oscillatorsignaal is:

- A. 1440 Hz
- B. 450 Hz
- C. 2880 Hz
- D. 60 Hz

(F-examen najaar 2005, december 2008, mei 2013 (2), november 2014 (2), maart 2016, november 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.7.122 Opgave 12-122**

Een 144 MHz FM-zender bestaat uit een gemoduleerde oscillator op 9 MHz, gevolgd door vermenigvuldigtrappen. De frequentiezwaai van het uitgangssignaal is 1600 Hz. De frequentiezwaai van het oscillatorsignaal is:

- A. 2304 Hz
- B. 100 Hz
- C. 1600 Hz
- D. 177 Hz

(F-examen najaar 2004, maart 2011 (1), november 2011, september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.123 Opgave 12-123

Een zender voor 144 MHz heeft in het uitgangssignaal een sterke component op 72 MHz.

Dit is waarschijnlijk het gevolg van:

- A. Onjuist oscilleren van de kristaloscillator
- B. Onjuiste belasting van de eindversterker
- C. Een onvoldoende filtering van het signaal voordat het aan de eindversterker wordt aangeboden
- D. Een onjuiste keuze van de kristalfrequentie

(F-examen maart 2011 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.7.124 Opgave 12-124**

In een 2-meter zender wordt het signaal van een 12 MHz oscillator vermenigvuldigd naar een zendfrequentie van 144 MHz. De oscillator heeft een frequentieverloop van 12 Hz per minuut. De zendfrequentie verloopt in 10 minuten:

- A. 144 Hz
- B. 1440 Hz
- C. 10 Hz
- D. 120 Hz

(F-examen juli 2010, september 2010 (2), juni 2011, augustus 2011, maart 2012, september 2014 (2), januari 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.125 Opgave 12-125

De LF-begrenzer in een FM-zender dient om:

- A. De frequentiezwaaai binnen vastgestelde grenzen te houden
- B. Het frequentieverloop van de zender te beperken
- C. De uitstraling van harmonischen te begrenzen
- D. Te hoge modulatiefrequenties te verwijderen.

(F-examen mei 2009 (1), januari 2011, september 2011, mei 2012 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.7.126 Opgave 12-126

Om uitstraling van harmonischen door een zender te beperken, wordt in de zenderuitgang een filter opgenomen. Dit moet zijn een

- A. Hoogdoorlaatfilter
- B. Staande golffilter
- C. Laagdoorlaatfilter
- D. Seinsleutelklikfilter

(F-examen april 2008, september 2013 (1), mei 2016 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.7.127 Opgave 12-127

Voor een telegrafiezender (A1A) geldt:

- A. De bandbreedte van het uitgezonden signaal is nul hertz
- B. Er kan alleen in de eindtrap worden gesleuteld
- C. De frequentiestabiliteit is niet belangrijk omdat er geen spraakmodulatie wordt toegepast
- D. Alle trappen kunnen in klasse C worden ingesteld

(F-examen voorjaar 2000, voorjaar 2002, november 2009, augustus 2011, maart 2013, november 2011 (1), januari 2015, mei 2017 (2), september 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.128 Opgave 12-128

Voor een EZB-zender geldt:

- A. De zendereindtrap mag in klasse C worden ingesteld
- B. De trappen **na** de balansmodulator moeten in klasse A of B worden ingesteld
- C. Er kan geen frequentietransformatie worden toegepast
- D. In de trappen **na** de balansmodulator mag frequentievermenigvuldiging worden toegepast

(F-examen najaar 2001, oktober 2008, augustus 2009, maart 2010, mei 2010 (2), mei 2011 (3), juli 2011, september 2011 (1 en 2), mei 2012 (2), september 2012, mei 2017 (2), januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.129 Opgave 12-129

In een enkelzijbandzender wordt de draaggolf onderdrukt om:

- A. Het beschikbare vermogen in de zijband te concentreren
- B. Storingen door laagfrequent detectie te verminderen
- C. De verstaanbaarheid te verbeteren
- D. De bandbreedte te halveren

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

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.7.130 Opgave 12-130

Als een niet-lineaire zenderversterker gebruikt wordt voor EZB -telefonie dan:

- A. Wordt de zijband omgekeerd
- B. Wordt de verstaanbaarheid verbeterd
- C. Wordt de bandbreedte kleiner
- D. Ontstaat er vervorming

(F-examen juni 2009, november 2013 (2), mei 2018 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.131 Opgave 12-131

In een EZB -zender wordt een zijbandfilter toegepast.

Dit filter is geplaatst tussen:

- A. De balansmodulator en de daaropvolgende versterkertrap van de zender
- B. De draaggolfgenerator en de balansmodulator
- C. De microfoonversterker en de balansmodulator
- D. De microfoon en de microfoonversterker

(F-examen najaar 2005, september 2014 (2), mei 2016 (3))

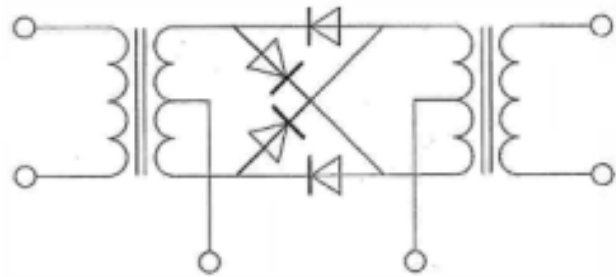
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.7.132 Opgave 12-132

De schakeling stelt voor een:

- A. Dubbelfasige gelijkrichter
- B. Balansmodulator
- C. Frequentie-discriminator
- D. Spanningsverdubbelaar



(F-examen april 2010, maart 2014, November 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.133 Opgave 12-133

De balansmodulator in een enkelzijband-zender:

- A. Verkleint de vervorming van het laagfrequent signaal
- B. Verbeterd de signaal-ruisverhouding
- C. Onderdrukt één van de zijbanden
- D. Onderdrukt de draaggolf

(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 



12.7.134 Opgave 12-134

In een enkelzijband zender wordt een balansmodulator gebruikt, waardoor:

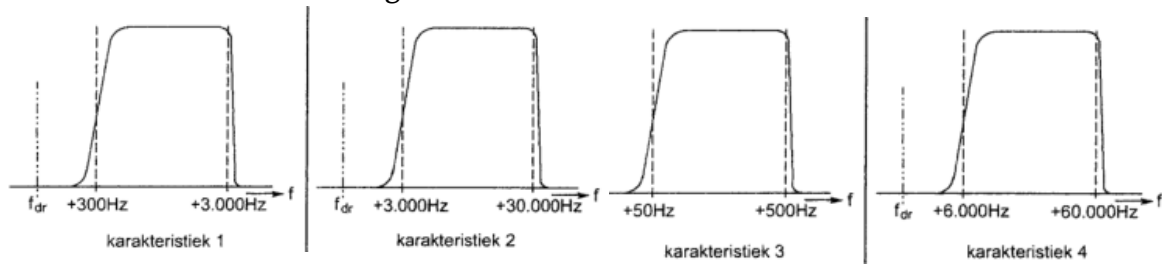
- A. De draaggolf en een zijband worden onderdrukt
- B. 90 graden faseverschuiving wordt bereikt
- C. Alleen de draaggolf wordt onderdrukt
- D. Alleen een zijband wordt onderdrukt

(F-examen voorjaar 2001, voorjaar 2007, oktober 2008, mei 2009 (2), juli 2010, maart 2011 (2), maart 2012, mei 2014 (2), september 2016, maart 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.7.135 Opgave 12-135

Welke filterkarakteristiek is geschikt voor een telefonie SSB-zender?



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

(F-examen najaar 2002, mei 2017 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.7.136 Opgave 12-136**

Om de in het HF-spectrum ingenomen bandbreedte te beperken, wordt in de modulatieversterker van een EZB-zender een laagdoorlaat- en een hoogdoorlaatfilter opgenomen. De gebruikelijke afsnijfrequenties van deze filters bedragen:

- A. Hoogdoorlaat: $f = 600 \text{ Hz}$, laagdoorlaat: $f = 1800 \text{ Hz}$
- B. Hoogdoorlaat: $f = 300 \text{ Hz}$, laagdoorlaat: $f = 3000 \text{ Hz}$
- C. Hoogdoorlaat: $f = 50 \text{ Hz}$, laagdoorlaat: $f = 15000 \text{ Hz}$
- D. Hoogdoorlaat: $f = 0 \text{ Hz}$, laagdoorlaat: $f = 6000 \text{ Hz}$

(F-examen mei 2015 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**12.7.137 Opgave 12-137**

Een enkelzijband-telefoniezender met onderdrukte draaggolf op 28,5 MHz werkt volgens de filtermethode en wordt gemoduleerd met een sinusvormig signaal van 2500 Hz. De hoge zijband wordt uitgezonden. In het frequentiespectrum komt de component 28497,5 kHz in sterke mate voor. Dat wijst op:

- A. Intermodulatie in een trap na het zijbandfilter
- B. Intermodulatie in de balansmodulator
- C. Onvoldoende onderdrukking van de lage zijband
- D. Onvoldoende onderdrukking van de draaggolf

(F-examen voorjaar 2001, januari 2017)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.7.138 Opgave 12-138**

Een enkelzijbandzender werkt met een draaggolfoscillator van 1 MHz. Het zijbandfilter laat uitsluitend frequenties in de lage zijband door. Voor spraaksignalen met een frequentie tussen 300 Hz en 3000 Hz zijn de grenzen van de doorlaatband van dit filter:

- A. 1000,3 kHz en 1003 kHz
- B. 997 kHz en 997,7 kHz
- C. 997,7 kHz en 1003,3 kHz
- D. 997 kHz en 1003 kHz

(F-examen augustus 2010, september 2013 (1), maart 2016, mei 2018 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.139 Opgave 12-139

Een zender voor 144 MHz werkt met een kristaloscillator van 18 MHz. Indien de kristaloscillator 1 kHz verloopt, verloopt de zendfrequentie:

- A. 1 kHz
- B. 8 kHz
- C. 18 kHz
- D. 144 kHz

(F-examen najaar 2006)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.7.140 Opgave 12-140

Een EZB -zender met onderdrukte draaggolf wordt gemoduleerd met spraak waaruit alle frequenties beneden 500 Hz en boven 2500 Hz zijn gefilterd.

De bandbreedte van deze zender is:

- A. 2000 Hz
- B. 5000 Hz
- C. 5000 Hz
- D. 2500 Hz

(F-examen najaar 2001, mei 2010 (2), september 2011 (1), januari 2017, september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.7.141 Opgave 12-141**

In een EZB-zender wordt de lage zijband opgewekt op een draaggolffrequentie van 1MHz. Dit signaal wordt in een mengtrafo gemengd met dat van een oscillator op 4 MHz. Aan de uitgang van de mengtrap vinden we onder andere een één-zijbandsignaal op

- A. 3 MHz met de lage zijband
- B. 4 MHz met de hoge zijband
- C. 5 MHz met de hoge zijband
- D. 5 MHz met de lage zijband

(F-examen najaar 2000, juli 2010, augustus 2010, maart 2011 (1), januari 2013, september 2014 (1), mei 2018 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.7.142 Opgave 12-142**

Een ideale enkelzijband-telefoniezender met onderdrukte draaggolf op 7 MHz, zendt de hoge zijband uit. De modulatie bestaat uit sinusvormige signalen van 1000 en 1800 Hz. In het uitgezonden frequentiespectrum zijn componenten aanwezig op:

- A. 7000 kHz, 7001 kHz, 7001,8 kHz en 7002,8 kHz
- B. 7001 kHz en 7001,8 kHz
- C. 6999 kHz en 6998,2 kHz
- D. 7002,8 kHz en 7000,8 kHz

(F-examen voorjaar 2002, mei 2010 (2), mei 2014 (2), januari 2020)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.7.143 Opgave 12-143**

In een enkelzijband zender wordt het signaal opgewekt als lage zijband. De draaggolf-oscillator werkt op 455 kHz. Alleen laagfrequente signalen tussen 300 en 3000 Hz mogen worden overgebracht. De doorlaatband van het zijbandfilter moet liggen tussen de frequenties:

- A. 455,3 kHz en 458,0 kHz
- B. 452,0 kHz en 458,0 kHz
- C. 455,0 kHz en 458,0 kHz
- D. 452,0 kHz en 454,7 kHz

(F-examen april 2009, oktober 2009, September 2010 (2), maart 2011 (1), mei 2011 (3), augustus 2011, september 2012)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.144 Opgave 12-144

Een zendereindtrap, bedoeld voor het versterken van een enkelzijband signaal, wordt voor een zo hoog mogelijk rendement ingesteld in:

- A. De klasse heeft geen invloed op het rendement.
- B. Klasse C
- C. Klasse A
- D. Klasse B

(F-examen september 2011 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.7.145 Opgave 12-145

Als gevolg van niet -lineariteit in een zendereindtrap ontstaat:

- A. Frequentie-instabiliteit
- B. Extra warmte
- C. Intermodulatie
- D. Frequentiemoduatie

(F-examen voorjaar 2002, augustus 2009, september 2012, mei 2017 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**12.7.146 Opgave 12-146**

In een EZB -amateur-zender wordt de modulatie verkregen door middel van een balansmodulator. Daarachter is een zijband-doorlaatfilter geschakeld.

De gangbare bandbreedte van dit filter voor goed verstaanbare spraak bedraagt:

- A. 1200 Hz
- B. 2400 Hz
- C. 4800 Hz
- D. 9600 Hz

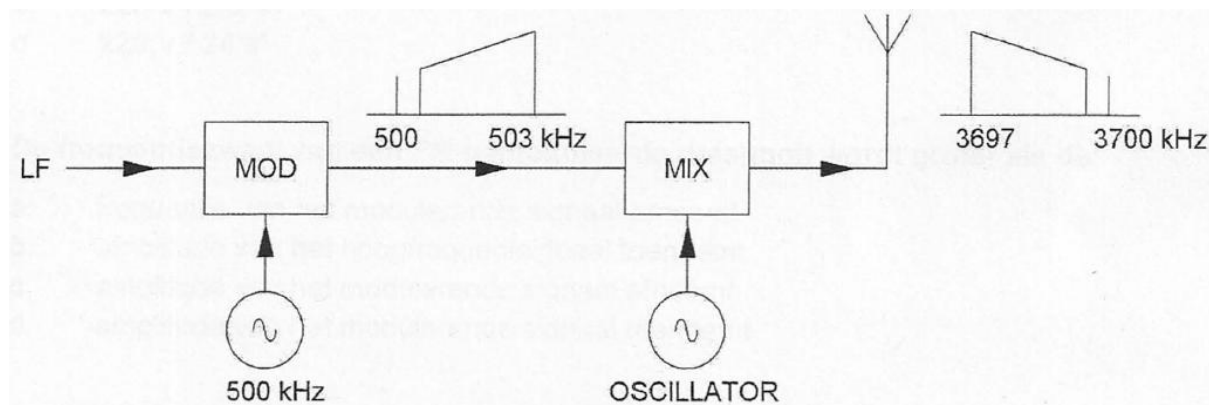
(F-examen voorjaar 2005, april 2010, september 2013 (2), mei 2016, september 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.7.147 Opgave 12-147

In een EZB-zender wordt de hoge zijband opgewekt met een draaggolffrequentie van 500 kHz. De draaggolf-zendfrequentie bedraagt 3700 kHz, waarbij de lage zijband dient te worden uitgezonden.



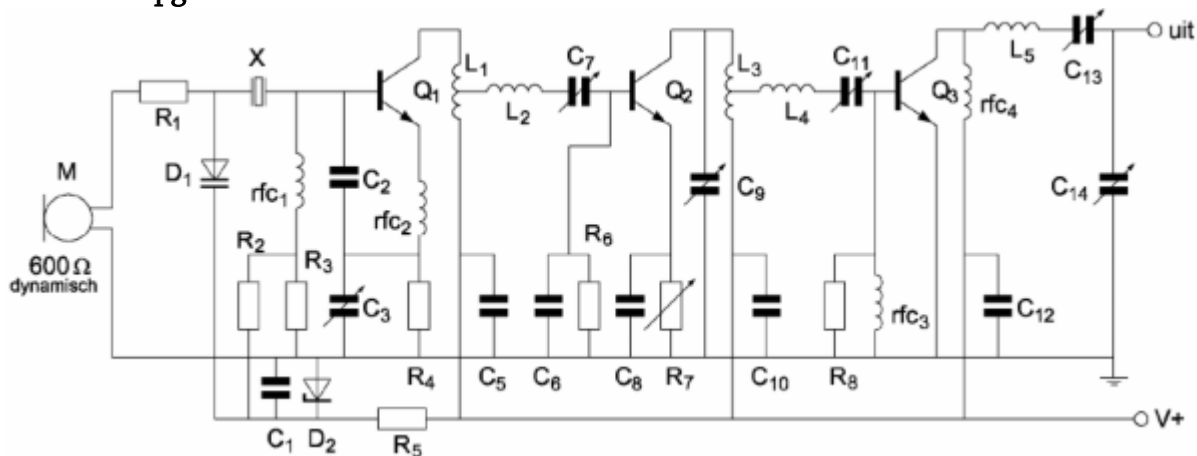
De oscillatorfrequentie is:

- A. 2700 kHz
- B. 4200 kHz
- C. 3700 kHz
- D. 3200 kHz

(F-examen april 2009, november 2010 (1), april 2011, mei 2011 (1), september 2011 (1), november 2013, maart 2019, november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.7.148 Opgave 12-148



Dit is een deel van een:

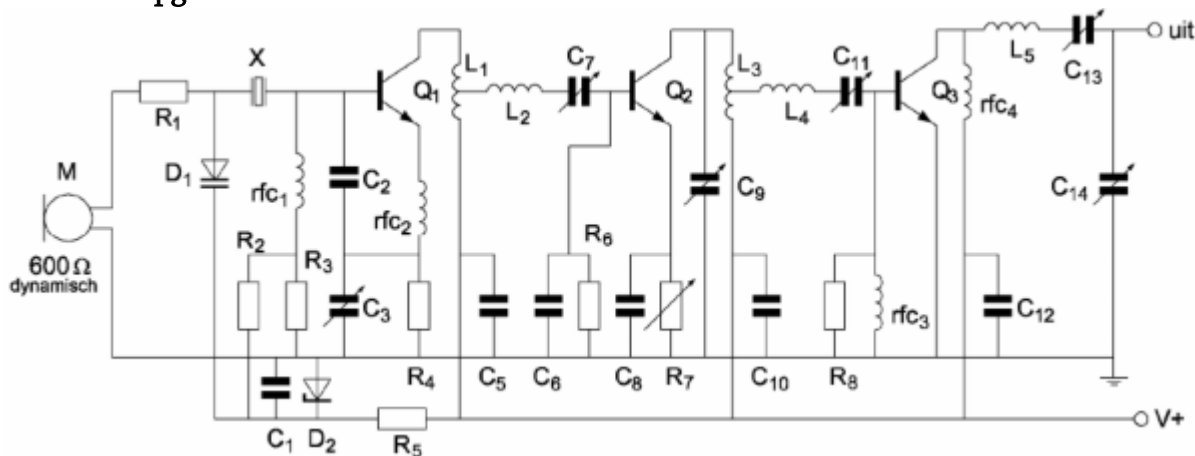
- A. AM-zender
- B. CW-zender
- C. FM-zender
- D. EZB-zender

(F-examen april 2008, januari 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.7.149 Opgave 12-149



R₅ heeft ten doel:

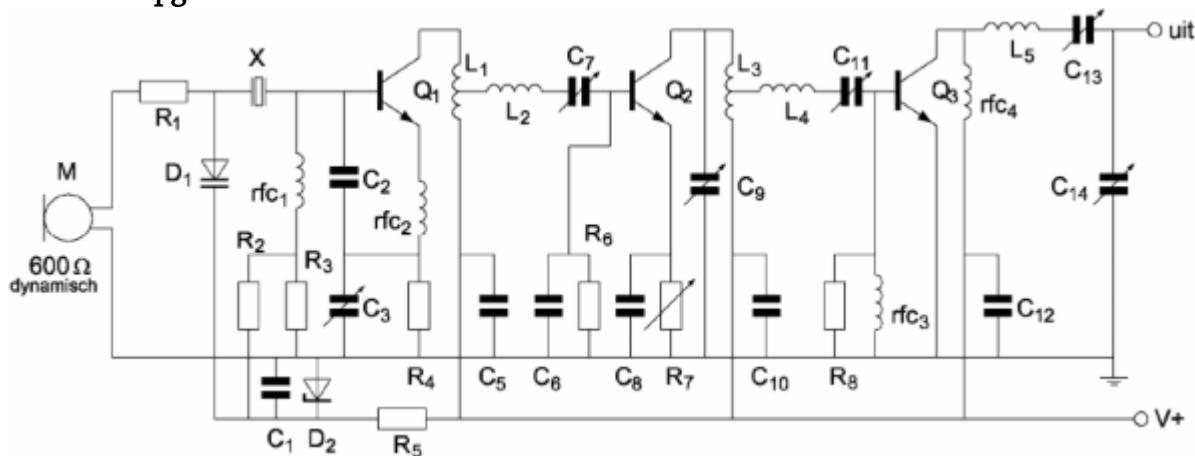
- Het aanbieden van de juiste stroom door D₂
- Hoogfrequent tegenkoppeling door Q₁
- Stroombegrenzing door D₁
- Voedingsspanning-ontkoppeling voor Q₁ samen met C₅

(F-examen augustus 2010, mei 2014 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.7.150 Opgave 12-150



Voor een bruikbare modulatie zal de waarde van R1 liggen in de orde van:

- A. 10 Ω
- B. 1 Ω
- C. 600 Ω
- D. 100 k Ω

(F-examen november 2008 (1), april 2009, augustus 2010, maart 2011 (2), mei 2011 (3), september 2012, mei 2016 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.8 Uitwerkingen



12.8.101 **Uitwerking van Opgave 12-101**

Een Cyclic Redundancy Check (CRC) wordt gebruikt om te controleren of:

- A. Het eind van een tekst is bereikt
- B. De maximale berichtlengte niet wordt overschreden
- C. De baudsnelheid juist is ingesteld
- D. Er een overdrachtsfout is opgetreden**

Uitwerking

CRC is een vorm van foutdetectie in onder meer Packet Radio en wordt gebruikt als controle op fouten bij data-overdracht. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.102 Uitwerking van Opgave 12-102**

Kies uit de afkortingen de modulatievorm voor digitale signalen:

- A. 2-PSK
- B. AM
- C. EZB (SSB)
- D. FM

Uitwerking

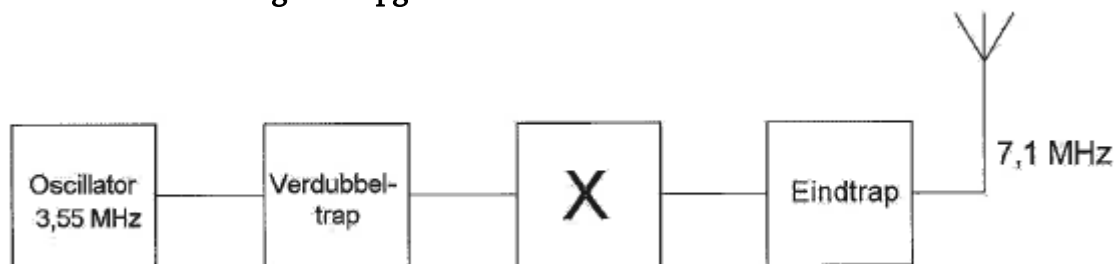
De enige digitale modulatievorm van de vier mogelijkheden is 2-PSK. Dat betekent antwoord A. Verder nadenken overbodig.

Opmerking

PSK staat voor Phase Shift Keying. De 2 betekent dat er per periode twee mogelijkheden zijn voor een fasesprong: één van 0 naar 180 graden (= 0 naar π) en één van 180 graden naar 0 graden (= π naar 0). De eerste geeft 0 aan, de tweede 1. Dat komt neer op 1 bit per teken: baudsnelheid = bitsnelheid.

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

12.8.103 Uitwerking van Opgave 12-103



De functie van blok X is:

- A. Mengtrap
- B. 2^e verdubbeltrap
- C. **Stuurtrap**
- D. 3,55 MHz bandfilter

Uitwerking

De oscillator moet gemoduleerd zijn, want er zit nergens een aansluiting voor LF-input of een seinsleutel. Dan is het een FM-zender. Dat blijkt ook uit het feit dat hier frequentieverdubbeling wordt toegepast, want de uitgangsfrequentie is 2x de oscillatorfrequentie. Er zit dus één verdubbeltrap in. Dat is het tweede blokje van links. Dan kan het met X aangegeven blokje niets anders zijn dan de stuurtrap. Antwoord C.

Opmerking

Ooit waren FM-zenders met frequentievermenigvuldiging heel gewoon. Een oscillator voor lagere frequenties is nu eenmaal gemakkelijker stabiel te krijgen dan één voor hogere. Tegenwoordig worden bijna altijd andere technieken toegepast, zoals de fasevergrendelde lus (PLL) die in hoofdstuk 13 aan de orde komt.

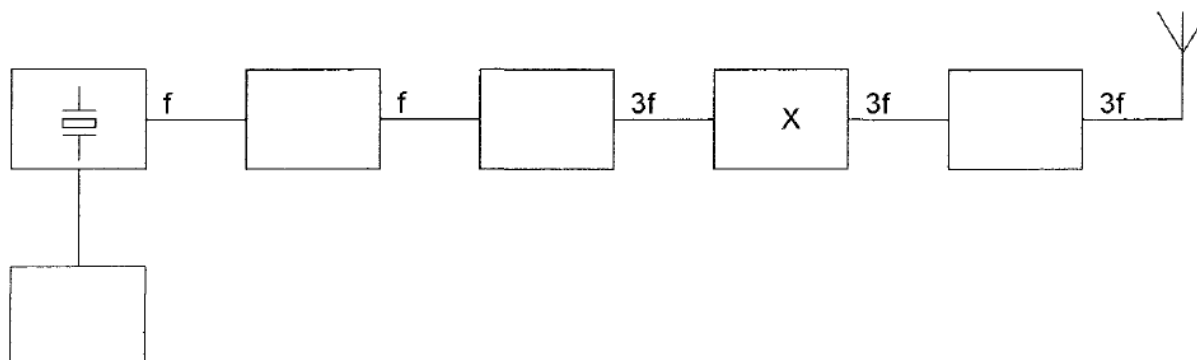


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.8.104 Uitwerking van Opgave 12-104



Dit is het blokschema van een FM-zender. Het blokje gemerkt met X stelt voor:

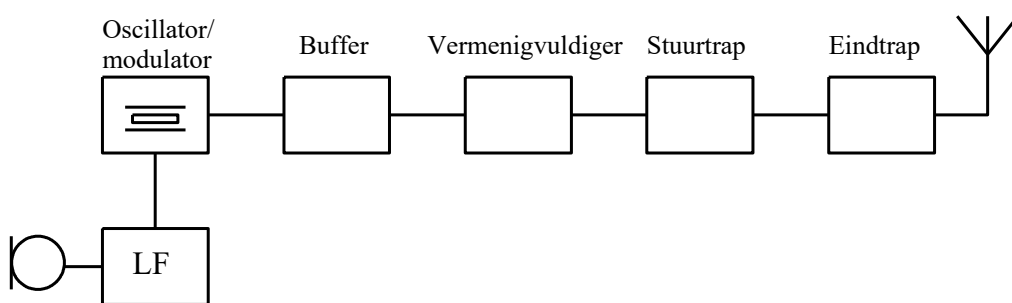
- A. De modulator
- B. De vermenigvuldigtrap
- C. De stuurtrap
- D. De oscillator

Uitwerking

Het gemerkte blokje stelt een stuurtrap voor. De ingangsfrequentie ($3f$) van het gemerkte blokje is gelijk aan de uitgangsfrequentie (ook $3f$), dus is het geen vermenigvuldigtrap. Het is de laatste trap vóór de eindtrap. Dan kan het alleen een stuurtrap zijn. Antwoord C.

Opmerking

Dit soort FM-zenders met frequentievermenigvuldiger(s) zijn steeds variaties op hetzelfde patroon: oscillator/modulator, buffer met vermenigvuldiger, stuurtrap, eindtrap en daarna natuurlijk de antenne. Zie de afbeelding hieronder met ezelsbrug:



Ezelsbrug: Ook Bij veel Vermenigvuldigers Slechts Een Antenne. (in dit soort schakelingen kan meer dan één vermenigvuldiger met voorafgaande buffer zitten)

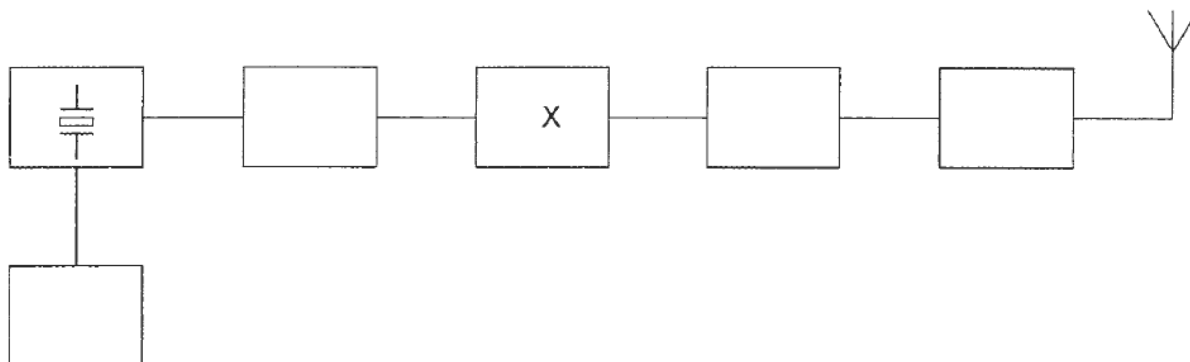


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.8.105 Uitwerking van Opgave 12-105



In de figuur is het blokschema van een FM-zender weergegeven. Het blokje gemerkt met X stelt voor:

- A. Oscillator
- B. Vermenigvuldigtrap**
- C. Modulator
- D. Discriminator

Uitwerking

Na de oscillator volgt eerst een buffer, daarna met het kruisje een vermenigvuldigtrap. (daarna komt weer een buffer en de eindtrap). Antwoord B.

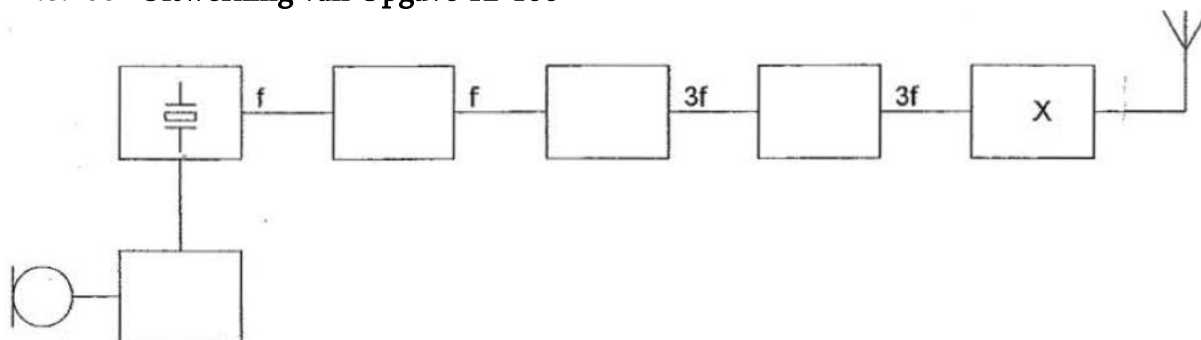


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.8.106 Uitwerking van Opgave 12-106



Dit is het blokschema van een FM-zender. Het blokje gemerkt met X stelt voor de:

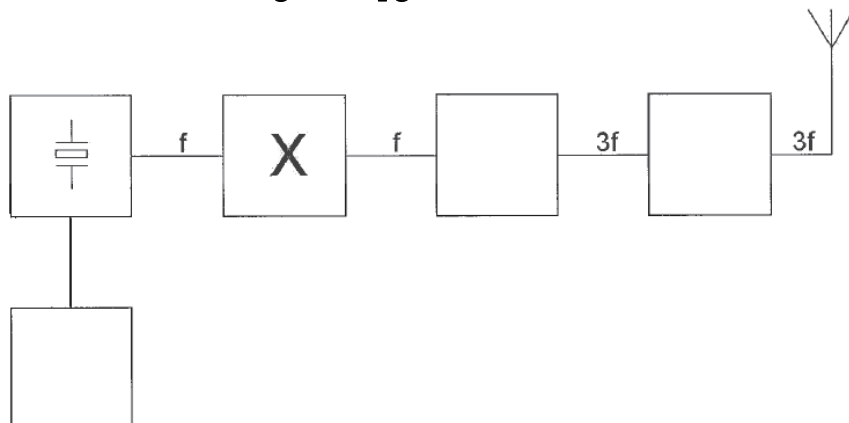
- A. Oscillator
- B. Stuurtrap
- C. **Eindtrap**
- D. Modulator

Uitwerking

Blokje X is direct verbonden met de antenne. Dat kan alleen de eindtrap zijn. Antwoord C.

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

12.8.107 Uitwerking van Opgave 12-107



In het blokschema van een FM-zender stelt het blokje gemerkt met X voor:

- A. De modulator
- B. De stuurtrap
- C. De scheidingstrap**
- D. De detector

Uitwerking

Dit is een buffertrap tussen oscillator en frequentievermenigvuldiger (f in, $3f$ uit). Een ander woord voor *buffertrap* is *scheidingstrap*. Antwoord C.

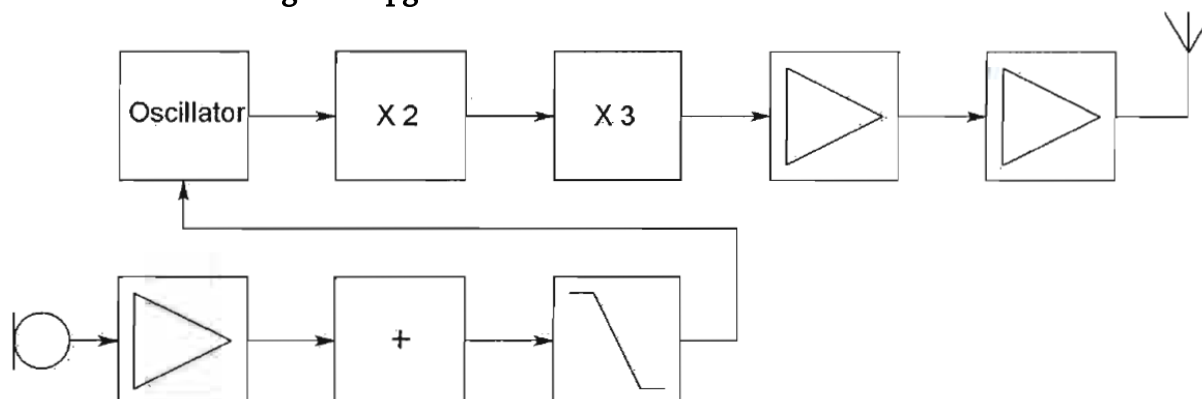


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.8.108 Uitwerking van Opgave 12-108



Dit is het blokschema van een FM-zender, Het met een + gemerkte blokje is de:

- A. Balansmodulator
- B. LF-begrenzer**
- C. LF-oscillator
- D. Varicap

Uitwerking

Dit blokje zit in het LF-deel. Daarmee vallen de HF-achtige antwoorden A en D af. Een oscillator in een LF-versterker zal een nutteloos en hoogstens storend bestaan leiden, dus die valt ook af. Blijft over antwoord B, de LF-begrenzer. Antwoord B.

Opmerking

Wat moet je met zo'n begrenzer, zullen sommigen zich afvragen. Antwoord:

De begrenzer hangt rechtstreeks samen met het feit dat met toenemende LF-amplitude ook de bandbreedte van het ermee gemoduleerde signaal toeneemt. De LF-versterker heeft als functie, het microfoonsignaal te versterken, maar de amplitude van het versterkte signaal mag niet zo groot worden dat de bandbreedte van het FM-signaal te groot wordt. Vandaar de begrenzer. Dit verklaart ook het laagdoorlaatfilter dat erop volgt. Immers, begrenzen betekent harmonischen maken en die worden door het laagdoorlaatfilter netjes onderdrukt. Het hele LF-spectrum moet dan binnen het spectrum van 300-2700 Hz of 300-3000 Hz vallen. Dat bevestigt dat antwoord B goed is.

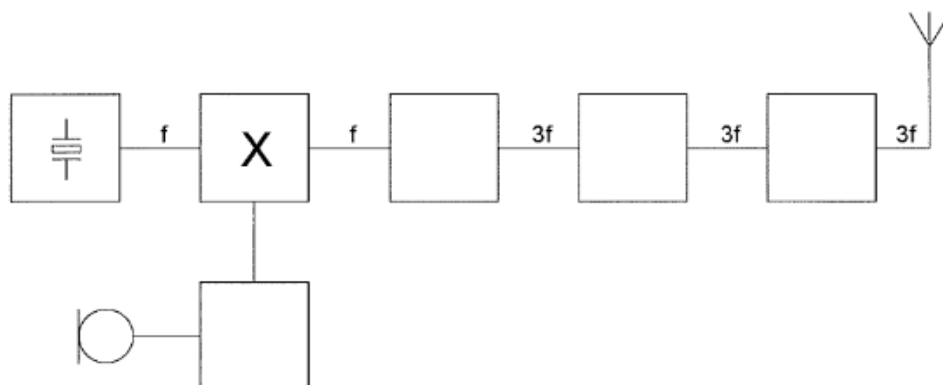


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.8.109 Uitwerking van Opgave 12-109



Dit is het blokschema van een zender. Het blokje gemerkt met X stelt voor:

- A. De enkelzijband-modulator
- B. De oscillator
- C. De fasemodulator
- D. De stuurtrap

Uitwerking

We perken eerst het aantal mogelijke antwoorden in. Een enkelzijband-modulator kan het niet zijn. Dan zou in de frequentievermenigvuldiger de spraakfrequentie 3x zo hoog worden. Een oscillator gevolgd door een oscillator is niet erg waarschijnlijk. Die valt dus ook af. De fasemodulator? Misschien wel. Een stuurtrap verbonden met een microfoonversterker? Dan zou het een modulator moeten zijn en dat past bij antwoord C. Daar gaan we dus mee verder. Een fasemodulator werkt met een afgestemde kring die door de modulatie verstemd wordt. En dat kan heel goed, want de LF-versterker is met het blokje verbonden. De verstemming door het LF-sigitaal gebeurt door het LF-sigitaal via een varicap. Dit geeft meteen het verschil tussen een FM- en een PM-modulator. FM: direct op de oscillator, PM op een afgestemde kring waarop een oscillatorsigitaal terecht komt. Antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.8.110 Uitwerking van Opgave 12-110

De functie van een stuurtrap in een FM-zender is het:

- A. Opwekken van de zendfrequentie
- B. Besturen van de zenderfuncties
- C. Moduleren van de draaggolf
- D. Uitsturen van de eindtrap**

Uitwerking

In een FM-zender stuurt de stuurtrap de eindtrap uit. Die levert meestal een paar watt om de FM-eindtrap volledig te kunnen uitsturen. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.111 Uitwerking van Opgave 12-111**

De scheidingstrap in een zender heeft als functie het:

- A. Constant houden van de amplitude van de draaggolf
- B. Overbodig maken van het neutrodyniseren van de eindtrap
- C. Voorkomen van parasitaire oscillatieverschijnselen
- D. Voorkomen van belastingvariati es op de oscillator**

Uitwerking

De scheidingstrap of bufferversterker (zie ook de uitwerking van Opgave 12-107) voorkomt belastingvariati es op de oscillator. Antwoord D.

Opmerking

Neutrodynisatie is een manier om bij versterkertrappen optreden van het Miller-effect te voorkomen. Nu zal dat effect bij een zendereindtrap vrijwel nooit optreden en bovendien is het geen examenstof meer, zodat het niet in een antwoord zou mogen voorkomen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.112 Uitwerking van Opgave 12-112**

Een van de voordelen van een FM-zender is:

- A. Dat de bandbreedte klein is
- B. Dat alle HF-versterkertrappen in klasse B of C kunnen worden ingesteld.**
- C. Dat de draaggolf is onderdrukt waardoor meer vermogen voor de zijbanden beschikbaar is
- D. Dat een grote stabiliteit van de zendfrequentie wordt verkregen.

Uitwerking

Het enige zinnige antwoord is B. Je kunt een FM-trap rustig in klasse C instellen, omdat de informatie niet in de amplitude zit die dan flink wordt vervormd, maar in de frequentie waarmee bij instelling in klasse C niets gebeurt. De “beloning” is een rendement tot 75% in plaats van ongeveer 50% of lager.

Opmerkingen

Antwoord A: De bandbreedte van een FM-zender is nooit klein in vergelijking met AM, laat staan in vergelijking met EZB

Antwoord B: FM kent geen onderdrukte draaggolf

Antwoord D: Een zendfrequentie wordt niet stabiel van de instelling van de eindtrap; de stabiliteit zit in de oscillator en de aanwezigheid van een stuurtrap.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.113 Uitwerking van Opgave 12-113**

De frequentiestabiliteit van een zender wordt voornamelijk bepaald door:

- A. De modulator
- B. De mengtrap
- C. Het kristal**
- D. De kring van de eindtrap

Uitwerking

De frequentiestabiliteit van een zender met vrijlopende oscillator (VFO) wordt vooral bepaald door de stabiliteit van de oscillator en bij een zender met kristaloscillator door het kristal. De kristaloscillator wint het als het om stabiliteit gaat, maar verliest het op het punt van afstembaarheid, want die is er niet of maar heel beperkt. Alles bij elkaar: antwoord C.

Opmerking

De PLL (phase locked loop, hoofdstuk 13) verenigt beide voordelen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.114 Uitwerking van Opgave 12-114**

Om een goede frequentiestabiliteit van een 2-meter zender te krijgen wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van een oscillatorschakeling met:

- A. Een LC-seriekring
- B. Een LC-parallelkring
- C. Een laagdoorlaatfilter in de uitgangsleding
- D. **Een kristal**

Uitwerking

Hier geldt dezelfde redenering als bij de uitwerking van Opgave 12-113 die uitkomt op een kristal. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.115 Uitwerking van Opgave 12-115**

Een zender werkt op 145 MHz. De eerste harmonische hiervan is:

- A. 217,5 MHz
- B. 72,5 MHz
- C. 290 MHz
- D. 145 MHz

Uitwerking

De eerste harmonische van een frequentie is de frequentie zelf. Hogere harmonischen zijn de 2^e, 3^e, enz. met 2x en 3x de oorspronkelijke frequentie (grondfrequentie zeggen we ook wel), enz. Het juiste antwoord is dan ook D. De instinker is C, de tweede harmonische.

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

**12.8.116 Uitwerking van Opgave 12-116**

In een 2-meter FM-zender wordt doorgaans:

- A. Het oscillatorsignaal eerst in frequentie verveelvoudigd tot de zendfrequentie en vervolgens gemoduleerd
- B. Het modulatiesignaal verveelvoudigd en aan de eindtrap toegevoerd
- C. Het oscillatorsignaal eerst gemoduleerd en vervolgens in frequentie verveelvoudigd**
- D. het modulatiesignaal en het oscillatorsignaal beide afzonderlijk verveelvoudigd en dan aan de modulator toegevoerd

Uitwerking

In een op frequentievermenigvuldiging gebaseerde FM-zender wordt in de oscillator het signaal gemoduleerd en daarna vermenigvuldigd. Antwoord C.

Opmerking

Deze examenopgave dateert uit 2003. De methode van frequentievermenigvuldiging in FM-zenders wordt tegenwoordig (2022) weinig meer toegepast. Desondanks kom je in examens nog steeds vragen tegen over deze techniek. Daarom gebruiken we ze ook nog steeds in de examentraining.

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

**12.8.117 Uitwerking van Opgave 12-117**

In een 2-meter FM-zender worden drie frequentie-vermenigvuldigtrappen toegepast. Deze trappen vermenigvuldigen 2 maal, 3 maal en 3 maal.

De oscillatorfrequentie is ongeveer

- A. 8 MHz
- B. 18 MHz
- C. 12 MHz
- D. 24 MHz

Uitwerking

Er wordt in totaal met $2 * 3 * 3 = 18$ vermenigvuldigd. De laagste frequentie van de 2-meterband is 144 MHz, die prettig deelbaar is door 18. $144/18 = 8$, dus de oscillatorfrequentie is ongeveer 8 MHz. Antwoord A.

Opmerking

Hoe zie je snel of een getal deelbaar is door 2, 3 en 18?

Voor 2: het getal is even

Voor 3: tel alle cijfers van het getal op. Als de uitkomst deelbaar is door 3, is het oorspronkelijke getal dat ook.

Voor 9: net als bij 3, maar de uitkomst moet deelbaar zijn door 9.

Voor 18: het getal moet deelbaar zijn door 9 en 2, want $18 = 2 * 9$.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.118 Uitwerking van Opgave 12-118**

In een zenderstuurtrap wordt het signaal van een kristaloscillator gemengd met dat van een variabele oscillator.

Voor het zendbereik tussen 3,5 - 3,8 MHz komt de volgende combinatie in aanmerking:

- A. Kristaloscillator 9,3 MHz; variabele oscillator 5,5 - 5,8 MHz
- B. Kristaloscillator 4,0 MHz; variabele oscillator 400 - 700 kHz
- C. Kristaloscillator 2,6 MHz; variabele oscillator 1,2 - 1,5 MHz
- D. Kristaloscillator 3,5 MHz; variabele oscillator 200 - 500 kHz

Uitwerking

Hier zit weinig anders op dan antwoord voor antwoord te kijken of er een som- of verschilbereik van 3,5-3,8 MHz uit de aangegeven frequenties te maken is.

Antwoord A: somfrequentie veel te hoog, verschilfrequentie $9,3 - 5,5 = 3,8$; $9,3 - 5,8 = 3,5$. Meteen goed.

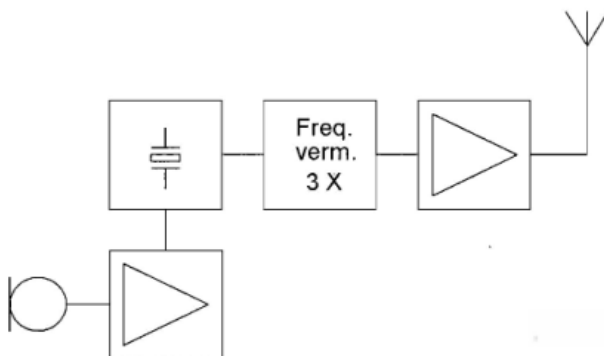
Nog even de rest nalopen: antwoord B levert 3,3-3,6 MHz (net niet); antwoord C levert 3,8-4,1 MHz (somfrequentie) en antwoord D 3,7 - 4,0 MHz (som) en 3,0 - 3,3 MHz (verschil). Conclusie: antwoord A.

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

12.8.119 Uitwerking van Opgave 12-119

De frequentiezwaai van het antennesignaal is 12 kHz. De frequentiezwaai van de oscillator is:

- A. 4 kHz
- B. 3 kHz
- C. 36 kHz
- D. 12 kHz

**Uitwerking**

De frequentie van het oscillatorsignaal wordt vermenigvuldigd met 3 voordat het de antenne ingaat. Als de modulatie vóór de frequentievermenigvuldiging tot stand komt, wordt ook de frequentiezwaai met 3 vermenigvuldigd. Dat is hier het geval, want de modulatie komt tot stand in de oscillator.

Om de frequentiezwaai op het oscillatorsignaal te vinden, moet de zwaai van het antennesignaal worden gedeeld door diezelfde 3 als waarmee de frequentie eerst is vermenigvuldigd. Dat komt neer op $12 \text{ kHz} / 3 = 4 \text{ kHz}$. Antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.120 Uitwerking van Opgave 12-120**

De oscillator van een 2-meter FM-zender heeft een frequentie van 36 MHz en wordt gemoduleerd zodat een frequentiezwaai van 1 kHz ontstaat. Het uitgezonden signaal wordt door vermenigvuldiging verkregen. De frequentiezwaai daarvan is:

- A. 0,25 kHz
- B. 2 kHz
- C. 1 kHz
- D. 4 kHz

Uitwerking

Ga voor de frequentie van de 2-meterband (144-146 MHz) uit van 144 MHz. Dat getal is deelbaar door 36. Dat voorkomt vervelende breuken die in het antwoordenlijstje ontbreken. Het vermenigvuldiggetal in deze zender is dan $144/36 = 4$. Dan moet de oorspronkelijke frequentiezwaai van 1 kHz met 4 worden vermenigvuldigd om die van het uitgezonden signaal te vinden. Dat wordt 4 kHz. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.121 Uitwerking van Opgave 12-121**

Een 432 MHz zender bestaat uit een gemoduleerde oscillator op 18 MHz, gevolgd door frequentie vermenigvuldig trappen. De frequentiezwaai van het 432 MHz signaal is 1440 Hz. De frequentiezwaai van het oscillatorsignaal is:

- A. 1440 Hz
- B. 450 Hz
- C. 2880 Hz
- D. 60 Hz

Uitwerking

De vermenigvuldigfactor van 18 MHz naar 432 MHz is $432/18 = 24$. Om de frequentiezwaai van het oorspronkelijke signaal van 18 MHz te vinden, moet de zwaai van het uitgangssignaal gedeeld worden door 24. Dat wordt $1440 \text{ Hz}/24 = 60 \text{ Hz}$.
Antwoord D.

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

**12.8.122 Uitwerking van Opgave 12-122**

Een 144 MHz FM-zender bestaat uit een gemoduleerde oscillator op 9 MHz, gevolgd door vermenigvuldigtrappen. De frequentiezwaaai van het uitgangssignaal is 1600 Hz. De frequentiezwaaai van het oscillatorsignaal is:

- A. 2304 Hz
- B. 100 Hz**
- C. 1600 Hz
- D. 177 Hz

Uitwerking

Om de oorspronkelijke frequentiezwaaai van het oscillatorsignaal te kunnen berekenen, hebben we de vermenigvuldigingsfactor van oscillatorsignaal naar uitgangssignaal nodig. Dat getal is $144/9 = 16$. We moeten dus de frequentiezwaaai van 1600 Hz op de uitgang delen door 16 om de frequentiezwaaai van het oscillatorsignaal te vinden. Uit die deling komt 100. Dat betekent 100 Hz. Antwoord B.

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

**12.8.123 Uitwerking van Opgave 12-123**

Een zender voor 144 MHz heeft in het uitgangssignaal een sterke component op 72 MHz.
Dit is waarschijnlijk het gevolg van:

- A. Onjuist oscilleren van de kristaloscillator
- B. Onjuiste belasting van de eindversterker
- C. Een onvoldoende filtering van het signaal voordat het aan de eindversterker wordt aangeboden**
- D. Een onjuiste keuze van de kristalfrequentie

Uitwerking

Als een 2-meterzender op 72 MHz een sterke frequentiecomponent afgeeft, zal doorgaans de filtering achter de vermenigvuldiger te wensen overlaten. Bij elke frequentievermenigvuldiger zal nu eenmaal ook het oorspronkelijke signaal meekomen, dus dat betekent filteren. Antwoord C.

Opmerkingen

Onjuist oscilleren van de kristaloscillator is onwaarschijnlijk, want dan zit er een kristal voor de halve frequentie in of het is een overtone-kristal met een foute LC-kring.

Belasting van de eindversterker houdt geen verband met de oscillatorfrequentie.

Een onjuiste keuze van de kristalfrequentie is wel heel onwaarschijnlijk.

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

**12.8.124 Uitwerking van Opgave 12-124**

In een 2-meter zender wordt het signaal van een 12 MHz oscillator vermenigvuldigd naar een zendfrequentie van 144 MHz. De oscillator heeft een frequentieverloop van 12 Hz per minuut. De zendfrequentie verloopt in 10 minuten:

- A. 144 Hz
- B. 1440 Hz**
- C. 10 Hz
- D. 120 Hz

Uitwerking

Eerst hebben we de vermenigvuldigingsfactor voor de frequentie nodig. De frequentie gaat van 12 MHz naar 144 MHz. Dat is een factor 12, want $12 * 12 = 144$.

12 Hz per minuut wordt na frequentievermenigvuldiging met 12 144 Hz per minuut.

Dan zijn we er nog niet, want het gaat om een frequentieverloop per 10 minuten, niet per minuut. Dus nog een keer vermenigvuldigen met 10, ofwel een 0 achter de 144, maakt 1440 Hz.

Antwoord B.

Opmerking

Bij dit frequentieverloop wordt stilzwijgend verondersteld, dat het in de tijd niet verandert. Dat laatste moeten we aannemen, al staat het er niet bij (en het tegendeel ook niet).



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.125 Uitwerking van Opgave 12-125**

De LF-begrenzer in een FM-zender dient om:

- A. De frequentiezwaai binnen vastgestelde grenzen te houden
- B. Het frequentieverloop van de zender te beperken
- C. De uitstraling van harmonischen te begrenzen
- D. Te hoge modulatiefrequenties te verwijderen.

Uitwerking

De modulatie van LF-signalen in een FM-zender veroorzaakt een grotere frequentiezwaai naarmate de amplitude van het LF-signaal groter is. Om de zwaai -en daarmee de bandbreedte- van het gemoduleerde FM-signaal binnen de perken te houden, kan het daarom nodig zijn, de amplitude van het LF-signaal binnen vaste grenzen te houden. Dat gebeurt met een begrenzer die heel simpel van opzet kan zijn: twee in tegengestelde richting geschakelde dioden. Antwoord A.

Opmerking

Meestal wordt zo'n LF-begrenzer gevolgd door een laagdoorlaatfilter dat de harmonischen onderdrukt die het gevolg zijn van begrenzing. Dat beperkt de vervorming door de begrenzing (zie ook de uitwerking van Opgave 12-108).



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.126 Uitwerking van Opgave 12-126**

Om uitstraling van harmonischen door een zender te beperken, wordt in de zenderuitgang een filter opgenomen. Dit moet zijn een

- A. Hoogdoorlaatfilter
- B. Staande golffilter
- C. Laagdoorlaatfilter**
- D. Seinsleutelklikfilter

Uitwerking

Harmonischen zijn frequenties die een geheel veelvoud zijn van de zogenoemde grondfrequentie. Die laatste wordt ook wel de eerste harmonische genoemd (uitwerking van Opgave 12-115). Om hogere frequenties dan de bedoelde frequentie(s) te onderdrukken, gebruik je een laagdoorlaatfilter (LDF). Antwoord D.

Zo'n filter kan bijvoorbeeld een pi-filter zijn (hoofdstuk 14) dat de aanpassing aan de antenne verzorgt, maar tegelijk een LDF is. Een dergelijk filter is ook nodig als de eindtrap in klasse C staan, wat bij FM-zenders het geval kan zijn.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.127 Uitwerking van Opgave 12-127**

Voor een telegrafie-zender (A1A) geldt:

- A. De bandbreedte van het uitgezonden signaal is nul hertz
- B. Er kan alleen in de eindtrap worden gesleuteld
- C. De frequentiestabiliteit is niet belangrijk omdat er geen spraakmodulatie wordt toegepast
- D. Alle trappen kunnen in klasse C worden ingesteld**

Uitwerking

Omdat morse-telegrafie een code is van één toon, is er geen noodzaak om de volledige sinus van die ene toon te versterken. Versterking in klasse C, waarbij minder dan 180° van de sinus wordt versterkt, is genoeg, want voor verstaanbare ontvangst is het ritme van de toon voldoende. De enige voorzorg is voldoende filtering om harmonischen te onderdrukken. Het grote voordeel van klasse C is het rendement van omstreeks 75%.
Antwoord D.

Opmerkingen

A1A is een internationaal gebruikt symbool voor de “klasse van uitzending” telegrafie. Meer erover in hoofdstuk 18.

De bandbreedte van telegrafie is geen 0 Hz. Alleen al door het aan- en uitschakelen van de draaggolf ontstaan frequenties. De werkelijke bandbreedte ligt rond de 200 Hz, afhankelijk van draaggolffrequentie en seinsnelheid.

Frequentiestabiliteit is bij alle modulatiesoorten van belang



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.128 Uitwerking van Opgave 12-128**

Voor een EZB-zender geldt:

- A. De zendereindtrap mag in klasse C worden ingesteld
- B. De trappen na de balansmodulator moeten in klasse A of B worden ingesteld**
- C. Er kan geen frequentietransformatie worden toegepast
- D. In de trappen na de balansmodulator mag frequentievermenigvuldiging worden toegepast

Uitwerking

Voor een EZB-zender geldt, dat de trappen na de balansmodulator in klasse A of B (of AB) moeten worden ingesteld om te voorkomen dat de amplitude en daarmee de modulatie wordt vervormd. Bij klasse A wordt 360° van de sinus versterkt met een maximaal rendement tot ongeveer 25%. Bij een balanstrap in klasse B wordt $2 \cdot 180^\circ$ versterkt bij een rendement tot 50%. Antwoord B.

Opmerking

Frequentievermenigvuldiging na de modulator is bij alle AM-varianten uit den boze, omdat ook de frequentie van de modulatie wordt vermenigvuldigd. Dat leidt tot een onverstaanbaar en snel gekwek.

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

**12.8.129 Uitwerking van Opgave 12-129**

In een enkelzijbandzender wordt de draaggolf onderdrukt om:

- A. **Het beschikbare vermogen** in de zijband te concentreren
- B. Storingen door laagfrequent detectie te verminderen
- C. **De verstaanbaarheid** te verbeteren
- D. **De bandbreedte** te halveren

Uitwerking

In een AM-sigitaal is het zendvermogen in lage zijband : draaggolf : hoge zijband gelijk aan 1: 4: 1. Door maar één zijband over te houden, kan het beschikbare vermogen in die zijband worden geconcentreerd. Dat lijkt antwoord A te zijn. **Dat is ook het “officiële” antwoord.**

Een tweede pluspunt is de halvering van de bandbreedte, waardoor er op een frequentieband twee keer zoveel zenders passen dan met AM en de ruis op het signaal wordt gehalveerd ten opzichte van AM. Dit gaat meer naar antwoord D.

Dan is de verstaanbaarheid van EZB-signalen vaak beter dan die van AM, zoals bij “selectieve fading” die in hoofdstuk 14 aan de orde komt. Dat zou een derde goed antwoord kunnen zijn. Het woordje “om” in de eerste zin van de opgave suggereert een doel. Dat lijkt op een ondersteuning van antwoord C.

Tja, welk van de drie antwoorden moet je nu als goed beschouwen? De vraag richt zich vooral op het onderdrukken van de draaggolf. Dat is pure energiewinst, want de AM-draaggolf bevat nul informatie. Uw schrijver vindt dat een vraag met meer dan één niet-fout antwoord eigenlijk gewoon een slechte meerkeuzevraag is. Daarom zijn de drie niet-foute antwoorden elk voor ongeveer een derde in vette letters gezet.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.130 Uitwerking van Opgave 12-130**

Als een niet-lineaire zenderversterker gebruikt wordt voor EZB -telefonie, dan:

- A. Wordt de zijband omgekeerd
- B. Wordt de verstaanbaarheid verbeterd
- C. Wordt de bandbreedte kleiner
- D. Ontstaat er vervorming**

Uitwerking

Bij een niet-lineaire versterker is de versterking afhankelijk van de momentele waarde van het ingangssignaal. Anders gezegd: voor elke waarde van het ingangssignaal is de versterking anders. Dat gebeurt als karakteristieken van een versterkend element niet recht zijn. Als de karakteristiek maar een beetje krom (niet-lineair) is, is dat in de praktijk zelden erg, maar bij een sterk niet-lineaire karakteristiek kan flinke vervorming ontstaan. Antwoord D.

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

**12.8.131 Uitwerking van Opgave 12-131**

In een EZB -zender wordt een zijbandfilter toegepast.

Dit filter is geplaatst tussen:

- A. De balansmodulator en de daaropvolgende versterkertrap van de zender
- B. De draaggolfgenerator en de balansmodulator
- C. De microfoonversterker en de balansmodulator
- D. De microfoon en de microfoonversterker

Uitwerking

In een EZB-zender met filtering wordt de draaggolf onderdrukt in de balansmodulator. Daarna moet één van de twee zijbanden worden onderdrukt en de ander doorgelaten. Dat gebeurt door middel van een zijbandfilter. Dat filter heeft dus pas nut als de draaggolf is weggewerkt. Dat wil zeggen dat het filter pas op een zinvolle manier in de schakeling kan worden opgenomen ná de balansmodulator. Daarna wordt het ontstane signaal versterkt. Dat kan alleen maat antwoord A zijn.



Terug naar de opgave

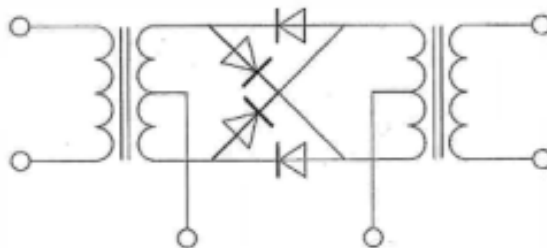
Naar de volgende opgave



12.8.132 Uitwerking van Opgave 12-132

De schakeling stelt voor een:

- A. Dubbelfasige gelijkrichter
- B. Balansmodulator**
- C. Frequentie-discriminator
- D. Spanningsverdubbelaar

**Uitwerking**

Maak in gedachten een rondje in de doorlaatrichting van de vier diodes. Als dat kan zonder een diode in sperrichting aan te treffen, dan is het een balansmodulator. Lukt dat niet, dan is het meestal een dubbelfasige gelijkrichter.

In dit geval hebben we te maken met een balansmodulator (controleer dat!). Antwoord B.

Opmerkingen

Zo'n ding heet ook wel *ringmodulator*, want de dioden vormen een ring.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.133 Uitwerking van Opgave 12-133**

De balansmodulator in een enkelzijband-zender:

- A. Verkleint de vervorming van het laagfrequent signaal
- B. Verbeterd de signaal-ruisverhouding
- C. Onderdrukt één van de zijbanden
- D. Onderdrukt de draaggolf**

Uitwerking

De balansmodulator, ook wel ringmodulator genoemd, moduleert één frequentie op de andere en onderdrukt daarbij de draaggolf en levert zo een DZB-signaal af.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.134 Uitwerking van Opgave 12-134**

In een enkelzijband zender wordt een balansmodulator gebruikt, waardoor:

- A. De draaggolf en een zijband worden onderdrukt
- B. 90 graden faseverschuiving wordt bereikt
- C. Alleen de draaggolf wordt onderdrukt**
- D. Alleen een zijband wordt onderdrukt

Uitwerking

(Zie ook de uitwerkingen van Opgave 12-132 en Opgave 12-133). Een balansmodulator onderdrukt de draaggolf en produceert een DSB-signaal. Antwoord C.



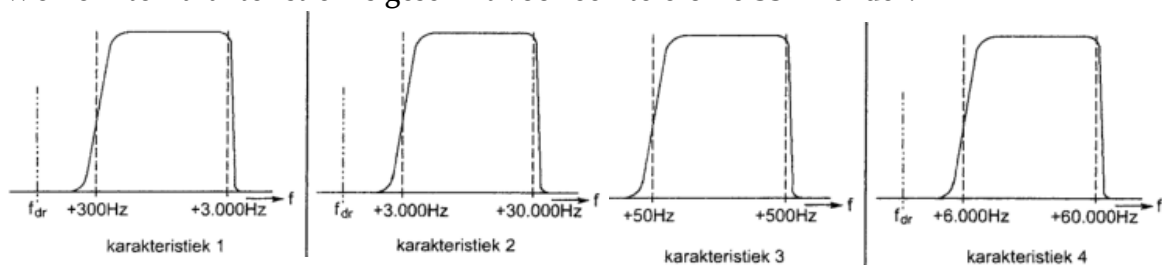
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.8.135 Uitwerking van Opgave 12-135

Welke filterkarakteristiek is geschikt voor een telefonie SSB-zender?



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

Uitwerking

Voor SSB-telefonie is een frequentie-doorlaat nodig van omstreeks 300 Hz tot 2400 à 3000 Hz nodig. Karakteristiek 1 voldoet daaraan (300-3000 Hz), de rest niet. Antwoord C.

Opmerking

Karakteristiek 3 met een doorlaat van 50-500 Hz zou voor CW (Morse) geschikt zijn, maar dat wordt niet gevraagd.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.136 Uitwerking van Opgave 12-136**

Om de in het HF-spectrum ingenomen bandbreedte te beperken, wordt in de modulatieversterker van een EZB-zender een laagdoorlaat- en een hoogdoorlaatfilter opgenomen. De gebruikelijke afsnijfrequenties van deze filters bedragen:

- A. Hoogdoorlaat: $f = 600$ Hz, laagdoorlaat: $f = 1800$ Hz
- B. Hoogdoorlaat: $f = 300$ Hz, laagdoorlaat: $f = 3000$ Hz**
- C. Hoogdoorlaat: $f = 50$ Hz, laagdoorlaat: $f = 15000$ Hz
- D. Hoogdoorlaat: $f = 0$ Hz, laagdoorlaat: $f = 6000$ Hz

Uitwerking

De gebruikelijke afsnijfrequenties voor EZB worden soms aangegeven als 300 Hz en 3000 Hz, maar 300 Hz en 2700 Hz kom je ook tegen. In dit geval is het 300 Hz en 3000 Hz.

Antwoord B.

Opmerking

Let op dat je voor de laagste afsnijfrequentie een *hoogdoorlaatfilter* gebruikt (alles **onder** die frequentie moet worden onderdrukt) en voor de hoogste afsnijfrequentie een *laagdoorlaatfilter* omdat alles **boven** die frequentie moet worden onderdrukt. Haal ze niet doorelkaar!



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.137 Uitwerking van Opgave 12-137**

Een enkelzijband-telefoniezender met onderdrukte draaggolf op 28,5 MHz werkt volgens de filtermethode en wordt gemoduleerd met een sinusvormig signaal van 2500 Hz. De hoge zijband wordt uitgezonden. In het frequentiespectrum komt de component 28497,5 kHz in sterke mate voor. Dat wijst op:

- A. Intermodulatie in een trap na het zijbandfilter
- B. Intermodulatie in de balansmodulator
- C. Onvoldoende onderdrukking van de lage zijband**
- D. Onvoldoende onderdrukking van de draaggolf

Uitwerking

De oorspronkelijke draaggolf heeft een frequentie van 28,5 MHz = 28500 kHz.

De lage zijband zit daar bij een modulerende frequentie 2,5 kHz onder (is 28497,5 kHz) en de hoge zijband 2,5 kHz erboven (is 28502,5 kHz). Als de hoge zijband van 28502,5 kHz wordt uitgezonden en er zit veel 28497,5 kHz, dus onderste zijband in, dan is die band blijkbaar niet genoeg onderdrukt. Antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.138 Uitwerking van Opgave 12-138**

Een enkelzijbandzender werkt met een draaggolfoscillator van 1 MHz. Het zijbandfilter laat uitsluitend frequenties in de lage zijband door. Voor spraaksignalen met een frequentie tussen 300 Hz en 3000 Hz zijn de grenzen van de doorlaatband van dit filter:

- A. 1000,3 kHz en 1003 kHz
- B. 997 kHz en 997,7 kHz**
- C. 997,7 kHz en 1003,3 kHz
- D. 997 kHz en 1003 kHz

Uitwerking

De onderste zijband (LSB, lower sideband) ligt tussen $1000 \text{ kHz} - 3 \text{ kHz} = 997 \text{ kHz}$ en $1000 \text{ kHz} - 300 \text{ Hz} = 1000 \text{ kHz} - 0,3 \text{ kHz} = 999,7 \text{ kHz}$. Dat is antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.139 Uitwerking van Opgave 12-139**

Een zender voor 144 MHz werkt met een kristaloscillator van 18 MHz. Indien de kristaloscillator 1 kHz verloopt, verloopt de zendfrequentie:

- A. 1 kHz
- B. 8 kHz**
- C. 18 kHz
- D. 144 kHz

Uitwerking

Blijkbaar is dit een zender met frequentievermenigvuldiging, hoewel dat er niet bij staat. En nog met een beroerd kristal ook, want dit verloop bij een 18 MHz-kristal duidt niet op veel kwaliteit.

Maar we gaan aan de slag. De afwijking van de frequentie wordt meevermenigvuldigd met de kristalfrequentie. De vraag komt er dan ook op neer met hoeveel je 18 MHz moet vermenigvuldigen om 144 MHz te krijgen. Dat is $144/18 = 8$. Dan bedraagt het verloop $8 * 1 \text{ kHz} = 8 \text{ kHz}$. Antwoord B

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

**12.8.140 Uitwerking van Opgave 12-140**

Een EZB -zender met onderdrukte draaggolf wordt gemoduleerd met spraak waaruit alle frequenties beneden 500 Hz en boven 2500 Hz zijn gefilterd.

De bandbreedte van deze zender is:

- A. 2000 Hz
- B. 5000 Hz
- C. 5000 Hz
- D. 2500 Hz

Uitwerking

De bandbreedte van dit signaal is de hoogste frequentie min de laagste frequentie in het doorgelaten signaal. Dat komt neer op $2500 \text{ Hz} - 500 \text{ Hz} = 2000 \text{ Hz}$. Antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave

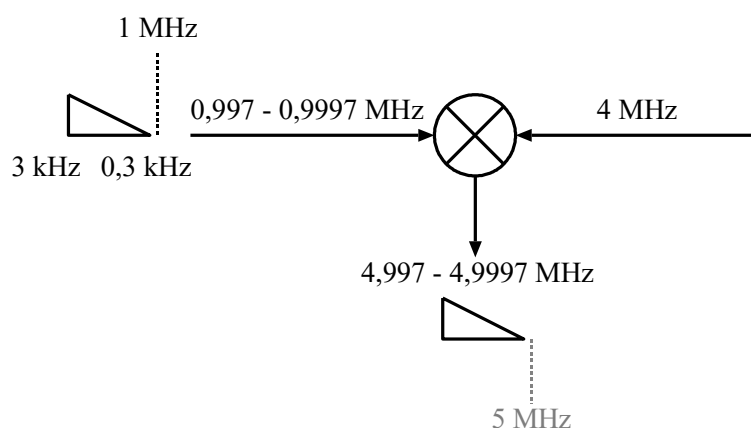


12.8.141 Uitwerking van Opgave 12-141

In een EZB-zender wordt de lage zijband opgewekt op een draaggolffrequentie van 1 MHz. Dit signaal wordt in een mengtrapo gemengd met dat van een oscillator op 4 MHz. Aan de uitgang van de mengtrap vinden we onder andere een één-zijbandsignaal op

- A. 3 MHz met de lage zijband
- B. 4 MHz met de hoge zijband
- C. 5 MHz met de hoge zijband
- D. 5 MHz met de lage zijband

Uitwerking



Volg het plaatje. Links komt een onderzijband binnen als mengproduct van 1 MHz en 300-3000 Hz (0,3 – 3 kHz). Het mengproduct loopt van 0,997 MHz tot 0,9997 MHz. Het wordt daarna gemengd met een 4 kHz-signaal. Eén mengproduct is de somfrequentie, 4,997 – 4,9997, dat is de lage zijband van 5 MHz, gemengd met 0,3 – 3 kHz. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.142 Uitwerking van Opgave 12-142**

Een ideale enkelzijband-telefoniezender met onderdrukte draaggolf op 7 MHz, zendt de hoge zijband uit. De modulatie bestaat uit sinusvormige signalen van 1000 en 1800 Hz. In het uitgezonden frequentiespectrum zijn componenten aanwezig op:

- A. 7000 kHz, 7001 kHz, 7001,8 kHz en 7002,8 kHz
- B. 7001 kHz en 7001,8 kHz**
- C. 6999 kHz en 6998,2 kHz
- D. 7002,8 kHz en 7000,8 kHz

Uitwerking

Het gaat om de bovenste zijband (USB, upper sideband). Daar vind je de som van draaggolffrequentie en modulatiefrequentie. De draaggolffrequentie is 7 MHz = 7000 kHz. Die is weggefilterd, maar “leeft voort” in de bovenste zijband. Die bevat de somfrequenties. Dat zijn $7000 \text{ kHz} + 1 \text{ kHz} = 7001 \text{ kHz}$ en $7000 \text{ kHz} + 1,8 \text{ kHz} = 7001,8 \text{ kHz}$. Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.143 Uitwerking van Opgave 12-143**

In een enkelzijband zender wordt het signaal opgewekt als lage zijband. De draaggolf-oscillator werkt op 455 kHz. Alleen laagfrequente signalen tussen 300 en 3000 Hz mogen worden overgebracht. De doorlaatband van het zijbandfilter moet liggen tussen de frequenties:

- A. 455,3 kHz en 458,0 kHz
- B. 452,0 kHz en 458,0 kHz
- C. 455,0 kHz en 458,0 kHz
- D. **452,0 kHz en 454,7 kHz**

Uitwerking

Het snelste is, de antwoorden uit te rekenen. We hebben te maken met een draaggolf van 455 kHz en een modulatiefrequentiegebied in de lage zijband van 300 tot 3000 Hz. In kHz is dat 0,3 tot 3 kHz (altijd met dezelfde eenheden rekenen!).

De lage zijband loopt van $455,0 \text{ kHz} - 3 \text{ kHz} = 452 \text{ kHz}$ tot $455,0 \text{ kHz} - 0,3 \text{ kHz} = 454,7 \text{ kHz}$. Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.144 Uitwerking van Opgave 12-144**

Een zendereindtrap, bedoeld voor het versterken van een enkelzijband signaal, wordt voor een zo hoog mogelijk rendement ingesteld in:

- A. De klasse heeft geen invloed op het rendement.
- B. Klasse C
- C. Klasse A
- D. **Klasse B**

Uitwerking

De klasse van instelling heeft wel degelijk invloed op het rendement (hoofdstuk 9). EZB is een variant van AM, Daarbij zit de informatie in de amplitude. De minste vervorming krijg je bij instelling in klasse A (versterkt alle 360 graden van de sinus), maar dan is het rendement vrij laag, hooguit zo'n 25 %. De instelling met het hoogste rendement met niet al te veel vervorming is een balansversterker in klasse B. Die versterkt 2x 180 graden met een hoger rendement dan klasse A (maximaal 50%).

Versterking in klasse C levert alleen iets bruikbaars op bij FM en CW. Bij FM zit de informatie in de frequentie die in klasse C onaangetast blijft en bij CW in de aan- of afwezigheid van signaal. Kortom, antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.145 Uitwerking van Opgave 12-145**

Als gevolg van niet-lineariteit in een zender eindtrap ontstaat:

- A. Frequentie-instabiliteit
- B. Extra warmte
- C. Intermodulatie**
- D. Frequentiemodulatie

Uitwerking

Het enige zinnige antwoord is intermodulatie. Elke versterker met een kromme karakteristiek (niet-lineariteit) geeft modulatie van het ene signaal op het andere. Dat is intermodulatie. De intermodulatie wordt sterker, naarmate de lineariteit van de versterker groter is. Antwoord C.

Opmerkingen

Meer over het verschijnsel intermodulatie vind je in hoofdstuk 16.

Geen van de drie andere antwoorden heeft iets met niet-lineariteit te maken.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.8.146 Uitwerking van Opgave 12-146**

In een EZB-amateurzender wordt de modulatie verkregen door middel van een balansmodulator. Daarachter is een zijband-doorlaatfilter geschakeld.

De gangbare bandbreedte van dit filter voor goed verstaanbare spraak bedraagt:

- A. 1200 Hz
- B. 2400 Hz**
- C. 4800 Hz
- D. 9600 Hz

Uitwerking

De gangbare bandbreedte van een zijbandfilter voor verstaanbare spraak is 2400 Hz, maar 2700 Hz kom je ook wel eens tegen. Antwoord B.



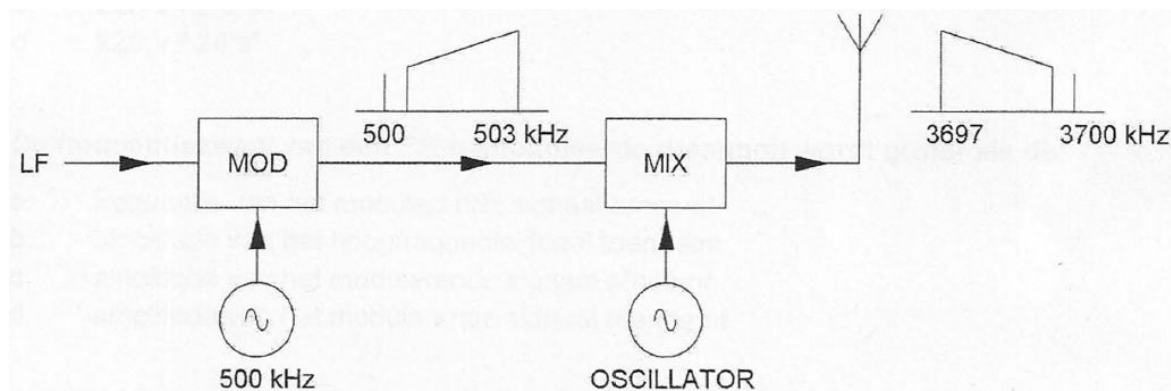
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.8.147 Uitwerking van Opgave 12-147

In een EZB-zender wordt de hoge zijband opgewekt met een draaggolffrequentie van 500 kHz. De draaggolf-zendfrequentie bedraagt 3700 kHz, waarbij de lage zijband dient te worden uitgezonden.



De oscillatorfrequentie is:

- A. 2700 kHz
- B. 4200 kHz
- C. 3700 kHz
- D. 3200 kHz

Uitwerking

Hier wordt een bovenzijband omgetoverd tot onderzijband. Hoe gaat dat? Dat vraagt een stukje theorie dat we in hoofdstuk 13 nog een keer behandelen. Veel cursisten vinden dit onderwerp lastig. Daarom maken we gebruik van de gelegenheid om het nu alvast een keer te laten langskomen. Wie daar nu geen zin in heeft, gaat nu naar de vetgedrukte zin op de volgende bladzijde. We gaan uit van een AM-signaal, geen EZB. Dit geeft duidelijker aan wat er gebeurt. De draaggolffrequentie f_D is gemoduleerd met een audiofrequentie f_A . De frequenties zijn van laag naar hoog

$$f_D - f_A \quad f_D \quad f_D + f_A$$

We mengen met frequentie f_O en tonen wat met er alle drie de frequenties gebeurt. We beginnen met f_O kleiner dan de frequenties van het AM-signaal. Dan ontstaan de somfrequenties (oorspronkelijke frequentiecomponenten tussen haakjes):

$$(f_D - f_A) + f_O \quad f_D + f_O \quad (f_D + f_A) + f_O$$

En de verschilfrequenties

$$(f_D - f_A) - f_O \quad f_D - f_O \quad (f_D + f_A) - f_O$$

Bovenzijband blijft bovenzijband en onderzijband blijft onderzijband. Niets aan de hand.

© 2021-2022, Vereniging van Radiozendamateurs VRZA (opgaven in par.12.4 uitgezonderd)



Met f_o groter dan de frequenties van het AM-signaal verandert er voor de somfrequenties niets:

$$(f_D - f_A) + f_o \quad f_D + f_o \quad (f_D + f_A) + f_o$$

Maar.... als voor de verschilfrequenties f_o van de samenstellende AM-frequenties zou worden afgetrokken, zouden negatieve frequenties ontstaan:

$$(f_D - f_A) - f_o < 0 \quad f_D - f_o < 0 \quad (f_D + f_A) - f_o < 0$$

We belanden zo in de rode cijfers en dat kan niet bij frequenties. Toch is er een positieve verschilfrequentie: verwissel de termen. Dus:

$$f_o - (f_D - f_A) \quad f_o - f_D \quad f_o - (f_D + f_A)$$

Als we dat iets anders schrijven, krijgen we:

$$(f_o - f_D) + f_A \quad f_o - f_D \quad (f_o - f_D) - f_A$$

En nu is de zijband links plotseling groter dan de zijband rechts. Sterker nog: de groottevolgorde van alle frequenties in het signaal is omgekeerd. De onderzijband is bij de nieuwe draaggolffrequentie $f_o - f_D$ bovenzijband geworden en de bovenzijband onderzijband. Zo zie je wat een minteken vermag. Eigenlijk moeten we nu schrijven:

$$(f_o - f_D) - f_A \quad f_o - f_D \quad (f_o - f_D) + f_A$$

Deze zijband-omkering komt alleen voor bij *bovenmenging* naar de *verschilfrequentie*.

Nu de uitwerking van de opgave. Die is nu verrassend eenvoudig. Gevraagd: de oscillatorfrequentie f_o

Draaggolffrequentie $f_D = 500 \text{ kHz}$. Uitgezonden frequentie = $3700 \text{ kHz} = f_o - f_D \rightarrow f_o = 3700 \text{ kHz} + f_D$

Uit de gegevens volgt $f_o = 3700 \text{ kHz} + 500 \text{ kHz} = 4200 \text{ kHz}$.

Antwoord B.

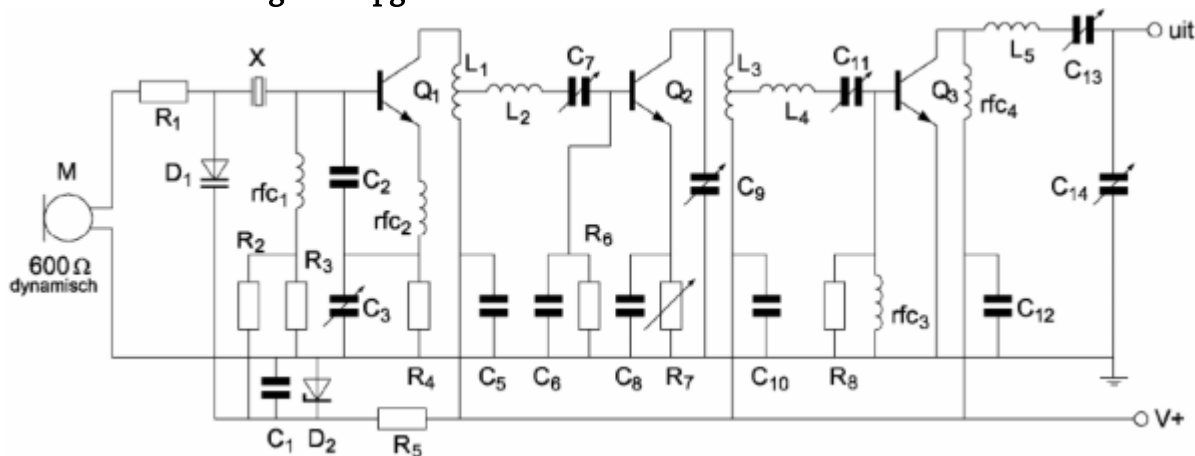


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.8.148 Uitwerking van Opgave 12-148



Dit is een deel van een:

- A. AM-zender
- B. CW-zender
- C. FM-zender**
- D. EZB-zender

Uitwerking

Het schema begint met een microfoon. Daarmee valt de CW-zender af. De microfoon is via weerstand R_1 verbonden met varicap (capaciteitsdiode) D_1 . Door de wisselende microfoonspanning (spraakritme) kan de varicap het kristal een klein beetje verstemmen en zo de oscillatorfrequentie moduleren. We hebben dan ook te maken met een FM-zender. Antwoord C.

Opmerkingen

De rest van de oscillatorkring bestaat naast kristal X uit C_2 en C_3 . De twee smoorspoeltjes rfc_1 en rfc_2 (de c is van “coil”, spoel) bepalen de frequentie niet, maar scheiden transistor Q_1 voor HF van massa (aarde). Q_2 en Q_3 staan in klasse C via resp. R_7 en R_8 . Antwoord C.

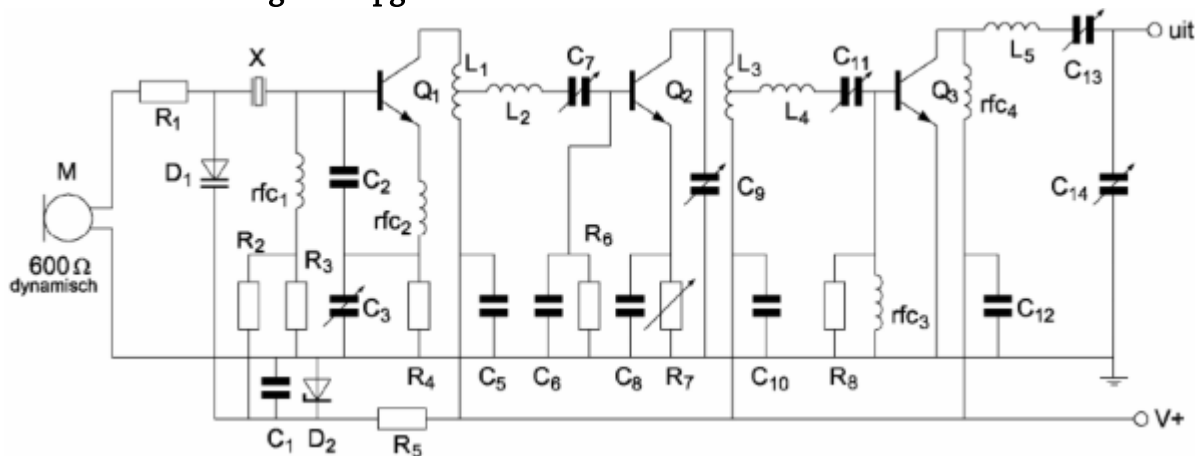


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.8.149 Uitwerking van Opgave 12-149



R₅ heeft ten doel:

- A. Het aanbieden van de juiste stroom door D₂
- B. Hoogfrequent tegenkoppeling door Q₁
- C. Stroombegrenzing door D₁
- D. Voedingsspanning-ontkoppeling voor Q₁ samen met C₅

Uitwerking

De zenerdiode D₂ zit tussen R₅ naar de voedingsspanning en aanrde (0 V). R₅ beperkt de stroom door D₂, zodat de diode niet kapot gaat. De zenerdiode D₂ zorgt voor een gestabiliseerde spanning over de varicap D₁ en via de spanningsdeler R₂ en R₃ voor de juiste basisspanning. R₅ zorgt voor de juiste stroom door de zenerdiode voor deze functies.

Antwoord A.

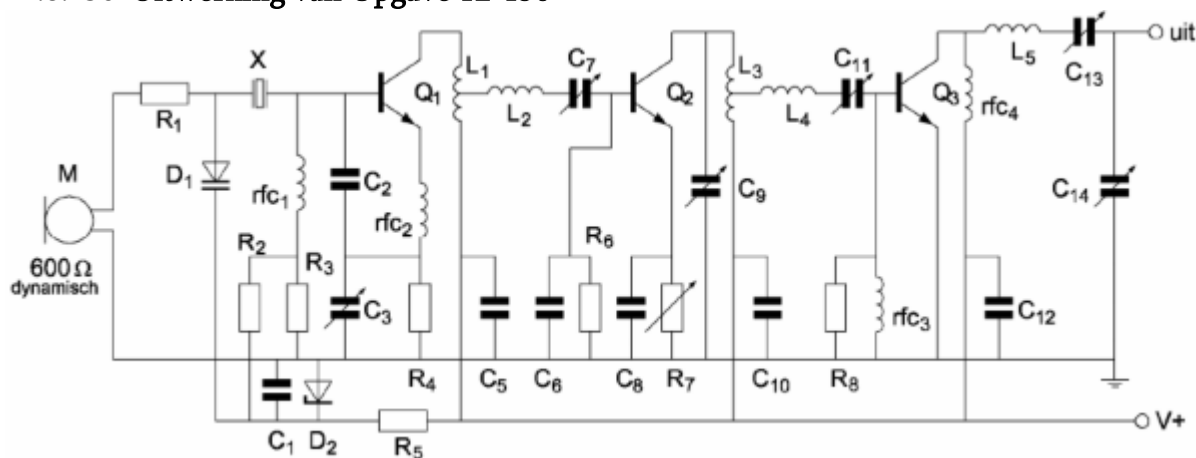


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.8.150 Uitwerking van Opgave 12-150



Voor een bruikbare modulatie zal de waarde van R_1 liggen in de orde van:

- A. $10\ \Omega$
- B. $1\ \Omega$
- C. $600\ \Omega$
- D. $100\ \text{k}\Omega$

Uitwerking

Dit is een FM-zender. De oscillator is gebouwd rondom transistor Q_1 . De afgestemde kring wordt gevormd door kristal X de condensatoren C_2 , C_3 en afstemdiode (varicap) D_1 . De modulatie wordt verkregen vanuit de microfoon M die de spanning over D_1 en dus de capaciteit ervan laat variëren. Het gelijkspanningsdeel van die spanning wordt verkregen met de combinatie R_5 en zenerdiode D_2 .

De weerstand van R_1 moet daarbij hoog zijn omdat hij aansluit op het hoogohmige deel van de afstemkring. De keuze van het juiste antwoord komt dan neer op het vinden van de hoogste weerstand in het rijtje antwoorden, want de microfoon zelf is met 600 ohm laagohmig. Dat leidt tot antwoord D.



Terug naar de opgave

Meer opgaven in deel D