



Inhoudsopgave

12	Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 12, Deel B (51-100).....	12-5
12.1	Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?	12-5
12.2	Enkele opmerkingen.....	12-6
12.3	Formularium	12-7
12.3.1	Zenders algemeen	12-7
12.3.2	Spraakmodulatie (telefonie)	12-7
12.3.3	Amplitudemodulatie (AM).....	12-7
12.3.4	PEP berekenen.....	12-7
12.3.5	Vermogensverdeling tussen draaggolf en zijbanden bij AM.....	12-8
12.3.6	Van AM naar dubbel- en enkelzijband	12-9
12.3.7	Modulatoren/mixers.....	12-10
12.3.8	Morse-telegrafie (CW)	12-11
12.3.9	Frequentiemodulatie (FM)	12-12
12.3.10	Fasemodulatie (PM)	12-13
12.3.11	Digitale modulaties: bitsnelheid en symboolsnelheid.....	12-14
12.3.12	Frequency shift keying (FSK).....	12-14
12.3.13	Phase Shift Keying (2-PSK).....	12-14
12.3.14	Quadrature Phase Shift Keying (Q-PSK of 4-PSK)	12-15
12.3.15	8-PSK.....	12-16
12.3.16	Quadrature Amplitude Modulation (QAM).....	12-16
12.4	Opgaven.....	12-18
12.4.51	Opgave 12-51	12-19
12.4.52	Opgave 12-52	12-20
12.4.53	Opgave 12-53	12-21
12.4.54	Opgave 12-54	12-22
12.4.55	Opgave 12-55	12-23
12.4.56	Opgave 12-56	12-24
12.4.57	Opgave 12-57	12-25
12.4.58	Opgave 12-58	12-26
12.4.59	Opgave 12-59	12-27



12.4.60 Opgave 12-60	12-28
12.4.61 Opgave 12-61	12-29
12.4.62 Opgave 12-62	12-30
12.4.63 Opgave 12-63	12-31
12.4.64 Opgave 12-64	12-32
12.4.65 Opgave 12-65	12-33
12.4.66 Opgave 12-66	12-34
12.4.67 Opgave 12-67	12-35
12.4.68 Opgave 12-68	12-36
12.4.69 Opgave 12-69	12-37
12.4.70 Opgave 12-70	12-38
12.4.71 Opgave 12-71	12-39
12.4.72 Opgave 12-72	12-40
12.4.73 Opgave 12-73	12-41
12.4.74 Opgave 12-74	12-42
12.4.75 Opgave 12-75	12-43
12.4.76 Opgave 12-76	12-44
12.4.77 Opgave 12-77	12-45
12.4.78 Opgave 12-78	12-46
12.4.79 Opgave 12-79	12-47
12.4.80 Opgave 12-80	12-48
12.4.81 Opgave 12-81	12-49
12.4.82 Opgave 12-82	12-50
12.4.83 Opgave 12-83	12-51
12.4.84 Opgave 12-84	12-52
12.4.85 Opgave 12-85	12-53
12.4.86 Opgave 12-86	12-54
12.4.87 Opgave 12-87	12-55
12.4.88 Opgave 12-88	12-56
12.4.89 Opgave 12-89	12-57
12.4.90 Opgave 12-90	12-58
12.4.91 Opgave 12-91	12-59



12.4.92 Opgave 12-92	12-60
12.4.93 Opgave 12-93	12-61
12.4.94 Opgave 12-94	12-62
12.4.95 Opgave 12-95	12-63
12.4.96 Opgave 12-96	12-64
12.4.97 Opgave 12-97	12-65
12.4.98 Opgave 12-98	12-66
12.4.99 Opgave 12-99	12-67
12.4.100 Opgave 12-100.....	12-68
12.5 Uitwerkingen.....	12-69
12.5.51 Uitwerking van Opgave 12-51	12-70
12.5.52 Uitwerking van Opgave 12-52	12-71
12.5.53 Uitwerking van Opgave 12-53	12-72
12.5.54 Uitwerking van Opgave 12-54	12-73
12.5.55 Uitwerking van Opgave 12-55	12-74
12.5.56 Uitwerking van Opgave 12-56	12-75
12.5.57 Uitwerking van Opgave 12-57	12-76
12.5.58 Uitwerking van Opgave 12-58	12-77
12.5.59 Uitwerking van Opgave 12-59	12-78
12.5.60 Uitwerking van Opgave 12-60	12-79
12.5.61 Uitwerking van Opgave 12-61	12-80
12.5.62 Uitwerking van Opgave 12-62	12-81
12.5.63 Uitwerking van Opgave 12-63.....	12-82
12.5.64 Uitwerking van Opgave 12-64	12-83
12.5.65 Uitwerking van Opgave 12-65	12-84
12.5.66 Uitwerking van Opgave 12-66	12-85
12.5.67 Uitwerking van Opgave 12-67	12-86
12.5.68 Uitwerking van Opgave 12-68	12-87
12.5.69 Uitwerking van Opgave 12-69	12-88
12.5.70 Uitwerking van Opgave 12-70	12-89
12.5.71 Uitwerking van Opgave 12-71	12-90
12.5.72 Uitwerking van Opgave 12-72	12-91



12.5.73 Uitwerking van Opgave 12-73	12-92
12.5.74 Uitwerking van Opgave 12-74	12-93
12.5.75 Uitwerking van Opgave 12-75	12-94
12.5.76 Uitwerking van Opgave 12-76	12-95
12.5.77 Uitwerking van Opgave 12-77	12-96
12.5.78 Uitwerking van Opgave 12-78	12-97
12.5.79 Uitwerking van Opgave 12-79	12-98
12.5.80 Uitwerking van Opgave 12-80	12-99
12.5.81 Uitwerking van Opgave 12-81	12-100
12.5.82 Uitwerking van Opgave 12-82	12-101
12.5.83 Uitwerking van Opgave 12-83	12-102
12.5.84 Uitwerking van Opgave 12-84	12-103
12.5.85 Uitwerking van Opgave 12-85	12-104
12.5.86 Uitwerking van Opgave 12-86	12-105
12.5.87 Uitwerking van Opgave 12-87	12-106
12.5.88 Uitwerking van Opgave 12-88	12-107
12.5.89 Uitwerking van Opgave 12-89	12-108
12.5.90 Uitwerking van Opgave 12-90	12-109
12.5.91 Uitwerking van Opgave 12-91	12-110
12.5.92 Uitwerking van Opgave 12-92	12-111
12.5.93 Uitwerking van Opgave 12-93	12-113
12.5.94 Uitwerking van Opgave 12-94	12-114
12.5.95 Uitwerking van Opgave 12-95	12-115
12.5.96 Uitwerking van Opgave 12-96	12-116
12.5.97 Uitwerking van Opgave 12-97	12-117
12.5.98 Uitwerking van Opgave 12-98	12-118
12.5.99 Uitwerking van Opgave 12-99	12-119
12.5.100 Uitwerking van Opgave 12-100	12-120



12 Uitgewerkte examenopgaven bij Hoofdstuk 12, Deel B (51-100)

12.1 Waartoe dient dit hoofdstuk met uitwerkingen en hoe gebruik je het?

De voornaamste functie van deze bundel is dat je de kennis die je in cursushoofdstuk 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.

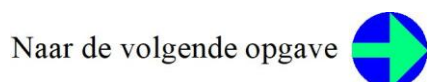
Aan het eind van een uitwerking kun je via een rode pijl in een blauw veld terug naar de opgave.

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 cursusredactie beveelt elke cursist aan, de opgaven te maken langs de route van de pijlen. Dan weet je zeker dat je niets overslaat. Noteer het nummer van de laatst bekeken opgave als je stopt om wat anders te doen. Via de inhoudsopgave kun je er met één muisklik weer naartoe. Voor wie alleen geïnteresseerd is in de uitwerkingen: je kunt alle uitwerkingen ook achter elkaar doorlezen in paragraaf 12.5.

12.2 Enkele opmerkingen

Wegens het grote aantal beschikbare examenopgaven is de bundel bij hoofdstuk 12 gesplitst in deel A tot en met D. Dit is deel B met 50 opgaven. De delen A en C bevatten er ook 50. 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 laatst in een examen zat, nu niet meer zal voorkomen. Maar een opgave die vaak voorkomt, zal een grotere kans hebben om weer op te duiken dan één die maar één of twee keer is voorgekomen.

Voorafgaand aan de opgaven volgt nu een formularium. 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.



12.3 Formularium

12.3.1 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)

12.3.2 Spraakmodulatie (telefonie)

Uit te zenden spraak wordt bij amateurzenders beperkt tot het frequentiedeel 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)

12.3.3 Amplitudemodulatie (AM)

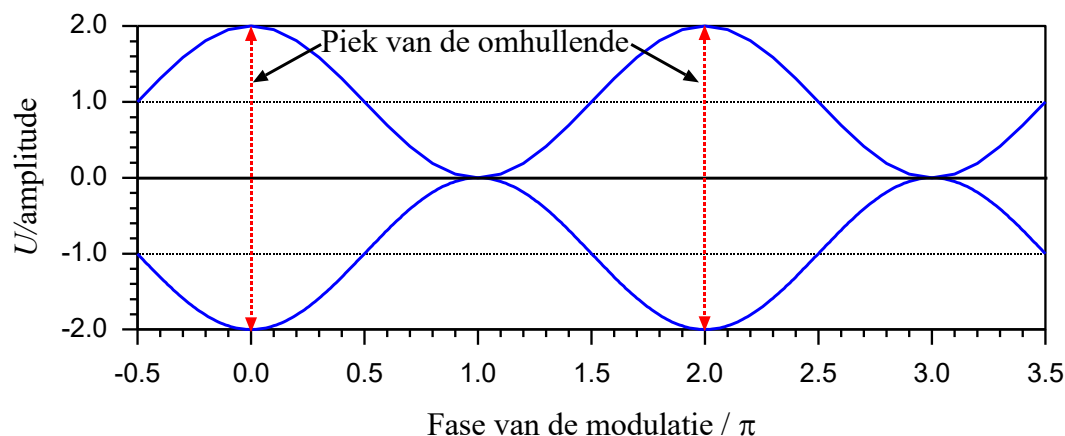
Amplitudemodulatie in de amateurwereld is voornamelijk telefonie. AM ontstaat als product van een in amplitude en frequentie constante hoogfrequente draaggolf en een in amplitude en frequentie variërend laagfrequent signaal.

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.

12.3.4 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 12.3-1. Omhullende van 100% gemoduleerd AM-sigitaal 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.

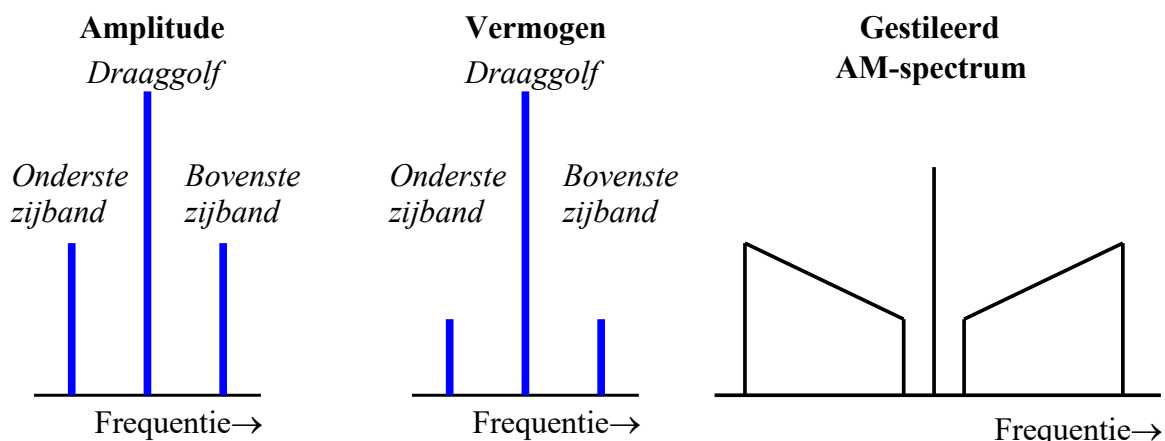
PEP berekenen bij AM gaat zo:

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: $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$, 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 : $P = \frac{U_{eff}^2}{R}$.
Dat is hetzelfde als $P = \frac{U_{max}^2}{2R}$. 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.

12.3.5 Vermogensverdeling tussen draaggolf en zijbanden bij AM

Een AM-sigitaal 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 12.3-2 links.



Figuur 12.3-2. AM-spectrum. Links 1 modulerende frequentie amplitude. Midden: 1 modulerende frequentie, vermogen. Rechts: gestileerd met spraakmodulatie.

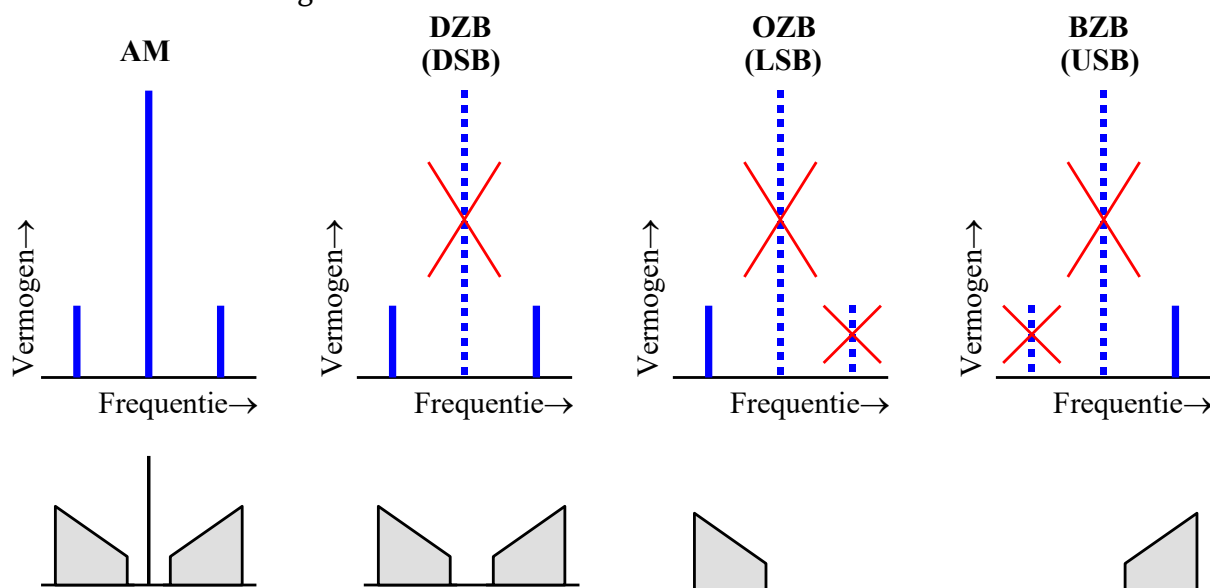
De amplitudes van de zijbanden zijn half zo groot als die van de draaggolf. Ze geven spanning weer. Het vermogen (midden) is evenredig met het kwadraat van de spanning. Elke zijband bevat daarom niet de helft, maar $\frac{1}{4}$ van het draaggolfvermogen. Rechts in de figuur een gestileerde manier om 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.

12.3.6 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 12.3-3 laat zien wat daaraan te doen is.



Figuur 12.3-3. 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.

12.3.7 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 draaggolfrequentie. 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.

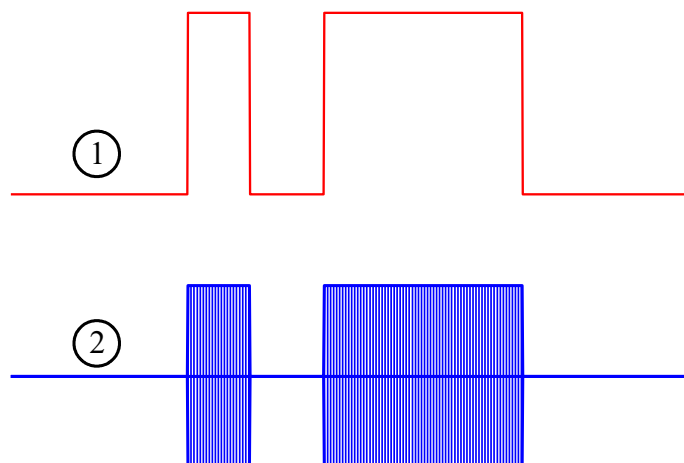
Bij een dubbel gebalanceerde modulator of mixer (DBM) blijven alleen de zijbanden over en verdwijnen alle oorspronkelijke frequenties. Vooral nuttig als twee hoogfrequente signalen moeten worden gemengd. Je houdt alleen de som- en verschilfrequentie over.

EZB

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

12.3.8 Morse-telegrafie (CW)

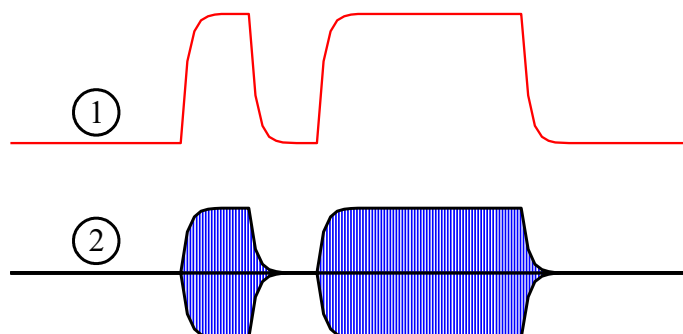
De basis van CW (afkorting van “Continuous Wave”) is afwisselende aan- en afwezigheid van een draaggolf (Figuur 12.3-4).



Figuur 12.3-4. Signaalgang 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 12.3-5.



Figuur 12.3-5. Signaolvorm bij CW met filtering. (1) bron; (2) gemoduleerd signaal.

12.3.9 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-signaal 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 modulatiediepte 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-signaal hangt af van m en f_i . Als m niet groter is dan ongeveer 1 is, geldt bij benadering:

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

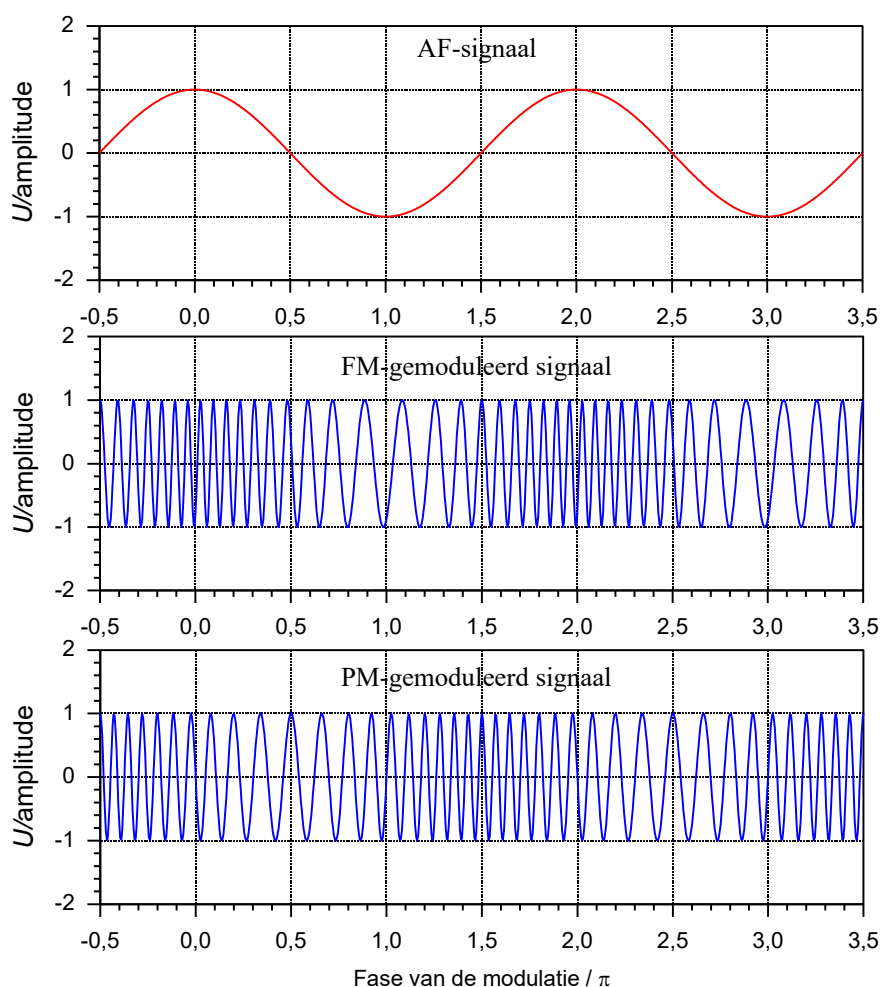
Wie dat uitrekenet voor een hoogste modulerende frequentie van 3 kHz en een zwaai van eveneens 3 kHz vindt $B \approx 12$ kHz. Dat is meer dan bij EZB of zelfs AM. Oorzaak: bij FM zijn er vele zijbanden op afstanden van hele veelvoudenvan de hoogste modulerende frequentie. Voor $m=1$ zijn dat er 2 aan 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-sigitaal via een varicap de oscillatiefrequentie te laten beïnvloeden. Daarna kan door vervorming van het sigitaal frequentievermenigvuldiging tot stand komen. Bedenk dat als een frequentie met een getal wordt vermenigvuldigd, de frequentiezwaaï en daarmee ook de bandbreedte met datzelfde getal wordt vermenigvuldigd.

12.3.10 Fasemodulatie (PM)

Het verschil tussen PM en FM is dat de frequentie niet afhangt van de momentele waarde van het modulerende sigitaal, maar van de snelheid waarmee de momentele waarde van dat sigitaal verandert. Figuur 12.3-6 laat het zien.



Figuur 12.3-6. Boven: AF-sigitaal. Midden: het AF-sigitaal FM gemoduleerd. Onder: AF-sigitaal, PM gemoduleerd.

12.3.11 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.

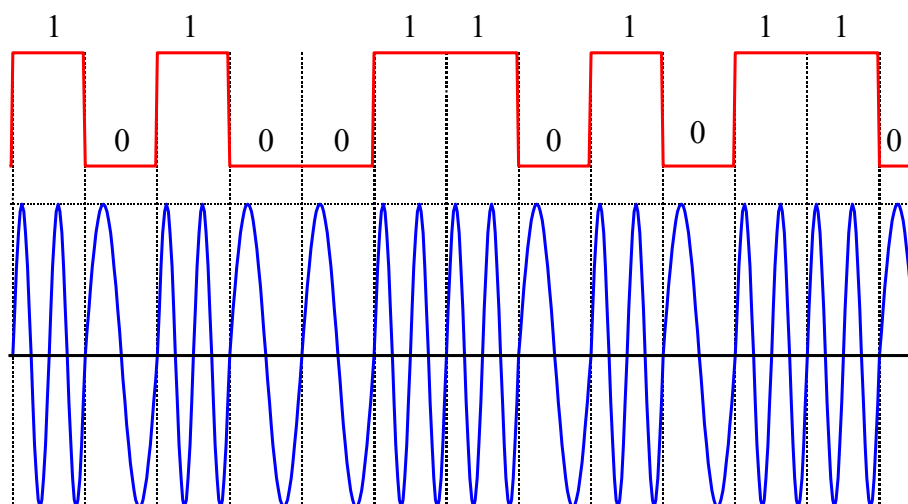
Als de 1 miljoen bits per seconde worden verstuurd in pakketjes van 2, dan is de bitsnelheid nog steeds 1 Mbps, maar de symboolsnelheid 0,5 MBd. De 2 bits in 1 pakketje worden gezien als 1 symbool.

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

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

12.3.12 Frequency shift keying (FSK)

FSK is digitale FM. Het ziet eruit als in Figuur 12.3-7.



Figuur 12.3-7. 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

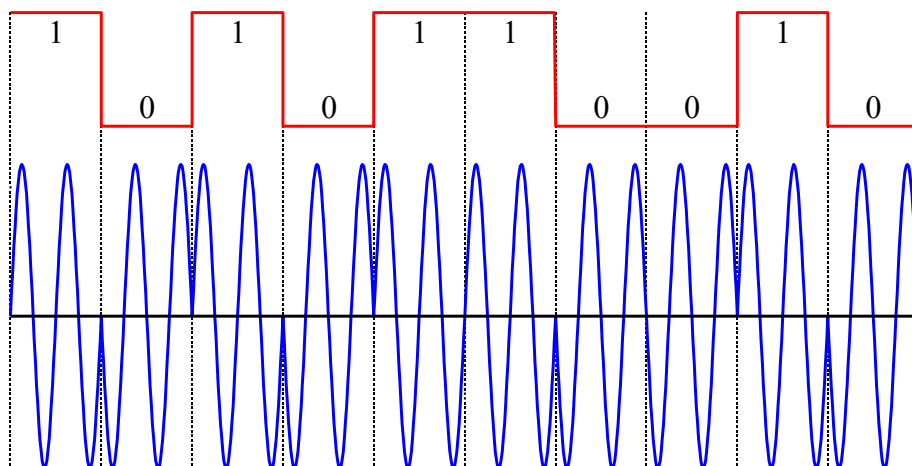
$$B \approx 2(1,6f_s + \Delta f)$$

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

12.3.13 Phase Shift Keying (2-PSK)

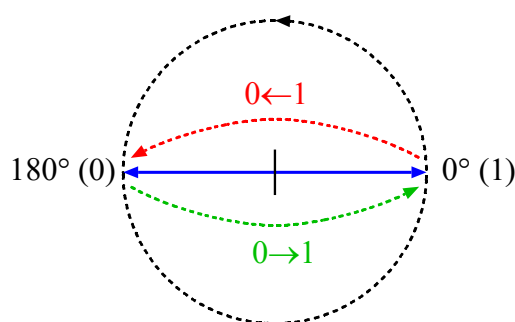
Pij PSK geeft een faseverandering de verandering van een één of meer bits aan. De faseverandering is abrupt. De 2 in 2-PSK geeft aan dat er maar 2 waarden zijn. 1 bit dus.

De faseverandering is bij elke waardeverandering 180° . Bitsnelheid is tekensnelheid. 2-PSK ziet eruit als in Figuur 12.3-8



Figuur 12.3-8. 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.

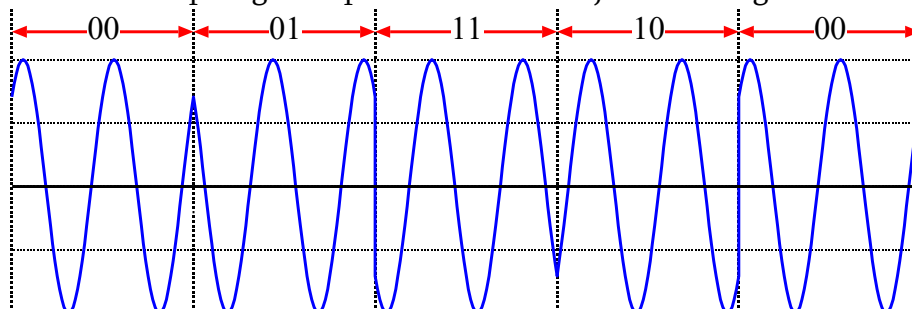
Bij 2-PSK is de bitsnelheid gelijk aan de teken- of symbolnelheid. In vectordiagram:



Figuur 12.3-9. BPSK of 2PSK in vectorvorm met fasesprongen $1 \rightarrow 0$ (rode stippellijn) en $0 \rightarrow 1$ (groene stippellijn).

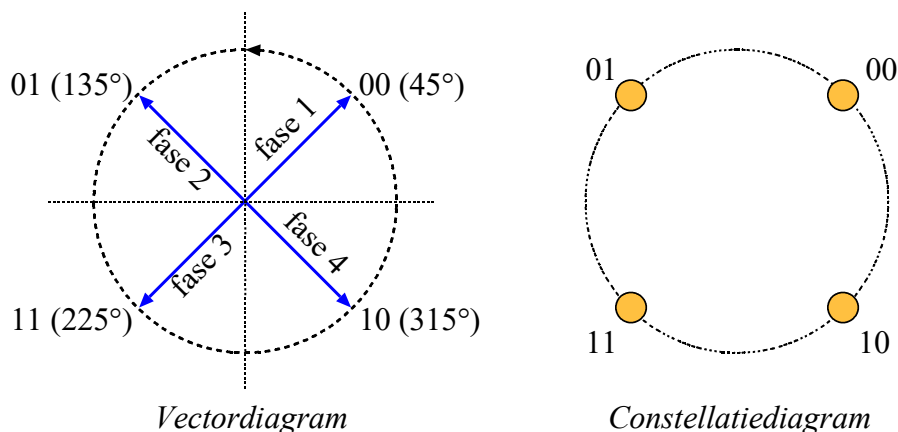
12.3.14 Quadrature Phase Shift Keying (Q-PSK of 4-PSK)

4-PSK kent 4 fasesprongen in plaats van 2. Die zijn elk 90° . Figuur 12.3-10 laat ze zien.



Figuur 12.3-10. De bitcombinaties 00, 01, 10, en 11 van QPSK. Let op de fasesprongen.

Het vectordiagram en het constellatiediagram staan in Figuur 12.3-11.

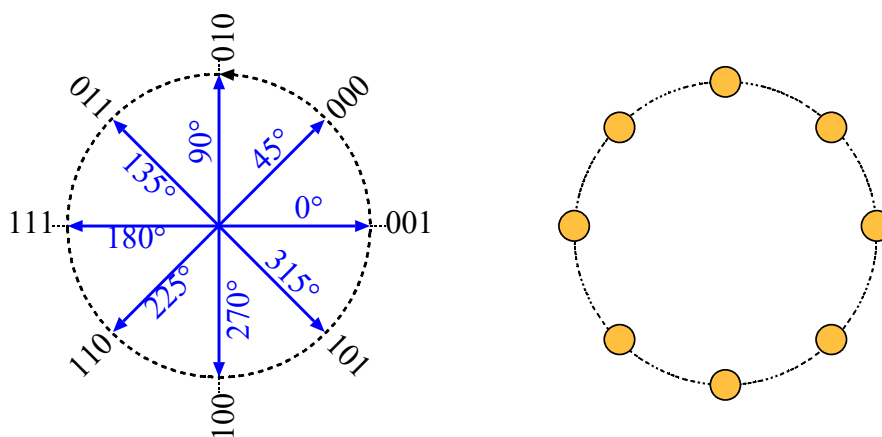


Figuur 12.3-11. 4PSK (QPSK) in vectorvorm (links) en als constellatiediagram (rechts).

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.

12.3.15 8-PSK

8-PSK kent 8 vectorposities met faseverschillen van 45°. Figuur 12.3-12 toont vector- en constellatiediagram.

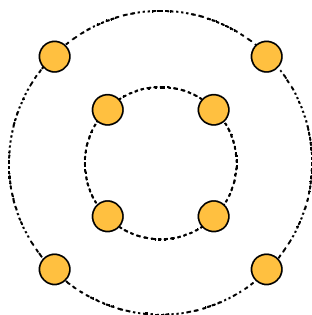


Figuur 12.3-12. Vectordiagram (links) en constellatiediagram (rechts) van 8-PSK.

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).

12.3.16 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 12.3-13).



Figuur 12.3-13. 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 symboolsnelheid.



12.4 Opgaven



12.4.51 Opgave 12-51

De spanning op de aansluitklemmen van een antenne wordt verhoogd van 10 naar 14 volt.
De vermogenstoename komt ongeveer overeen met:

- A. 4 dB
- B. 3 dB
- C. 1,4 dB
- D. 6 dB

(F-examen met spanning in mV: februari 2010 (2); met spanning in V: februari 2011, september 2014 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.4.52 Opgave 12-52

Het zendvermogen van een zender wordt verlaagd van 16 naar 4 watt. Hierdoor zal de hoogfrequent stroom in de antenne:

- A. 2x zo klein worden
- B. 4x zo klein worden
- C. 16x zo klein worden
- D. 8x zo klein worden

(F-examen maart 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.53 Opgave 12-53**

Een zendereindtrap heeft een rendement van 60%. Bij een voedingspanning van 10 volt bedraagt de door de eindtrap opgenomen stroom 10 ampère.

De coaxiale kabel naar de antenne geeft een vermogensverlies van 30%.

Het aan de antenne afgegeven vermogen is:

- A. 28 W
- B. 42 W
- C. 18 W
- D. 12 W

(F-examen mei 2010 (1), augustus 2010, mei 2014 (2),)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.54 Opgave 12-54**

De eindtrap van een transistorzender neemt van de voeding bij een spanning van 20 volt, 1,5 ampère op. Het uitgangsvermogen van deze zender is 20 watt. Het rendement van de eindtrap is

- A. 66,6 %
- B. 50 %
- C. 33,3 %
- D. 75 %

(F-examen september 2010 (1), september 2011 (1), mei 2013 (1), november 2014 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

**12.4.55 Opgave 12-55**

Een zender eindtrap, ingesteld in klasse B, wordt maximaal uitgestuurd door een 100% in amplitude gemoduleerde draaggolf. Het uitgangsvermogen van de draaggolf is 100 watt. Als deze eindtrap maximaal wordt uitgestuurd door een enkelzijbandsignaal, bedraagt het uitgangsvermogen (PEP)

- A. 50 W
- B. 400 W
- C. 100 W
- D. 200 W

(F-examen november 2008 (1), april 2009, mei 2009 (1), september 2009 (1), februari 2010 (2))

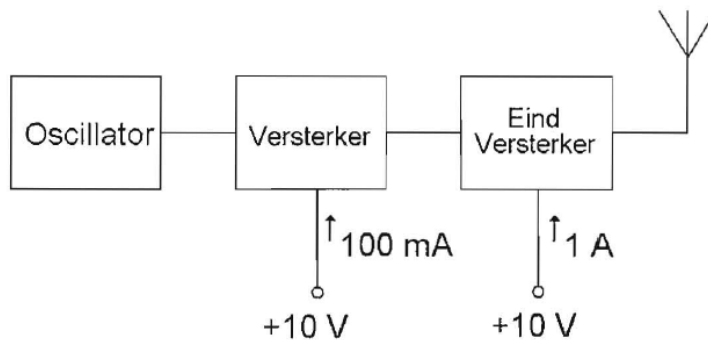
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.56 Opgave 12-56

Van een zender nemen de laatste twee trappen een stroom op van respectievelijk 100 mA en 1 A; de voedingsspanning is 10 V. Het rendement van elke trap is 50%. De versterking van de laatste trap is:

- A. 6 dB
- B. 10 dB
- C. 20 dB
- D. 3 dB

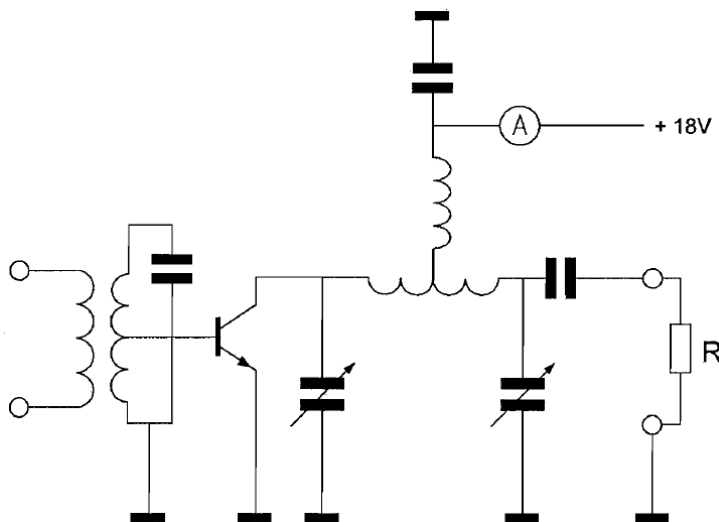


(F-examen december 2012, november 2013 (2), mei 2017 (1), mei 2019 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.4.57 Opgave 12-57

De versterker heeft een rendement van 50%. Het aan de belastingsweerstand afgegeven vermogen is 18 watt.



De toegevoerde gelijkstroom is:

- A. 1 A
- B. 4 A
- C. 2 A
- D. 0,5 A

(F-examen mei 2010 (2), februari 2011, maart 2012)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.58 Opgave 12-58**

Van een transistoreindtrap is het stuurvermogen 1 W, het afgegeven vermogen is 4 W. De eindtrap neemt vanuit de voeding 1 A op bij een spanning van 10 V. Dan is:

- A. Het rendement 30% en de versterking 3 dB
- B. Het rendement 40% en de versterking 6 dB
- C. Het rendement 30% en de versterking 6 dB
- D. Het rendement 40% en de versterking 3 dB

(F-examen augustus 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.59 Opgave 12-59

Achter een zender met een uitgangsvermogen van 5 watt wordt een versterker geschakeld, welke 20 watt afgeeft. Het zendvermogen zal toenemen met

- A. 12 dB
- B. 6 dB
- C. 9 dB
- D. 3 dB

(F-examen april 2008, februari 2010 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.60 Opgave 12-60

Een amplitude gemoduleerd signaal kan onvervormd worden versterkt door:

- A. Een frequentievermenigvuldiger
- B. Een lineaire versterker
- C. Een versterker in klasse C
- D. Een niet-lineaire versterker

(F-examen voorjaar 2000)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.61 Opgave 12-61

Een 100% amplitude gemoduleerd signaal kan lineair worden versterkt met:

- A. Een versterkertrap, ingesteld in klasse A
- B. Een begrenzertrap
- C. Een balansmodulator
- D. Een eindtrap ingesteld in klasse C

(F-examen maart 2011 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.62 Opgave 12-62**

Tussen antenne en zender wordt een aan de antenne aangepaste coaxiale kabel met een demping van 9 dB per 100 meter toegepast. Bij welke kabellengte is het aan de antenne toegevoerde vermogen ongeveer de helft van het zendvermogen?

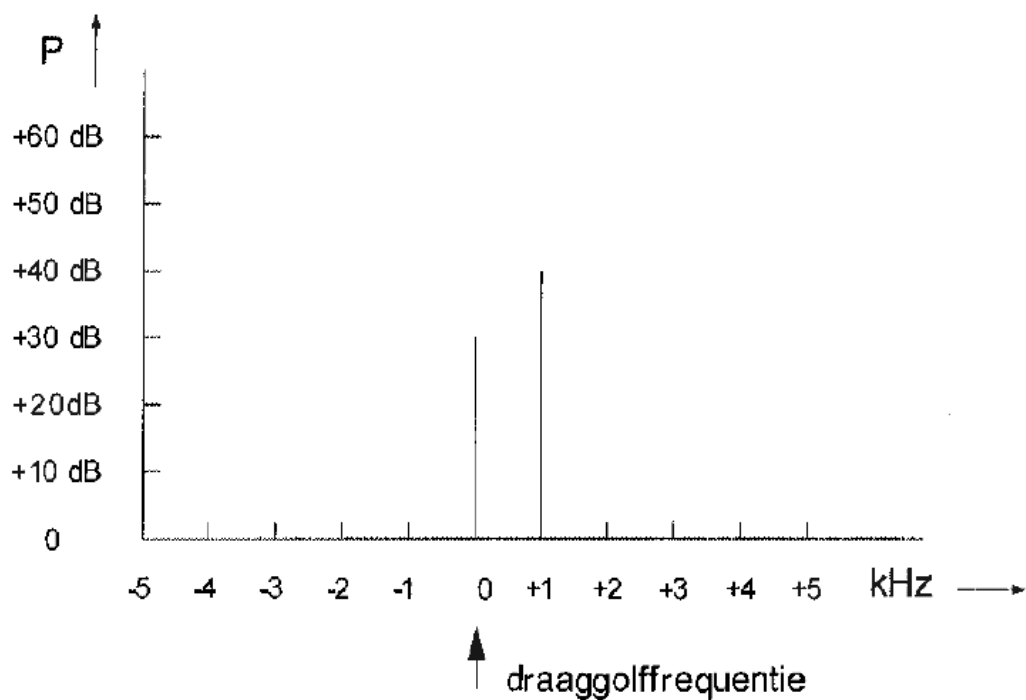
- A. 100 meter
- B. 17 meter
- C. 33 meter
- D. 50 meter

(F-examen november 2008 (1), juli 2011)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.4.63 Opgave 12-63

Het signaal van een EZB-amateurzender heeft het volgende spectrum:



Het vermogen van de rest-draaggolf is 10 milliwatt. Het vermogen van de zijband is:

- A. 100 mW
- B. 1 W
- C. 10 W
- D. 100 W

(F-examenvoorjaar 2003, mei 2011 (1), november 2014 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.64 Opgave 12-64**

Van een coaxiale kabel is de demping bij 14 MHz 12 dB/100 meter. De lengte van de kabel is 25 meter. Door de zender wordt bij 14 MHz een vermogen van 30 watt in de kabel gestuurd. In de kabel gaat verloren:

- A. 1,5 W
- B. 7,5 W
- C. 3 W
- D. 15 W

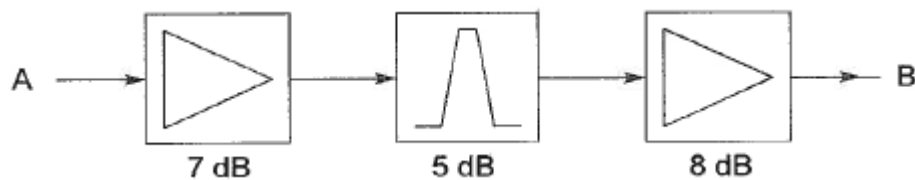
(F-examen september 2010 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.65 Opgave 12-65

Tussen twee versterkertrappen is een passief filter geschakeld.



De totale versterking tussen A en B is:

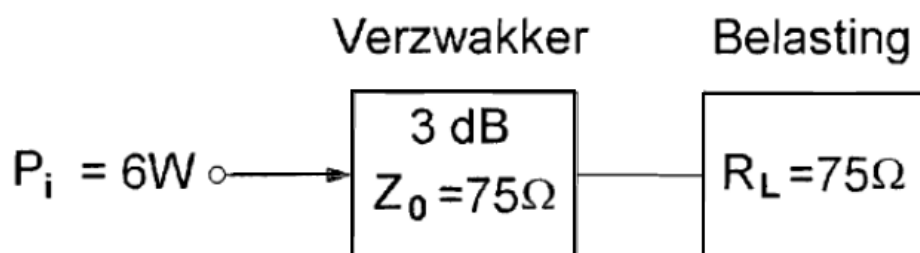
- A. 280 dB
- B. 11,2 dB
- C. 20 dB
- D. 10 dB

(F-examen april 2009, september 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.66 Opgave 12-66



In de verzwakker wordt gedissipeerd:

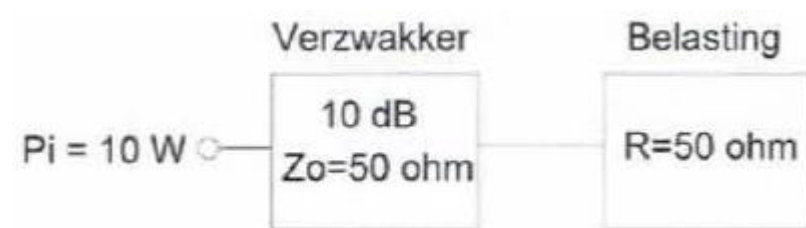
- A. 3 W
- B. 2 W
- C. 5 W
- D. 4 W

(F-examen februari 2010 (1), juli 2010, mei 2014 (2), januari 2017, januari 2018, mei 2018 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.4.67 Opgave 12-67

Hoeveel vermogen wordt gedissipeerd in de verzwakker?



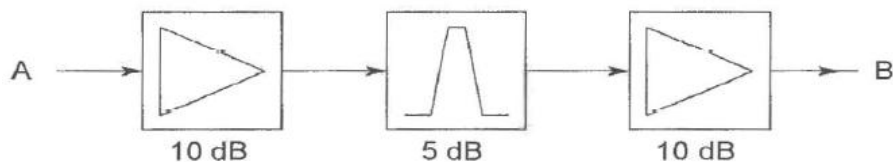
- A. 9 W
- B. 10 W
- C. 1
- D. 5 W

(F-examen september 2014 (2), maart 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.4.68 Opgave 12-68

Tussen twee versterkertrappen is een passief filter geschakeld.



De versterking tussen A en B is

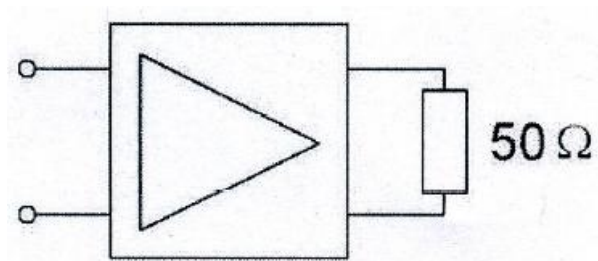
- A. 15 dB
- B. 5 dB
- C. 500 dB
- D. 25 dB

(F-examen januari 2010, mei 2015 (2), mei 2016 (1), september 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.4.69 Opgave 12-69

Deze versterker heeft een spanningsversterking van 8 maal en de ingangsweerstand is 50 ohm.



De vermogensversterking is:

- A. $8\sqrt{2}$ maal
- B. 64 maal
- C. 400 maal
- D. 8 maal

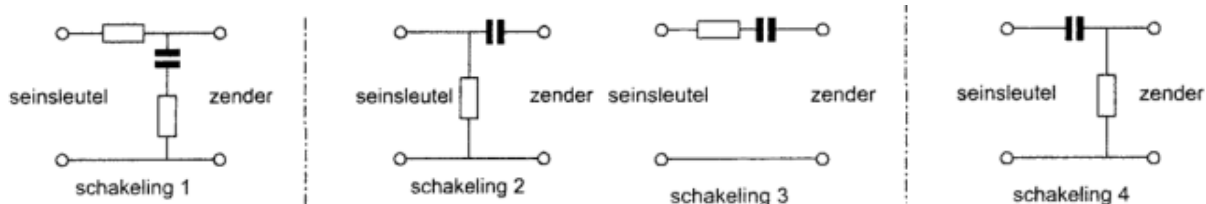
(F-examen mei 2016 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.70 Opgave 12-70

Sleutelklikken kunnen worden verminderd door tussen de seinsleutel en de zender op te nemen:



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

(F-examen december 2009, januari 2010, mei 2010 (1), juni 2010, september 2010 (1), maart 2013, mei 2013 (2), mei 2015 (2), september 2016, mei 2017 (1), september 2017, januari 2018)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.71 Opgave 12-71

Welke van de volgende schakelingen is het meest geschikt voor frequentievermenigvuldiging?

- A. Een lineaire versterker
- B. Een versterker in klasse C
- C. Een oscillator
- D. Een mengtrap

(F-examen najaar 1978)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.4.72 Opgave 12-72

Een van de voordelen bij een zender voor frequentiemodulatie (FM) is:

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

(F-examen najaar 1975)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.73 Opgave 12-73**

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_c 50 Hz; Laagdoorlaat: f_c 15000 Hz
- B. Hoogdoorlaat: f_c 600 Hz; Laagdoorlaat: f_c 1800 Hz
- C. Hoogdoorlaat: f_c 300 Hz; Laagdoorlaat: f_c 3000 Hz
- D. Hoogdoorlaat: f_c 0 Hz; Laagdoorlaat: f_c 6000 Hz

(F-examen najaar 2003, maart 2010)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.4.74 Opgave 12-74

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

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

(F-examen maart 2009 (1), maart 2010, december 2010, maart 2011 (2), november 2018, november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.75 Opgave 12-75

Van een lineaire versterker kan worden gezegd:

- A. Deze wordt niet voor AM-gemoduleerde signalen toegepast
- B. Deze versterker heeft altijd een rendement van 50%
- C. De vorm van de uitgangsspanning is gelijk aan die van de ingangsspanning
- D. Deze wordt alleen voor FM-gemoduleerde signalen toegepast

(F-examen november 2008 (1), oktober 2009, november 2010 (2), november 2014 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.76 Opgave 12-76

Een amplitudegemoduleerd signaal kan onvervormd worden versterkt door

- A. Een versterker in klasse C
- B. Een frequentievermenigvuldiger
- C. Een lineaire versterker
- D. Een niet-lineaire versterker

(F-examen voorjaar 2003, september 2009 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.77 Opgave 12-77

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

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

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

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.78 Opgave 12-78

Een voorversterker voor de 2 meter amateurband heeft minimaal een bandbreedte van:

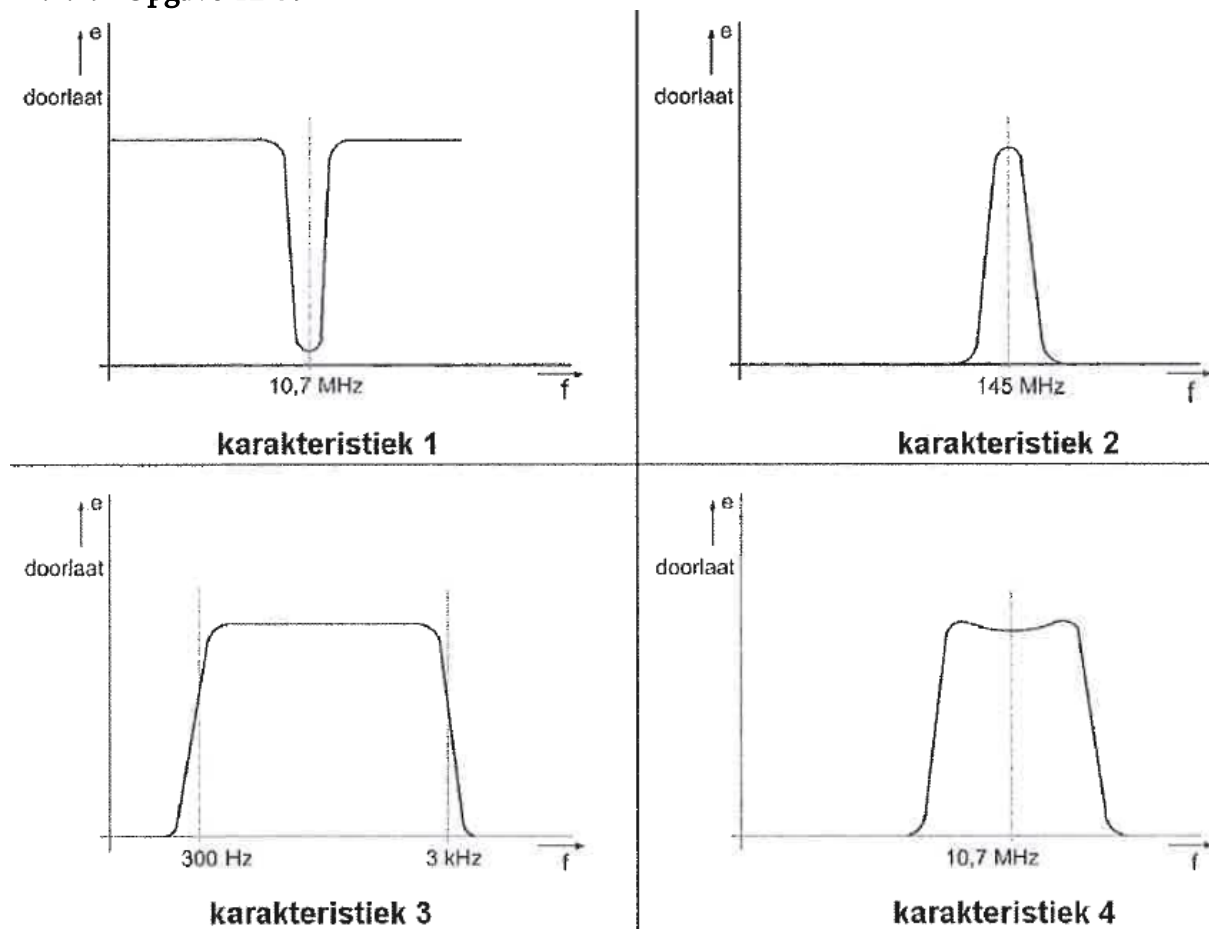
- A. 146 MHz
- B. 2 meter
- C. 144 MHz
- D. 2 MHz

(F-examen juni 2009, september 2011 (2), mei 2012 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.79 Opgave 12-79



Welke karakteristiek hoort bij een VHF-voorversterker?

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

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

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.80 Opgave 12-80

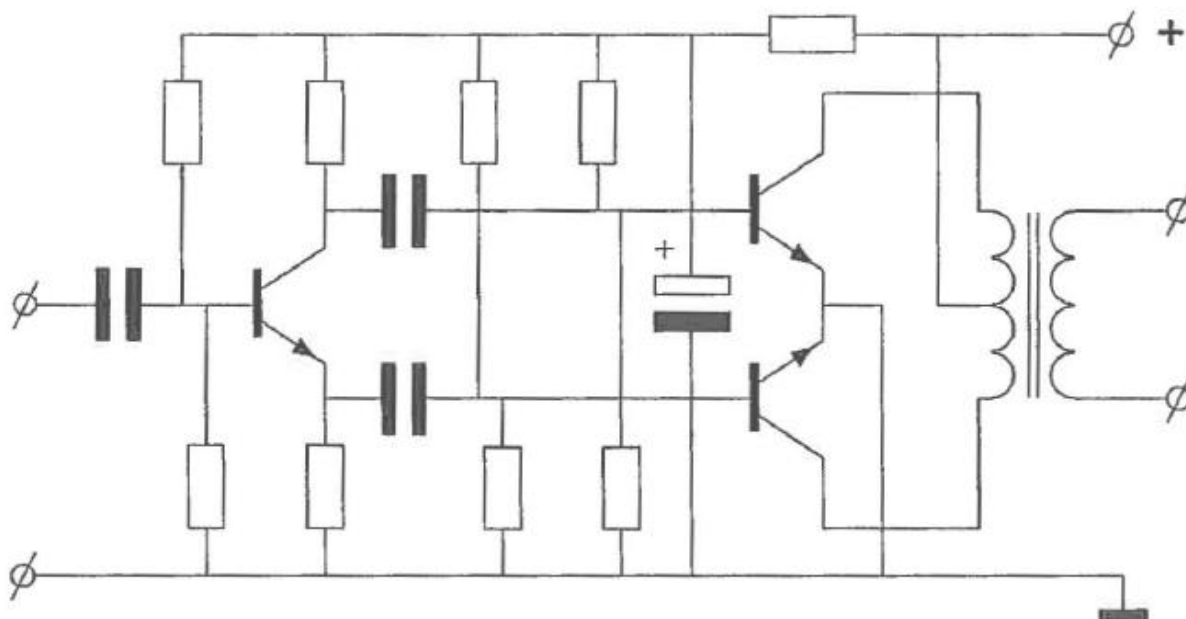
In een versterker wordt de 80 meter amateurband (3,5 – 3,8 MHz) in zijn geheel versterkt. De bandbreedte van deze versterker moet minimaal zijn:

- A. 600 kHz
- B. 3,8 MHz
- C. 3,5 MHz
- D. 300 kHz

(F-examen najaar 2006, november 2010 (1), januari 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

12.4.81 Opgave 12-81



Dit is een schema van

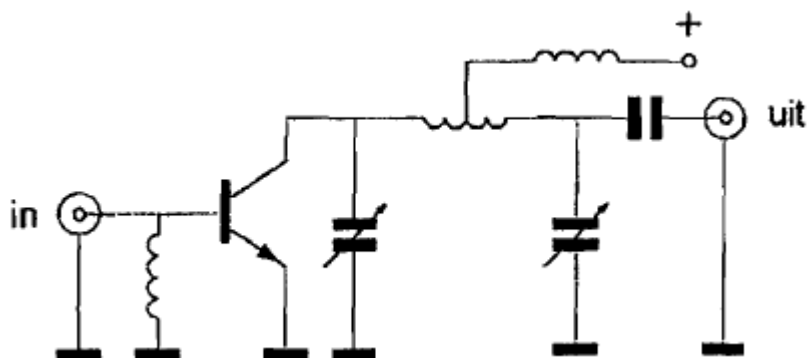
- A. Een balansmodulator
- B. Een LF-eindversterker
- C. Een frequentiemodulator
- D. Een HF-eindversterker

(F-examen november 2010 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



12.4.82 Opgave 12-82



Deze vermogensversterker is geschikt voor:

- A. Morsetelegrafie (draaggolf aan/uit)
- B. Amplitudemodulatie (0-100% modulatie)
- C. Enkelzijbandmodulatie zonder draaggolf
- D. Dubbelzijbandmodulatie zonder draaggolf

(F-examen voorjaar 2001, mei 2011 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.83 Opgave 12-83

Voor een EZB-zender geldt:

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

(F-examen najaar 2001, februari 2009, september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.84 Opgave 12-84

Een zendereindtrap, bedoeld voor het verwerken van een enkelzijbandsignaal, wordt voor een zo hoog mogelijk rendement ingesteld in:

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

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

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.85 Opgave 12-85**

Voor een telegrafiezender (A1A) geldt:

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

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

Opmerking: Laat je niet van je stuk brengen door de A1A in de vraagstelling. Het is een van de zogenoemde klassen van uitzending die in Hoofdstuk 18 worden behandeld. A1A is morsetelegrafie (CW).

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.86 Opgave 12-86

Voor het versterken met een zo hoog mogelijk rendement van een CW-telegrafiesignaal wordt de zendereindtrap ingesteld in

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

(F-examen mei 2009 (1), december 2010), mei 2013 (2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.87 Opgave 12-87

Voor het versterken met zo hoog mogelijk rendement van een morse-telegrafiesignaal moet de zendereindtrap worden ingesteld in:

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

(F-examen januari 2009, juni 2011, november 2014 (1, 2))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.88 Opgave 12-88

Een eindtrap van een frequentie-gemoduleerde zender wordt voor een zo hoog mogelijk rendement ingesteld in:

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

(F-examen november 2012)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.89 Opgave 12-89

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

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

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

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.90 Opgave 12-90

Een HF-versterker, bedoeld voor het versterken van een frequentie-gemoduleerd signaal, wordt voor een zo hoog mogelijk rendement ingesteld in:

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

(F-examen februari 2020 (2), mei 2011 (2), maart 2012, mei 2012 (1), januari 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.91 Opgave 12-91**

Een specifieke modulatievorm voor digitale signalen is:

Variant 1	Variant 2
A. AM	A. DAC
B. 2-PSK	B. 2-PSK
C. EZB (SSB)	C. ADC
D. FM	D. PEP

(**Variant 1:** F-examen november 2008 (1), december 2010, mei 2013 (2); **Variant 2:** F-examen januari 2017, mei 2018 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.92 Opgave 12-92**

Een bitstroom wordt in FSK gemoduleerd met een shift van 170 Hz en een symboolsnelheid van 50 baud. De benodigde bandbreedte van het uitgezonden signaal is in de praktijk:

- A. 170 Hz
- B. 50 Hz
- C. 250 Hz
- D. 8500 Hz

F-examen december 2008, maart 2009 (2), maart 2013)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.4.93 Opgave 12-93

Een bitstroom wordt in 4-PSK gemoduleerd. Als de bitsnelheid 4800 bits/sec is, is de symboolsnelheid

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

(F-examen februari 2009, november 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.94 Opgave 12-94

Welke afkorting wijst op fasemodulatie door een digitaal signaal?

- A. CW
- B. FM
- C. EZB
- D. 2-PSK

(F-examen september 2009 (1), mei 2010 (1))

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.95 Opgave 12-95

Een bitstroom wordt in 16-QAM gemoduleerd. Als de bitsnelheid 9600 bits/s is, is de symbolsnelheid:

- A. 2400 baud
- B. 600 baud
- C. 38400 baud
- D. 9600 baud

(F-examen maart 2009 (1), april 2009)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.96 Opgave 12-96

Bij de modulatiwijze QAM waarbij 16 toestanden worden onderscheiden, is het aantal bits per symbool:

- A. 16
- B. 4
- C. 2
- D. 8

(F-examen maart 2009 (2), januari 2010, december 2010, maart 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.97 Opgave 12-97**

In het ASCII-alfabet wordt elk teken weergegeven door 7 bits. Aan elk teken wordt een pariteitsbit toegevoegd. Een tekst van 6000 ASCII-teken wordt in 1 minuut verzonden. De bitsnelheid is:

- A. 700 b/s
- B. 48000 b/s
- C. 800 b/s
- D. 100 b/s

(F-examen mei 2009 (2), februari 2010 (1), september 2015)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.4.98 Opgave 12-98

De ontvangst van frequentie-gemoduleerde signalen is weinig gevoelig voor vonkstoring, omdat in FM-ontvangers

- A. Frequentie-transformatie plaatsvindt
- B. Amplitude-begrenzing wordt toegepast
- C. Automatische frequentie-bijregeling wordt toegepast
- D. Automatische volumeregeling wordt toegepast

(F-examen september 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



**12.4.99 Opgave 12-99**

Aan de modulator van een zender wordt een bitstroom toegevoerd. Als een bit een waarde 1 heeft, wordt de frequentie van het uitgezonden signaal 170 Hz lager dan wanneer het de waarde 0 heeft. Deze modulatie heet:

- A. QAM
- B. FSK
- C. 4-PSK
- D. 2-PSK

(F-examen september 2019, november 2019)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



12.4.100 Opgave 12-100

De Engelse afkorting “CRC” wordt gebruikt voor

- A. De modulatiemethode van een VCO
- B. De foutdetectie in packetradio systemen
- C. Het aangeven van de capaciteit van een batterij
- D. Het in serie schakelen van twee condensatoren en een weerstand

(F-examen augustus 2009, augustus 2010, maart 2016)

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking





12.5 Uitwerkingen

**12.5.51 Uitwerking van Opgave 12-51**

De spanning op de aansluitklemmen van een antenne wordt verhoogd van 10 naar 14 volt. De vermogenstoename komt ongeveer overeen met:

- A. 4 dB
- B. 3 dB**
- C. 1,4 dB
- D. 6 dB

Uitwerking

Vermogen is evenredig met het kwadraat van de spanning. Als de spanning met een factor $14/10 = 1,4 \approx \sqrt{2}$ omhooggaat, gaat daarom het vermogen met een factor 2 omhoog. In dB is dat $10\log 2 = 3$ dB. Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.52 Uitwerking van Opgave 12-52**

Het zendvermogen van een zender wordt verlaagd van 16 naar 4 watt. Hierdoor zal de hoogfrequent stroom in de antenne:

- A. 2x zo klein worden
- B. 4x zo klein worden
- C. 16x zo klein worden
- D. 8x zo klein worden

Uitwerking

Net als spanning is stroom evenredig met het kwadraat van het vermogen. Omgekeerd: het vermogen is evenredig met de wortel uit de stroom. Als het vermogen met een factor 4 omlaaggaat, dan gaat de stroom met een factor $\sqrt{4} = 2$ omlaag. Dat draait uit op antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.53 Uitwerking van Opgave 12-53**

Een zender eindtrap heeft een rendement van 60%. Bij een voedingspanning van 10 volt bedraagt de door de eindtrap opgenomen stroom 10 ampère.

De coaxiale kabel naar de antenne geeft een vermogensverlies van 30%.

Het aan de antenne afgegeven vermogen is:

- A. 28 W
- B. 42 W**
- C. 18 W
- D. 12 W

Uitwerking

Dit is een kwestie van rekenen. Het vermogen dat de eindtrap ingaat is 10 V maal 10 A is 100 W. 60% gaat richting antenne, dat is 0,6 maal 100 W is 60 W. In de antennekabel verdwijnt daarvan 30%, zodat 70% van 60 W is 42 W bij de antenne aankomt, of in bewoordingen van de opgave, aan de antenne wordt afgegeven. Dat is antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.54 Uitwerking van Opgave 12-54**

De eindtrap van een transistorzender neemt van de voeding bij een spanning van 20 volt, 1,5 ampère op. Het uitgangsvermogen van deze zender is 20 watt. Het rendement van de eindtrap is

- A. 66,6 %
- B. 50 %
- C. 33,3 %
- D. 75 %

Uitwerking

We kunnen hier het beste maar meteen gaan rekenen. Het vermogen dat de eindtrap ingaat, is 20 V maal 1,5 A is 30 W. Er komt 20 W aan HF-vermogen weer uit, dus het rendement is $20 W / 30 W = 0,6666 \dots 6 \approx 66,7 \%$. Dat is antwoord A, al is het niet helemaal netjes afgerond.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.55 Uitwerking van Opgave 12-55**

Een zender eindtrap, ingesteld in klasse B, wordt maximaal uitgestuurd door een 100% in amplitude gemoduleerde draaggolf. Het uitgangsvermogen van de draaggolf is 100 watt. Als deze eindtrap maximaal wordt uitgestuurd door een enkelzijbandsignaal, bedraagt het uitgangsvermogen (PEP)

- A. 50 W
- B. 400 W**
- C. 100 W
- D. 200 W

Uitwerking

Hier wordt van AM-draaggolfvermogen overgesprongen op PEP bij EZB. Het vermogen van een draaggolf bij AM is gebaseerd op gemiddelde amplitude. De maximale amplitude is bij 100% modulatie diepte 2x de gemiddelde amplitude. Als er EZB wordt uitgezonden via dezelfde zender is de maximale amplitude ook dezelfde, want de zender verandert niet. Maximale amplitude 2x zo groot als gemiddeld, betekent maximaal vermogen 4x zo groot, want amplitude is gebaseerd op spanning. Vermogen is evenredig met het kwadraat van de spanning, dus de 2x zo grote spanningsamplitude wordt 4x zoveel vermogen.

Dit alles draait uit op antwoord B



Terug naar de opgave

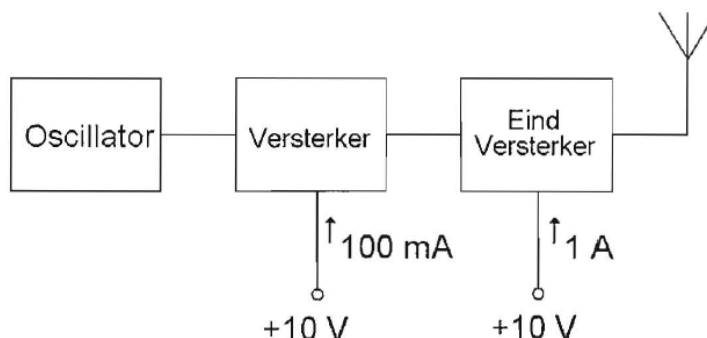
Naar de volgende opgave



12.5.56 Uitwerking van Opgave 12-56

Van een zender nemen de laatste twee trappen een stroom op van respectievelijk 100 mA en 1 A; de voedingsspanning is 10 V. Het rendement van elke trap is 50%. De versterking van de laatste trap is:

- A. 6 dB
- B. 10 dB
- C. 20 dB
- D. 3 dB



Uitwerking

We moeten van vermogensverbruik en rendement van de (voor)versterker naar de versterking van de eindversterker zien te komen.

De voorversterker neemt 0,1 A maal 10 V is 1 W aan vermogen op. 50% rendement betekent dat de versterkertrap daarvan de helft, dat is 0,5 W doorgeeft aan de eindversterker.

De eindversterker neemt 10 V maal 1 A is 10 W aan vermogen op. Bij een rendement van opnieuw 50% levert de eindversterker 5 W naar de antenne.

0,5 W in en 5 W uit is een vermogensversterking van 10x. dat is in dB $10 \log 10$. $\log 10 = 1$. $10 \log 10 =$ dus 10. De vermogensversterking is dan 10 dB. Antwoord B.

Opmerking 1

Het kan korter. Beide versterkertrappen worden gevoed met 10 V en hebben hetzelfde rendement van 50%. Dan verhouden de uitgangsvermogens zich als de voedingsstromen en komt uit de eindversterker 10x zoveel vermogen als uit de voorversterker. Ook dat is 10 dB.

Opmerking 2

De oscillator hangt er voor spek en bonen bij. Daar had elke andere HF-bron, bijvoorbeeld een modulator, kunnen staan. Of alleen een HF-ingang.



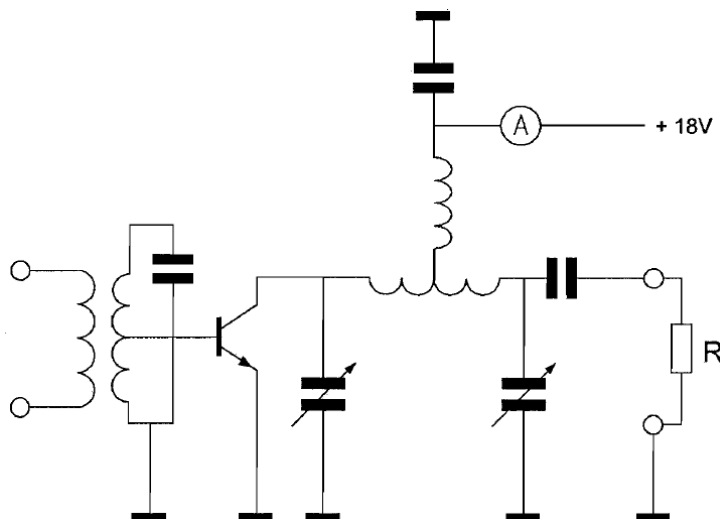
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.57 Uitwerking van Opgave 12-57

De versterker heeft een rendement van 50%. Het aan de belastingsweerstand afgegeven vermogen is 18 watt.



De toegevoerde gelijkstroom is:

- A. 1 A
- B. 4 A
- C. 2 A
- D. 0,5 A

Uitwerking

De transistor wordt gevoed met 18 V. De versterker levert 18 W aan de belastingsweerstand R bij een rendement van 50%. Dan moet de transistor 2 maal 18 W is 36 W opnemen. Bij een voedingsspanning van 18 V is dat $36 \text{ W} / 18 \text{ V} = 2 \text{ A}$. Antwoord C dus.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.58 Uitwerking van Opgave 12-58**

Van een transistoreindtrap is het stuurvermogen 1 W, het afgegeven vermogen is 4 W. De eindtrap neemt vanuit de voeding 1 A op bij een spanning van 10 V. Dan is:

- A. Het rendement 30% en de versterking 3 dB
- B. Het rendement 40% en de versterking 6 dB**
- C. Het rendement 30% en de versterking 6 dB
- D. Het rendement 40% en de versterking 3 dB

Uitwerking

Als de eindtrap van 1 W input 4 W output maakt, is de vermogensversterking 4. Log 4 is 0,6. 10 maal 0,6 is 6, dus de vermogensversterking is 6 dB. Daarmee houden we de antwoorden B en C over.

Nu voor de finale naar het rendement. De eindtrap neemt 1 A op bij een voedingsspanning van 10 V. Er komt dus 10 W uit de voeding (1 A maal 10 V). Die 10 W leidt tot 4 W aan HF-output, dat is een rendement van $4/10 = 0,4 = 40\%$. De winnaar is antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.59 Uitwerking van Opgave 12-59**

Achter een zender met een uitgangsvermogen van 5 watt wordt een versterker geschakeld, welke 20 watt afgeeft. Het zendvermogen zal toenemen met

- A. 12 dB
- B. 6 dB**
- C. 9 dB
- D. 3 dB

Uitwerking

De vermogenstoename is een factor 4. In de vorm van een vergelijking:

$$\frac{P_{in}}{P_{uit}} = \frac{5}{20} = 4$$

In dB wordt dat. Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.60 Uitwerking van Opgave 12-60

Een amplitude gemoduleerd signaal kan onvervormd worden versterkt door:

- A. Een frequentievermenigvuldiger
- B. Een lineaire versterker**
- C. Een versterker in klasse C
- D. Een niet-lineaire versterker

Uitwerking

Een 100% gemoduleerd AM-signaal moet lineair worden versterkt. Anders wordt de modulatie vervormd. Dat is gemakkelijk in te zien als we bedenken dat de omhullende de modulatie is plus de verticaal gespiegelde modulatie. Bij gelijkrichting blijft één van de twee over. Een vervormd AM-signaal betekent een vervormde omhullende en dus een vervormde modulatie. Er is maar één antwoord dat leidt tot een (vrijwel) onvervormd signaal en dat is antwoord B.

Opmerking 1

De lineaire versterker zal een versterker in klasse A zijn, of één in klasse B of AB, maar dan in balansuitvoering, zodat de positieve periodehelft door de ene versterkerhelft wordt versterkt en de negatieve door de andere.

Opmerking 2

Voor AM met een modulatie diepte van 100 % ($M = 1$) geldt de uitwerking hierboven. Maar voor $M < 1$, bijvoorbeeld 0,5 of 0,7, zou zelfs klasse C kunnen worden toegepast, zolang alles binnen de oorspronkelijke omhullende maar redelijk boven de onderkant ligt van wat nog versterkt wordt. Dus niet (letterlijk) tot op het randje. Bij deze opgave had dus eigenlijk de modulatie diepte moeten worden vermeld. In Opgave 12-61 is dat wel het geval.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.61 Uitwerking van Opgave 12-61**

Een 100% amplitude gemoduleerd signaal kan lineair worden versterkt met:

- A. Een versterkertrap, ingesteld in klasse A
- B. Een begrenzertrap
- C. Een balansmodulator
- D. Een eindtrap ingesteld in klasse C

Uitwerking

Net als in de vorige vraag geldt voor een 100% AM-gemoduleerd signaal dat het, om geen vervorming van het erop gemoduleerde LF-signaal te krijgen, een lineaire versterker nodig heeft. Een klasse A-versterker voldoet aan die eis; de andere drie antwoorden niet.

Opmerkingen

Net als bij het antwoord van Opgave 12-60 kan ook hier een balansversterker in klasse B worden gebruikt voor meer vermogensrendement. De daar gemaakte opmerking over een klasse B- of klasse AB-versterker geldt hier ook



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.62 Uitwerking van Opgave 12-62**

Tussen antenne en zender wordt een aan de antenne aangepaste coaxiale kabel met een demping van 9 dB per 100 meter toegepast. Bij welke kabellengte is het aan de antenne toegevoerde vermogen ongeveer de helft van het zendvermogen?

- A. 100 meter
- B. 17 meter
- C. 33 meter**
- D. 50 meter

Uitwerking

De vraag is, bij welke kabellengte 0,5 maal het oorspronkelijke zendvermogen over is. In dB is dat $10 * \log(0,5) = -3$ dB. Dat is 1/3 van de -9 dB per 100 meter. Daarvoor moet de kabel ook 1/3 van 100 m lang zijn, dus afgerond 33 m. Antwoord C is dan ook het juiste antwoord.

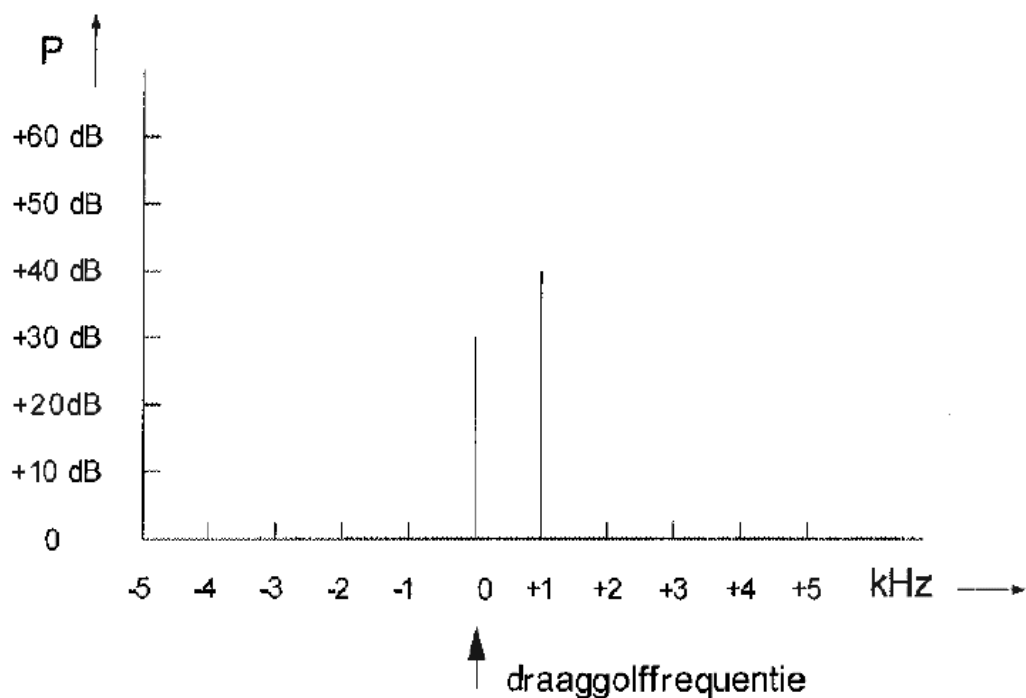
Opmerking

Het aanpassen van kabels aan antennes, waarvan in dit vraagstuk sprake is, zullen we in Hoofdstuk 14 bespreken.

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

**12.5.63 Uitwerking van Opgave 12-63**

Het signaal van een EZB-amateurzender heeft het volgende spectrum:



Het vermogen van de rest-draaggolf is 10 milliwatt. Het vermogen van de zijband is:

- A. 100 mW
- B. 1 W
- C. 10 W
- D. 100 W

Uitwerking

Het vermogensverschil tussen restdraaggolf en zijband is $40 \text{ dB} - 30 \text{ dB} = 10 \text{ dB}$ in het voordeel van de zijband, zoals uit de grafiek valt op te maken. Dan verhouden zijbandvermogen P_z en het restdraaggolfvermogen P_d zich

$$10 * \log\left(\frac{P_z}{P_d}\right) = 10 \rightarrow \log\left(\frac{P_z}{P_d}\right) = 1$$

Dan geldt

$$\left(\frac{P_z}{P_d}\right) = 10^1 = 10 \rightarrow P_z = 10P_d$$

En is $P_z = 10$ maal 10 mW is 100 mW. Antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.64 Uitwerking van Opgave 12-64**

Van een coaxiale kabel is de demping bij 14 MHz 12 dB/100 meter. De lengte van de kabel is 25 meter. Door de zender wordt bij 14 MHz een vermogen van 30 watt in de kabel gestuurd. In de kabel gaat verloren:

- A. 1,5 W
- B. 7,5 W
- C. 3 W
- D. 15 W

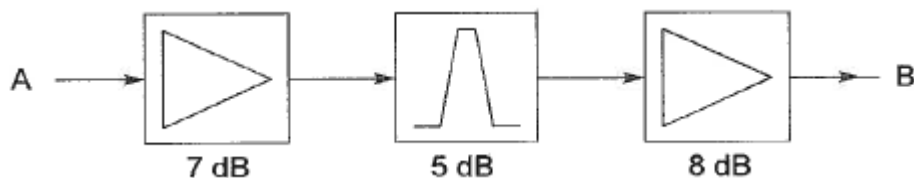
Uitwerking

Bij een lengte van 25 m in plaats van 100 m is de demping in de kabel $\frac{25}{100}$ van 12 dB is 3 dB, dus een versterking van -3 dB. Dat betekent dat het vermogen dat de kabel ingaat, wordt gehalveerd. Er blijft 15 W over en er gaat $30\text{ W} - 15\text{ W} = 15\text{ W}$ verloren. Antwoord D.

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

12.5.65 Uitwerking van Opgave 12-65

Tussen twee versterkertrappen is een passief filter geschakeld.



De totale versterking tussen A en B is:

- A. 280 dB
- B. 11,2 dB
- C. 20 dB
- D. 10 dB

Uitwerking

Een passief filter is een filter zonder versterkende elementen. Het hoogdoorlaatfilter (schemasymbool in Hoofdstuk 5) moet dus wel 5 dB verzwakken, al staat er geen minteken bij. De totale versterking komt dan uit op $7 \text{ dB} - 5 \text{ dB} + 8 \text{ dB} = 10 \text{ dB}$. Dat is antwoord D.

Opmerkingen

Antwoord A krijgt degene die alle dB-waarden met elkaar vermenigvuldigt. dB-waarden moet je optellen.

Antwoord C krijgt degene die alles optelt zonder te beseffen dat een passief filter niet kan versterken.

En antwoord B? Wie het weet, mag het zeggen.

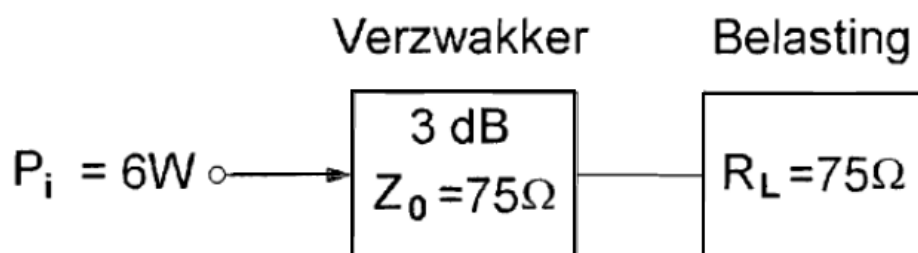


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.66 Uitwerking van Opgave 12-66



In de verzwakker wordt gedissipeerd:

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

Uitwerking

De verzwakker krijgt 6 W binnen. Dissipatie neemt 3 dB, dat is de helft. Van de 6 W wordt dus 3 W gedissipeerd. Antwoord A.

Opmerkingen

De belasting is voor wat betreft de vraag niet meer dan een afleidingsmanoeuvre, schijnbeweging, of hoe je het ook wilt noemen. Dat een verzwakker met een impedantie van 75Ω netjes met 75Ω wordt afgesloten is mooi, maar voor de beantwoording van de vraag geheel overbodig.

De 3 dB in de verzwakker heeft geen minteken. Dat hoeft ook niet, want een verzwakker verzwakt. Het aantal dB's is dan per definitie negatief.



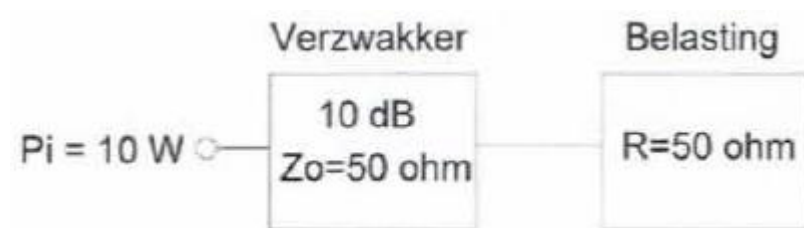
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.67 Uitwerking van Opgave 12-67

Hoeveel vermogen wordt gedissipeerd in de verzwakker?



- A. 9 W
- B. 10 W
- C. 1
- D. 5 W

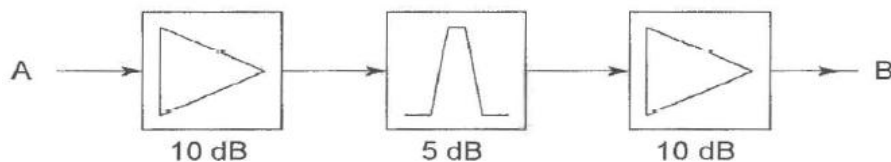
Uitwerking

De verzwakker brengt de 10 W input terug naar 1 W (deelt door 10). De 10 dB hoeft geen minteken, want bij een verzwakker spreekt dat vanzelf. Van de 10 W input blijft 1 W output over. Dat houdt in dat 9 W in warmte (en hopelijk niet in rook) opgaat. Dat is antwoord A.

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

12.5.68 Uitwerking van Opgave 12-68

Tussen twee versterkertrappen is een passief filter geschakeld.



De versterking tussen A en B is

- A. 15 dB
- B. 5 dB
- C. 500 dB
- D. 25 dB

Uitwerking

Een passief filter bevat geen versterkende elementen. De 5 dB moet dus verzwakking zijn. Het minteken ontbreekt omdat dit vanzelfsprekend is. Daarmee krijgen we de optelling $10\text{ dB} - 5\text{ dB} + 10\text{ dB} = 15\text{ dB}$. Antwoord A is daarmee het juiste.

Opmerking

Deze opgave lijkt sterk op Opgave 12-65. Alleen de getallen zijn anders.



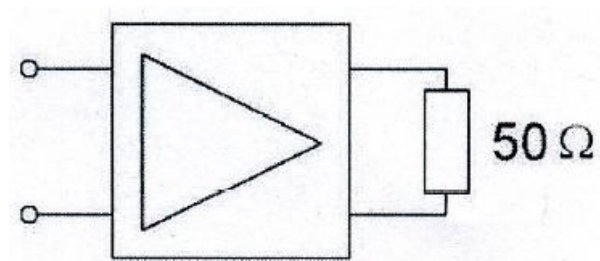
Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.69 Uitwerking van Opgave 12-69

Deze versterker heeft een spanningsversterking van 8 maal en de ingangsweerstand is 50 ohm.



De vermogensversterking is:

- A. $8\sqrt{2}$ maal
- B. 64 maal**
- C. 400 maal
- D. 8 maal

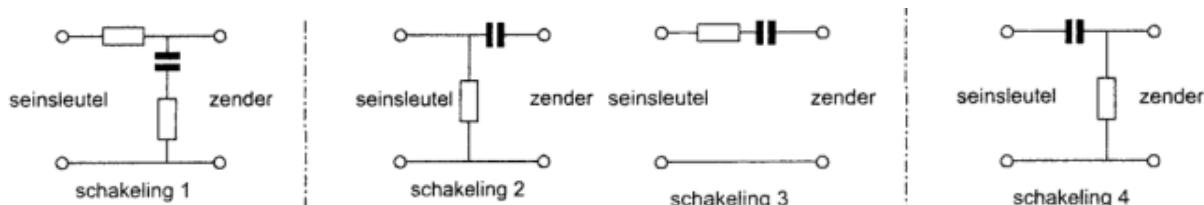
Uitwerking

De ingangsweerstand en de uitgangsweerstand zijn gelijk. Dat bespaart ons het omrekenen naar vermogen op in- en uitgang. Als de spanningsversterking 8 maal is, dan is de vermogensversterking $8^2 = 64$ maal, want $P = U^2/R$ en R is op in- en uitgang dezelfde. Antwoord B.

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

12.5.70 Uitwerking van Opgave 12-70

Sleutelklikken kunnen worden verminderd door tussen de seinsleutel en de zender op te nemen:



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

Uitwerking

Doordat sleutelklikken een scherpe flank hebben, veroorzaken ze harmonischen. Die zijn te verminderen door tussen seinsleutel en zender een laagdoorlaatfilter op te nemen. Wie de figuur even op zich laat inwerken, ziet drie schakelingen met de condensator in de baan van het signaal en één met de condensator parallel aan de seinsleutelaansluiting van de zender. Die laatste, schakeling 1, is het enige laagdoorlaatfilter in het viertal; de andere drie zijn hoogdoorlaatfilters. Dan is de keus niet moeilijk: antwoord A.

Opmerking

De condensator evenwijdig aan de seinsleutel zorgt ervoor dat de flank van het seinsleutelsignaal wordt afgerond.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.71 Uitwerking van Opgave 12-71**

Welke van de volgende schakelingen is het meest geschikt voor frequentievermenigvuldiging?

- A. Een lineaire versterker
- B. Een versterker in klasse C**
- C. Een oscillator
- D. Een mengtrap

Uitwerking

Voor frequentievermenigvuldiging is een schakeling nodig die flink wat harmonischen produceert. Een lineaire versterker produceert ze juist zo min mogelijk. Dat geldt doorgaans ook voor een oscillator. Een mengtrap zou een tweede harmonische kunnen produceren als je hem voorziet van 2x dezelfde frequentie. Maar de echte producent van harmonischen in het rijtje is de versterker in klasse C. Antwoord B dus.

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



12.5.72 Uitwerking van Opgave 12-72

Een van de voordelen bij een zender voor frequentiemodulatie (FM) is:

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

Uitwerking

Een voordeel van FM is dat bij het ontwerpen van de versterkertrappen geen rekening hoeft te worden gehouden met informatie in de amplitude, want die zit daar niet in. Die zit in de frequentie. Zolang de frequentie niet wordt aangetast, is er weinig aan de hand. Dat betekent dat versterkertrappen flink mogen vervormen, want de vervorming gaat niet in de frequentie zitten. Dat klinkt naar antwoord A.

We lopen toch de andere drie antwoorden even na. Kleine bandbreedte (antwoord B) is onzin; de bandbreedte is zelfs bij AM kleiner. Ook antwoord C klopt niet, want de frequentiestabiliteit zit hem in de oscillator. Of je daar FM uit haalt of een frequentie om AM of EZB van te maken, maakt voor de stabiliteit niets uit. Antwoord D is het gekste van allemaal, want bij FM hebben de zijbanden niets met de draaggolf te maken, maar met de modulatie-index. Kortom, antwoord A blijft staan als het enige juiste antwoord.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.73 Uitwerking van Opgave 12-73

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_c 50 Hz; Laagdoorlaat: f_c 15000 Hz
- B. Hoogdoorlaat: f_c 600 Hz; Laagdoorlaat: f_c 1800 Hz
- C. Hoogdoorlaat: f_c 300 Hz; Laagdoorlaat: f_c 3000 Hz**
- D. Hoogdoorlaat: f_c 0 Hz; Laagdoorlaat: f_c 6000 Hz

Uitwerking

De laagfrequent-bandbreedte van een EZB-zender ligt veelal tussen 300 Hz en 3000 Hz.

Dat betekent antwoord C. Meer valt er niet over te zeggen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.74 Uitwerking van Opgave 12-74

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

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

Uitwerking

In een frequentievermenigvuldiger worden harmonischen van de aansturingsfrequentie opgewekt. Een harmonische is een geheel veelvoud van de grondfrequentie. In dit geval is die laatste de aansturingsfrequentie van 10 MHz. Ook de grondfrequentie zal in de collectorstroom aanwezig zijn. In de antwoorden A, B en C komen frequenties voor die eindigen op een 5. Die kunnen geen harmonische van 10 MHz zijn. Dan blijft antwoord D over, waarin de grondfrequentie van 10 MHz en de derde harmonische, 30 MHz, wordt genoemd. Dat is dan ook het juiste antwoord.

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

**12.5.75 Uitwerking van Opgave 12-75**

Van een lineaire versterker kan worden gezegd:

- A. Deze wordt niet voor AM-gemoduleerde signalen toegepast
- B. Deze versterker heeft altijd een rendement van 50%
- C. De vorm van de uitgangsspanning is gelijk aan die van de ingangsspanning**
- D. Deze wordt alleen voor FM-gemoduleerde signalen toegepast

Uitwerking

Een lineaire versterker versterkt spanningen/stromen binnen zijn bereik voor elke waarde evenveel. $2x$ zoveel in = $2x$ zoveel uit. Daardoor is de vorm van de uitgangsspanning gelijk aan die van de ingangsspanning.

Antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.76 Uitwerking van Opgave 12-76**

Een amplitudegemoduleerd signaal kan onvervormd worden versterkt door

- A. Een versterker in klasse C
- B. Een frequentievermenigvuldiger
- C. Een lineaire versterker**
- D. Een niet-lineaire versterker

Uitwerking

Een amplitudegemoduleerd signaal moet lineair worden versterkt. Lineair betekent dat het uitgangssignaal dezelfde vorm heeft als het ingangssignaal. Je kunt ook zeggen dat het uitgangssignaal een -meestal vergrote- kopie is van het ingangssignaal.

Bij AM is dat belangrijk, omdat de informatie in de amplitude en de amplitudeverandering zit. Dat betekent antwoord C.

Opmerkingen

Een frequentievermenigvuldiger komt niet in aanmerking, want die is gebaseerd op Deze opgave lijkt als twee druppels water op Opgave 12-60, op de volgorde van de antwoorden na. De bij de uitwerking ervan gemaakte opmerkingen zijn ook hier van toepassing.

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

**12.5.77 Uitwerking van Opgave 12-77**

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

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

Uitwerking

Elke niet-lineaire versterker levert vervorming. Dan kunnen we kort zijn over het juiste antwoord: C

Opmerkingen

Vervorming leidt tot verslechtering van verstaanbaarheid als het om spraak gaat. De bandbreedte wordt door de ontstane intermodulatieproducten groter in plaats van kleiner.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.78 Uitwerking van Opgave 12-78**

Een voorversterker voor de 2 meter amateurband heeft minimaal een bandbreedte van:

- A. 146 MHz
- B. 2 meter
- C. 144 MHz
- D. 2 MHz

Uitwerking

De 2 meter amateurband loopt van 144 MHz tot 146 MHz. De voorversterker moet daarom deze twee frequenties en alles wat daartussenin ligt, ongeveer evenveel versterken. Dat leidt tot een bandbreedte van $146 \text{ MHz} - 144 \text{ MHz} = 2 \text{ MHz}$.

Dat is antwoord D.

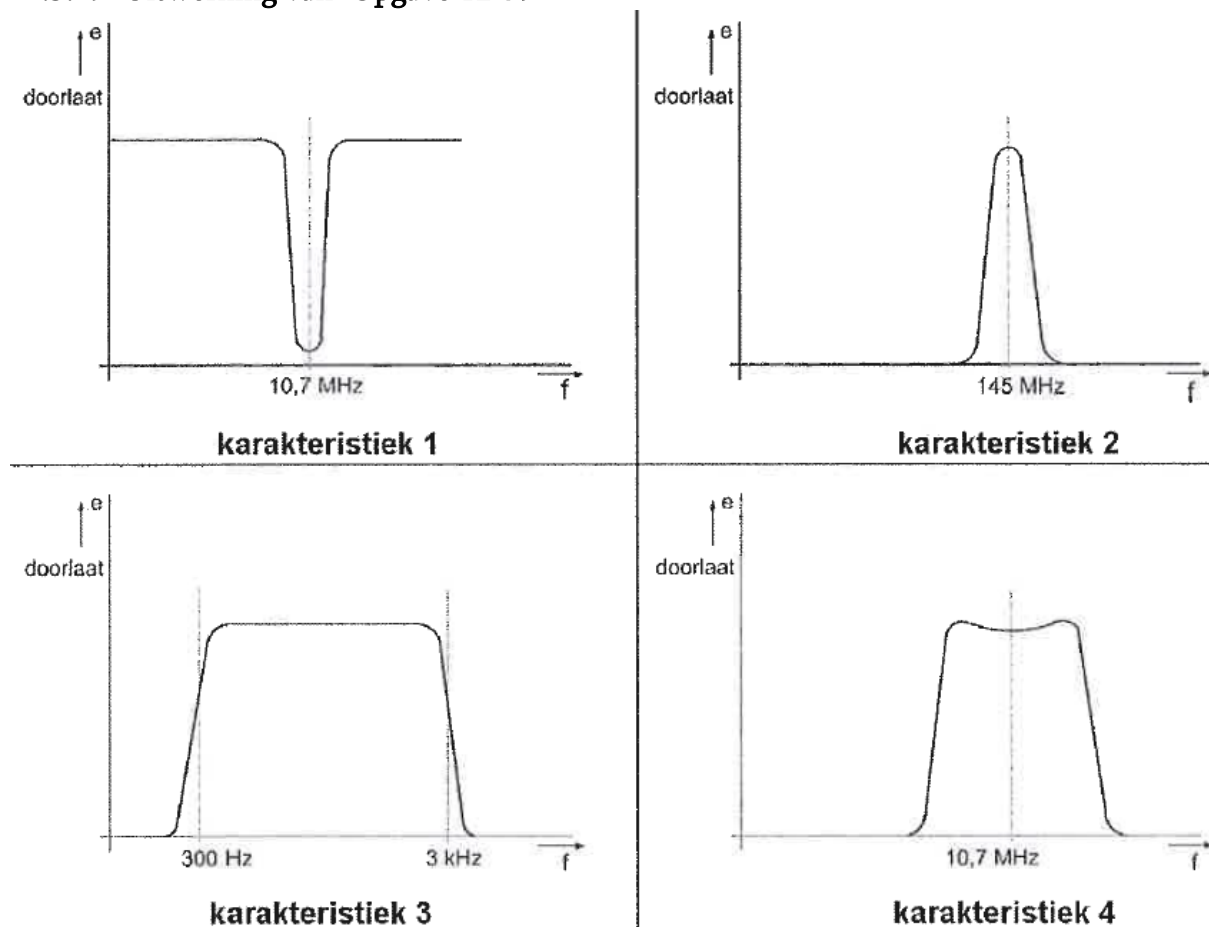


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.79 Uitwerking van Opgave 12-79



Welke karakteristiek hoort bij een VHF-voorversterker?

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

Uitwerking

VHF (Very High Frequency) is het frequentiegebied tussen 30 en 300 MHz. Er is in de figuur maar één filterkarakteristiek voor dat frequentiegebied: karakteristiek 2. Het is nog een banddoorlaatfilter ook, maar daarover wordt niets gevraagd.

Dat betekent antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.80 Uitwerking van Opgave 12-80**

In een versterker wordt de 80 meter amateurband (3,5 – 3,8 MHz in zijn geheel versterkt. De bandbreedte van deze versterker moet minimaal zijn:

- A. 600 kHz
- B. 3,8 MHz
- C. 3,5 MHz
- D. **300 kHz**

Uitwerking

De voorversterker moet minimaal een bandbreedte hebben van $3,8 \text{ MHz} - 3,5 \text{ MHz} = 0,3 \text{ MHz} = 300 \text{ kHz}$. Antwoord D.

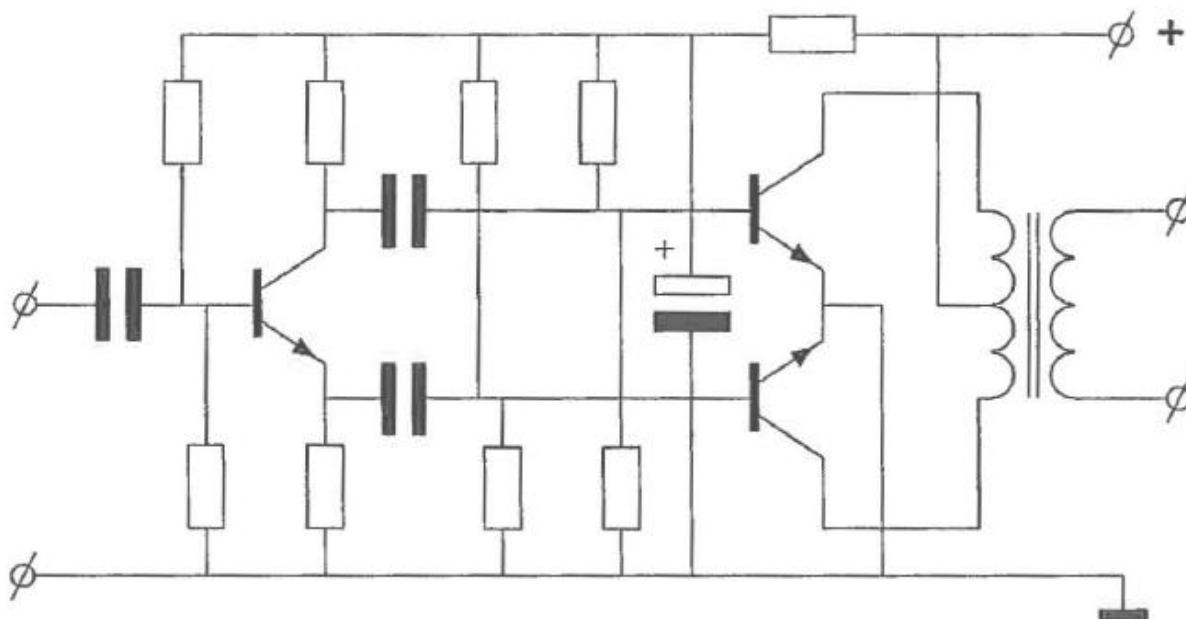


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.81 Uitwerking van Opgave 12-81



Dit is een schema van

- A. Een balansmodulator
- B. Een LF-eindversterker**
- C. Een frequentiemodulator
- D. Een HF-eindversterker

Uitwerking

Dit schema is van een LF-balansversterker. Alles wat met hoogfrequente zaken te maken heeft, kunnen we wegstrepen. Dat is te zien aan het volledig ontbreken van afgestemde kringen. De elco in de schakeling is ook te traag voor hogere frequenties dan audio. De twee transistoren in de balanseindtrap, de bovenste NPN, de onderste PNP, worden in tegenfase aangestuurd door de NPN-transistor links in het schema via zijn collector en emitter. De twee eindtransistoren staan in klasse B. De transformatorhelften voegen de twee halve perioden van het signaal weer samen.

Kortom, antwoord B is goed.

Opmerking

Hoewel dit een LF-schakeling is, staat hij bij de opgaven voor hoofdstuk 12 over zenders. De reden is dat drie van de vier antwoorden betrekking hebben op deelschakelingen van zenders.

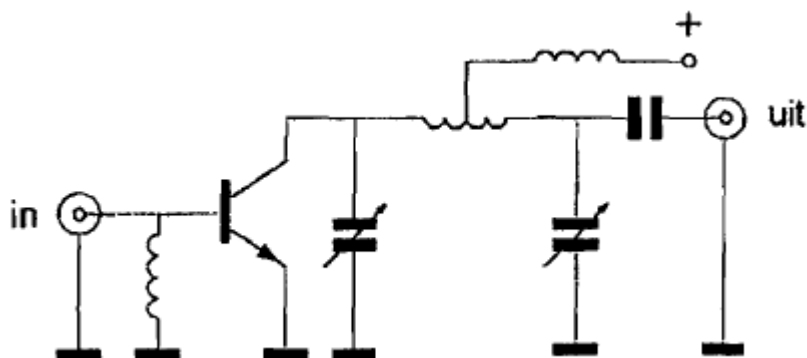


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.82 Uitwerking van Opgave 12-82



Deze vermogensversterker is geschikt voor:

- A. Morsetelegrafie (draaggolf aan/uit)
- B. Amplitudemodulatie (0-100% modulatie)
- C. Enkelzijbandmodulatie zonder draaggolf
- D. Dubbelzijbandmodulatie zonder draaggolf

Uitwerking

Er is geen gelijkstroominstelling van de transistor. Zou de basis-emitterspanning bij geleidende transistor 0 zijn, dan zou dit een klasse B-instelling zijn. In werkelijkheid moet er eerst een kleine wisselspanning op de ingang van de schakeling staan, wil de transistor in geleiding komen. Daarom staat de transistor in klasse C. Dat betekent dat de schakeling altijd amplitudevervorming geeft. Daarmee is de schakeling ongeschikt voor alle modulatiesoorten waarbij informatie in de amplitude zit. Alles wat met amplitudemodulatie te maken heeft, valt daarmee af. FM en morsetelegrafie met aan/uit draaggolf blijven over. FM staat niet in het rijtje, dus wordt het antwoord A.

Opmerking

Heel strikt genomen is amplitude-CW (antwoord A) ook te zien als een vorm van AM, maar als het alleen maar gaat om aan/uit is dat niet aan de orde. Voordeel van een schakeling als deze is het hoge rendement.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.83 Uitwerking van Opgave 12-83**

Voor een EZB-zender geldt:

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

Uitwerking

Na de balansmodulator moeten de versterkertrappen in klasse A of als balansversterker in klasse A, AB of B worden ingesteld, anders treedt vervorming op in de modulatie.

Frequentietransformatie kan wel; daarvoor is een (balans)modulator nodig.

Frequentievermenigvuldiging na het modulatieproces is uit den boze, want dan wordt niet alleen de frequentie van de modulatie vermenigvuldigd, maar de modulatie zelf wordt ook nog eens ernstig vervormd. Kortom, A is het enige juiste antwoord.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.84 Uitwerking van Opgave 12-84

Een zendereindtrap, bedoeld voor het verwerken van een enkelzijbandsignaal, wordt voor een zo hoog mogelijk rendement ingesteld in:

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

Uitwerking

Zoals we in Hoofdstuk 9 hebben kunnen zien, heeft de klasse van instelling wel degelijk invloed op het rendement.

In klasse A wordt de volle 360 graden van een periode evenveel versterkt, met het gevolg dat er zonder signaal een stroom blijft lopen en het rendement niet verder komt dan ongeveer 25%.

In klasse B wordt 180 graden van de periode versterkt. Zonder signaal loopt er net geen stroom. Daarmee wordt een hoger rendement bereikt dan bij klasse A: maximaal zo'n 50%. Bij een enkelvoudige eindtrap (1 versterkend element) kan dat vooral bij transistoren tot nogal wat vervorming en dus harmonischen leiden; bij buizen is dat minder het geval. Het probleem kan -als het hinderlijk is- voor een belangrijk deel worden opgelost door de eindtrap als balansversterker uit te voeren: één versterkend element versterkt de ene halve periode en het tweede element de andere.

Klasse C versterkt (ruim) minder dan de 180 graden van een halve periode. Dat geeft te veel vervorming om nog verstaanbare modulatie te produceren. Dan heb je wel een hoog rendement (tot 70%), maar met een onverstaanbaar signaal heeft dat weinig nut. Voor CW, FM en PM wekt klasse C wel, omdat bij die modulatiesoorten geen informatie in de amplitude zit.

Om kort te gaan, antwoord B is het juiste antwoord



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.85 Uitwerking van Opgave 12-85**

Voor een telegrafiezender (A1A) geldt:

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

Uitwerking

Zoals in de opgave als is vermeld: A1A is een aanduiding voor CW (morsetelegrafie). De aanduiding wordt behandeld in Hoofdstuk 18. Er is geen enkele noodzaak, nu naar hoofdstuk 18 te gaan.

Omdat CW een kwestie is van aan of uit (wel draaggolf of geen draaggolf), kan met CW in klasse C worden gewerkt. Dat betekent antwoord A.

Opmerkingen

De frequentiestabiliteit is juist wel belangrijk, omdat CW een smalbandige mode is (filterbandbreedte meestal 500 Hz).

Dat alleen in de eindtrap kan worden gesleuteld is onzin en geen enkele signaalbandbreedte is 0 Hz. Alleen al het opkomen en eindigen van een teken vraagt bandbreedte.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.86 Uitwerking van Opgave 12-86**

Voor het versterken met een zo hoog mogelijk rendement van een CW-telegrafiesignaal wordt de zendereindtrap ingesteld in

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

Uitwerking

Het is bij Opgave 12-85 al toegelicht: klasse C, dus antwoord A.

Opmerking

Bij de modulatiesoorten FM en PM geldt hetzelfde, want daar zit de informatie niet in de amplitude, maar in de frequentie en die verandert niet bij toepassing van klasse C.

Antwoord A dus.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.87 Uitwerking van Opgave 12-87**

Voor het versterken met zo hoog mogelijk rendement van een morse-telegrafiesignaal moet de zendereindtrap worden ingesteld in:

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

Uitwerking

Dit is eigenlijk een herhaling van Opgave 12-85 en Opgave 12-86. Het wordt dus opnieuw klasse C (in dit geval antwoord C).



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.88 Uitwerking van Opgave 12-88**

Een eindtrap van een frequentie-gemoduleerde zender wordt voor een zo hoog mogelijk rendement ingesteld in:

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

Uitwerking

Voor FM geldt net als voor CW dat de eindtrap in klasse C kan worden ingesteld zonder informatieverlies. Dan is het rendement het hoogst. Dat betekent antwoord A.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.89 Uitwerking van Opgave 12-89**

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

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

Uitwerking

De grootste kans op harmonischen is bij instelling in klasse C, omdat dan het kleinste deel van de periode (minder dan 180 graden) wordt versterkt en daardoor de meeste vervorming optreedt. Veel vervorming betekent veel harmonischen. De onderdrukking van harmonischen in de eindtrap moet daarom effectiever zijn dan bij andere klassen van instelling. Antwoord C.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.90 Uitwerking van Opgave 12-90

Een HF-versterker, bedoeld voor het versterken van een frequentie-gemoduleerd signaal, wordt voor een zo hoog mogelijk rendement ingesteld in:

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

Uitwerking

Als het om rendement gaat, is klasse C de meest efficiënte klasse van instelling. Omdat bij een aantal modulatiesoorten, meer in het bijzonder de AM-familie (AM, DZB en EZB), de informatie in de amplitude zit, zijn die modulatiesoorten ongeschikt voor klasse C. Bij klasse C wordt namelijk minder dan 180 graden per periode van 360 graden versterkt. Dat leidt tot vervorming van de modulatie zelf en dus tot onverstaaanbaarheid bij ontvangst.

Bij frequentie- en fasemodulatie (FM en PM) is dat laatste niet het geval, omdat de informatie in de frequentie zit en die wordt in klasse C niet aangetast. Dat leidt tot antwoord D.

Opmerkingen

Voor de modulatiesoorten van de AM-familie wordt klasse A, AB of B gebruikt. Daarbij wordt bij klasse A de volle periode (360 graden) versterkt, Bij klasse B is dat 180 graden en bij AB iets daartussenin. Bij klasse B ontstaat de meeste vervorming van de drie; het minst bij buizen en het meest bij transistoren. De vervorming kan worden beperkt door gebruik van een balansversterker. Een balansversterker is gebaseerd op twee versterkende elementen, waarbij het ene de positieve halve periode (180°) versterkt en het andere de negatieve. Een balansversterker kan ook in klasse A of AB staan.

Bij CW kan de versterker ook in klasse C staan, omdat de amplitude behalve aan/uit geen informatie bevat.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



12.5.91 Uitwerking van Opgave 12-91

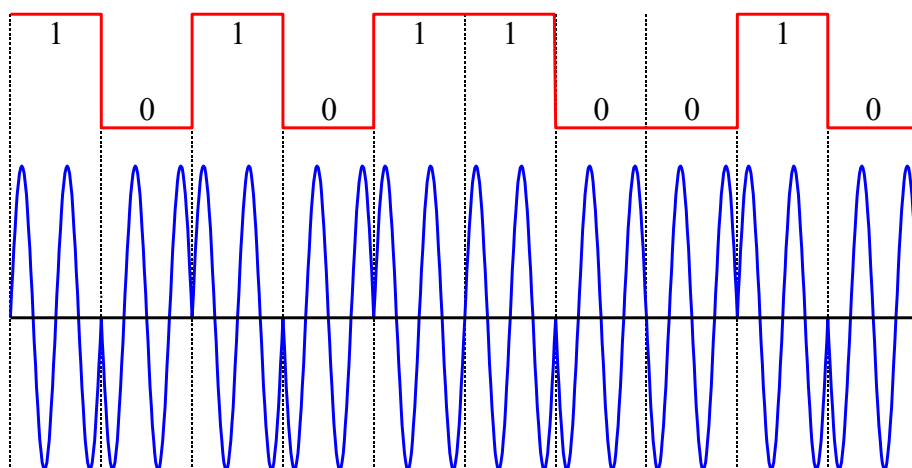
Een specifieke modulatievorm voor digitale signalen is:

Variant 1	Variant 2
A. AM	A. DAC
B. 2-PSK	B. 2-PSK
C. EZB (SSB)	C. ADC
D. FM	D. PEP

Uitwerking

Hier zien we dezelfde vraag in twee varianten. In variant 1 zien we maar 1 digitale modulatievorm (antwoord B) en in variant B ook (weer antwoord B dus). In variant 1 zijn de drie andere antwoorden analoge modulatievormen, in variant 2 zijn de “concurrerende” antwoorden twee schakelingen en één grootheid (PEP).

Het juiste antwoord is dus in beide gevallen antwoord B, dus PSK of voluit Phase Shift Keying. De 2 heeft betrekking op de twee mogelijke fasesprongen per periode (zie figuur).

**Opmerking**

De fase van de draaggolf verspringt 180° bij een overgang van “0” naar “1” en van “1” naar “0”. Frequentie en amplitude blijven gelijk.

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

12.5.92 Uitwerking van Opgave 12-92

Een bitstream wordt in FSK gemoduleerd met een shift van 170 Hz en een symboolsnelheid van 50 baud. De benodigde bandbreedte van het uitgezonden signaal is in de praktijk:

- A. 170 Hz
- B. 50 Hz
- C. 250 Hz
- D. 8500 Hz

Uitwerking

We beginnen met de nauwkeurige uitwerking en daarna één volgens de methode *quick & dirty*, zoals dat op z'n Amerikaans heet.

Nauwkeurig

De bandbreedte wordt berekend met de vergelijking

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

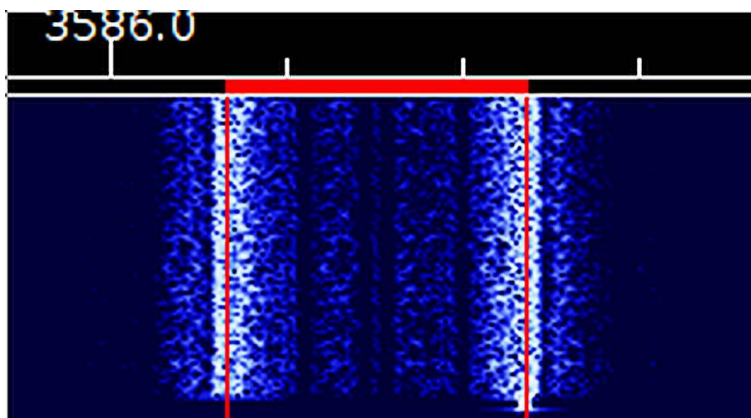
Uitwerking:

$$B \approx 2\left(1,6 * 50 + \frac{170}{2}\right) \text{ Hz} = 80 \text{ Hz} + 170 \text{ Hz} = 250 \text{ Hz}$$

Antwoord C.

Nu *quick & dirty*:

Elke vorm van modulatie leidt tot een vergroting van de bandbreedte van het “kale” signaal. Dat is te zien aan het plaatje in de cursustekst dat we hieronder herhalen.



Daarmee vervallen de antwoorden A en B. Antwoord C houdt een niet al te forse verhoging in die redelijk oogt, gegeven de vrij lage symboolsnelheid van 50 Bd. Antwoord D is voor die symboolsnelheid een wel heel extreme vergroting van de bandbreedte. Dan



is het meest waarschijnlijke antwoord C. Wellicht zijn de vier antwoorden niet voor niets zo gekozen.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.93 Uitwerking van Opgave 12-93**

Een bitstroom wordt in 4-PSK gemoduleerd. Als de bitsnelheid 4800 bits/sec is, is de symboolsnelheid

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

Uitwerking

Bij PSK-2 is één symbool 1 bit. Bij PSK-4 is één symbool 2 bits, want het signaal heeft 4 fasestanden en die 4 waarden kun je beschrijven met 2 bits.

De symboolsnelheid of het aantal tekens per seconde is dan het aantal bits per seconde gedeeld door 2. Dat komt in dit geval neer op $4800/2$ is 2400 baud.

Opmerking

Houd goed in de gaten dat bitsnelheid altijd het aantal bits per seconde (bps) is en symboolsnelheid het aantal symbolen of tekens met de eenheid baud, afgekort Bd. Om het aantal baud te vinden, deel je het aantal bits/sec door het aantal bits per teken of symbool. Om van het aantal baud naar bits/sec te komen, vermenigvuldig je het aantal Bd met het aantal bits per teken of symbool.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.94 Uitwerking van Opgave 12-94

Welke afkorting wijst op fasemodulatie door een digitaal signaal?

- A. CW
- B. FM
- C. EZB
- D. 2-PSK

Uitwerking

De enige digitale modulatie in het rijtje is 2-PSK en de afkorting betekent Phase Shift Keying. Geen twijfel mogelijk: digitaal en fasemodulatie, antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.95 Uitwerking van Opgave 12-95**

Een bitstroom wordt in 16-QAM gemoduleerd. Als de bitsnelheid 9600 bits/s is, is de symboolsnelheid:

- A. 2400 baud
- B. 600 baud
- C. 38400 baud
- D. 9600 baud

Uitwerking

Bij QAM-16-modulatie wordt per symbool een binair getal verstuurd dat 16 waarden kan aannemen. Daarvoor zijn 4 bits nodig. Eén symbool is daarom 4 bits. Dat betekent dat de symboolsnelheid $\frac{1}{4}$ is van de bitsnelheid: $9600/4$ is 2400. Antwoord A is juist.

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

**12.5.96 Uitwerking van Opgave 12-96**

Bij de modulatiwijze QAM waarbij 16 toestanden worden onderscheiden, is het aantal bits per symbool:

- A. 16
- B. 4**
- C. 2
- D. 8

Uitwerking

16 is 2^4 , zodat voor het nummeren van 16 toestanden 4 bits benodigd zijn. Dat komt neer op antwoord B.

Opmerking

Eigenlijk is dit dezelfde vraag als Opgave 12-95.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.97 Uitwerking van Opgave 12-97**

In het ASCII-alfabet wordt elk teken weergegeven door 7 bits. Aan elk teken wordt een pariteitsbit toegevoegd. Een tekst van 6000 ASCII-teken wordt in 1 minuut verzonden. De bitsnelheid is:

- A. 700 b/s
- B. 48000 b/s
- C. 800 b/s**
- D. 100 b/s

(F-examen mei 2009 (2), februari 2010 (1), september 2015)

Uitwerking

Het is even opletten: de 6000 tekens worden in 1 minuut verzonden, niet in 1 seconde. Eerst dus maar delen door 60. $6000/60=100$. 100 tekens per seconde van elk 8 bits (het pariteitsbit doet ook mee!) komt neer op een bitsnelheid van $8 \cdot 100$ b/s is 800 b/s. Dan is antwoord C juist.

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

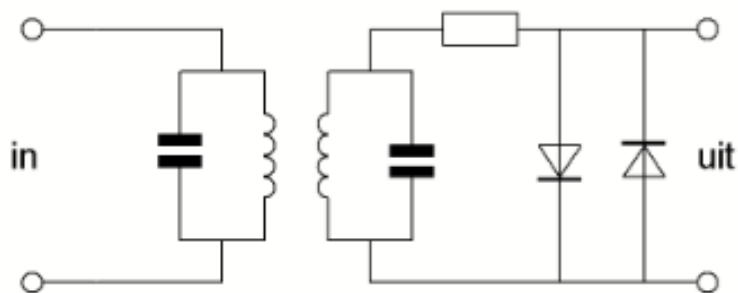
12.5.98 Uitwerking van Opgave 12-98

De ontvangst van frequentie-gemoduleerde signalen is weinig gevoelig voor vonkstoring, omdat in FM-ontvangers

- A. Frequentie-transformatie plaatsvindt
- B. Amplitude-begrenzing wordt toegepast**
- C. Automatische frequentie-bijregeling wordt toegepast
- D. Automatische volumeregeling wordt toegepast

Uitwerking

Detectie van FM gaat meestal in twee stappen. Eerst wordt het FM-signaal omgezet in AM en daarna wordt AM-detectie toegepast. Om geen storingen met een AM-karakter of AM-bestanddelen die het signaal misschien onderweg oploopt te detecteren, wordt in het FM-signaal eerst begrenzing (de “grasmaaier”) toegepast (schema hieronder).



De twee tegen elkaar in geschakelde dioden vóór de uitgang realiseren de signaalbegrenzing.

Aantwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



**12.5.99 Uitwerking van Opgave 12-99**

Aan de modulator van een zender wordt een bitstroom toegevoerd. Als een bit een waarde 1 heeft, wordt de frequentie van het uitgezonden signaal 170 Hz lager dan wanneer het de waarde 0 heeft. Deze modulatie heet:

- A. QAM
- B. FSK**
- C. 4-PSK
- D. 2-PSK

Uitwerking

Dit type modulatie heet Frequency Shift Keying (FSK). Antwoord B.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





12.5.100 Uitwerking van Opgave 12-100

De Engelse afkorting “CRC” wordt gebruikt voor

- A. De modulatiemethode van een VCO
- B. De foutdetectie in packetradio systemen**
- C. Het aangeven van de capaciteit van een batterij
- D. Het in serie schakelen van twee condensatoren en een weerstand

Uitwerking

De afkorting CRC staat voor Cyclic Redundancy Check en is een methode voor foutdetectie in packet radio. Antwoord B.



Terug naar de opgave

Meer opgaven in deel C