Inhoudsopgave

15 Meten en meetinstrumenten 15-3
15.1 Wat leer je in dit hoofdstuk 15-3
15.2 Algemene principes van meten 15-3
15.3 De universeelmeter of multimeter 15-5
15.3.1 Analoog en digitaal 15-5
15.3.2 De draaispoelmeter 15-5
15.3.3 Bescherming van een draaispoelmeter 15-7
15.3.4 De opbouw van een analoge universeelmeter 15-7
15.3.5 Buis-, FET- en transistorvoltmeters 15-13
15.3.6 De digitale universeelmeter/multimeter 15-14
15.4 De oscilloscoop 15-14
15.4.1 De analoge oscilloscoop 15-14
15.4.2 De digitale oscilloscoop 15-17
15.5 De spectrumanalyzer 15-19
15.6 De dipper, dipmeter of griddipper 15-20
15.7 Frequentiemeting 15-23
15.8 De signaalgenerator 15-25
15.9 De staandegolfmeter (SWR- of SGV-meter) 15-27
15.10 De kunstantenne of dummyload 15-31
15.11 Opgaven 15-34
15.11.1 Opgave 15-1 15-34
15.11.2 Opgave 15-2 15-35
15.11.3 Opgave 15-3 15-36
15.11.4 Opgave 15-4 15-37
15.11.5 Opgave 15-5 15-38
15.11.6 Opgave 15-6 15-39
15.11.7 Opgave 15-7 15-40
15.11.8 Opgave 15-8 15-41
15.11.9 Opgave 15-9 15-42

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.10 Opgave 15-10 15-43
15.11.11 Opgave 15-11 15-44
15.11.12 Opgave 15-12 15-45
15.11.13 Opgave 15-13 15-46
15.11.14 Opgave 15-14 15-47
15.12 Uitwerkingen van de opgaven 15-48
15.12.1 Uitwerking van Opgave 15-1 15-48
15.12.2 Uitwerking van Opgave 15-2 15-49
15.12.3 Uitwerking van Opgave 15-3 15-50
15.12.4 Uitwerking van Opgave 15-4 15-51
15.12.5 Uitwerking van Opgave 15-5 15-52
15.12.6 Uitwerking van Opgave 15-6 15-53
15.12.7 Uitwerking van Opgave 15-7 15-54
15.12.8 Uitwerking van Opgave 15-8 15-55
15.12.9 Uitwerking van Opgave 15-9 15-56
15.12.10 Uitwerking van Opgave 15-10 15-57
15.12.11 Uitwerking van Opgave 15-11 15-58
15.12.12 Uitwerking van Opgave 15-12 15-59
15.12.13 Uitwerking van Opgave 15-13 15-60
15.12.14 Uitwerking van Opgave 15-14 15-61

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15 Meten en meetinstrumenten

15.1 Wat leer je in dit hoofdstuk

Elke meting heeft invloed op datgene wat gemeten wordt. Je meet dus nooit exact wat je had willen meten. De vraag is nu, hoe het verschil tussen echte en gemeten waarde zo klein te houden dat de onvermijdelijke meetfout binnen gestelde grenzen blijft.

We beginnen met de meting van spanning, stroom en weerstand. Het zijn drie verschillende grootheden met elk hun eigen wijze van meten. Daarvoor gaan we uit van het meest algemene meetinstrument onder zendamateurs, de **universeelmeter** die ook wel multimeter heet. We bespreken per grootheid de wijze van meten. De analoge meter staat centraal, maar we gaan ook (korter) in op de digitale multimeter.

Daarna volgt de **oscilloscoop.** Die kennen we van metingen en plaatjes in vorige hoofdstukken. Ook daarvan bestaan tegenwoordig naast analoge ook digitale versies. Een apparaat dat op het eerste gezicht nogal op een oscilloscoop lijkt, maar in werkelijkheid meer weg heeft van een ontvanger, is de **spectrum analyzer**. We gaan daar niet heel diep op in. Het is vanouds een prijzig instrument dat weinig amateurs in huis hebben, maar er komen geleidelijk interessante betaalbare digitale varianten van beschikbaar.

Meting van de resonantiefrequentie van LC-kringen met de **dipmeter** is in amateurland al heel lang ingeburgerd en het is dan ook, net als de vorige onderwerpen, examenstof.

Frequenties worden tegenwoordig hoofdzakelijk digitaal gemeten. Daarom behandelen we vooral de **frequentieteller**. De analoge frequentiemeter raakt steeds meer uit de tijd.

Signaalgeneratoren zijn een vast onderdeel van het arsenaal van de zelfbouwende amateur. Een versterker- of ontvangerschakeling voorzien van signaal is nu eenmaal de enige manier om de werking goed te controleren.

De **staandegolfverhouding** (SWR) is in hoofdstuk 14 al aan de orde geweest. Daarbij was aangekondigd dat we de meting ervan in dit hoofdstuk zouden bespreken. Die meting is onmisbaar als controle op de aanpassing van zender naar transmissieleiding en antenne. Sommige SWR-meters kunnen ook redelijk PEP en vermogen meten.

Uitgangsvermogen van een zender tenslotte wordt vooral gemeten met behulp van een **kunstantenne** of *dummy load*. Die bespreken we ook. Daarna vind je 14 oefenopgaven.

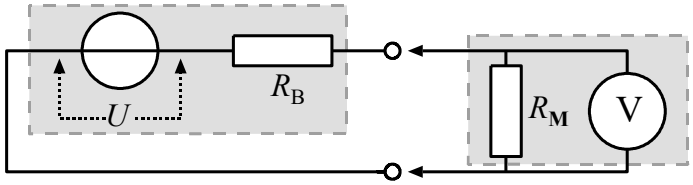
15.2 Algemene principes van meten

“Meten is weten”, wordt wel gezegd. Maar wat meet je eigenlijk als je denkt dat je meet? De werkelijkheid? Een ontnuchterende natuurwet zegt dat elke meting invloed heeft op de grootheid die wordt gemeten. Dat betekent niet dat een meting per definitie niet deugt. Wie meet, moet zorgen dat de meetfout zo klein is dat hij geen invloed heeft op de

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

conclusies die uit de meting volgen. Je moet iets weten van meten om door meten te komen tot weten.

Een voorbeeld. Stel dat we de klemspanning van een belaste reële spanningsbron, dus één met inwendige weerstand, willen meten. We beginnen met Figuur 15.2-1.

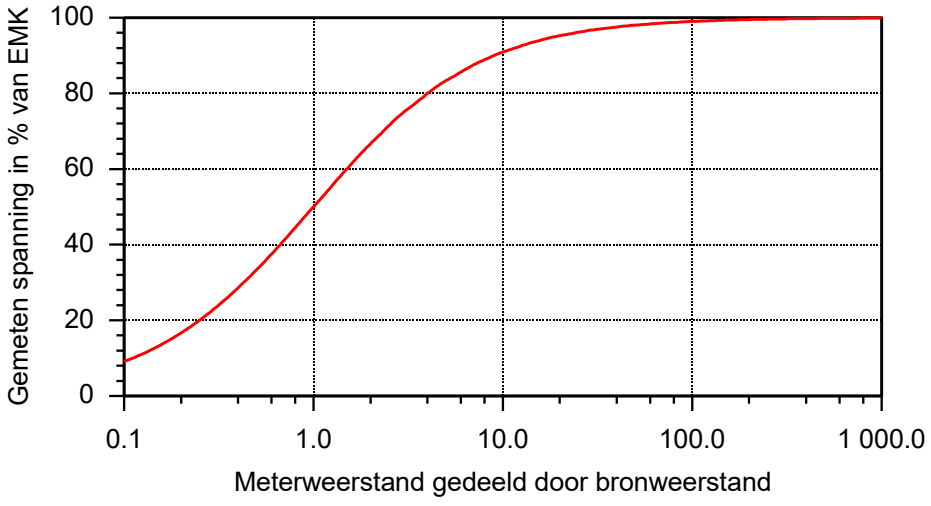


Figuur 15.2-1. Meten van de spanning van een onvolkomen (niet-ideale) bron met een onvolkomen (niet-ideale) voltmeter.

Links in de grijze rechthoek met streepjesrand staat de vervangingsschakeling van een niet-ideale (reële) bron met een EMK gelijk aan U. De inwendige weerstand R_B is ingetekend als serieweerstand. Waarom een serieweerstand? Een ideale bron heeft 0 ohm, Met een parallelweerstand is dat nog steeds 0 ohm. De inwendige weerstand R_B van een reële bron moet daarom in het vervangingsschema in serie staan met de ideale bron.

In de grijze rechthoek rechts staat de voltmeter. Een ideale voltmeter heeft een oneindige inwendige weerstand, een reële meter een eindige. Die is getekend als de eindige parallelweerstand R_M. Met een serieweerstand blijft de meterweerstand oneindig; met een parallelweerstand is-ie gelijk aan de parallelweerstand. R_B en R_M vormen samen een spanningsdeler.

De aflezing van de meter levert dus niet de spanning U, maar de spanning op het knooppunt van de spanningsdeler, de *klemspanning*. Hoe groter R_M, des te dichter komt de gemeten spanning bij U. De grafiek van Figuur 15.2-2 laat het zien. De horizontale as toont meterweerstand/bronweerstand. Verticaal: de gemeten spanning in % van de EMK.



Figuur 15.2-2. Gemeten spanning in het schema van Figuur 15.2-1 in % van U (EMK) als functie van de verhouding van meterweerstand en bronweerstand.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

Als meterweerstand en bronweerstand gelijk zijn, dan meten we 50% van de EMK *U*. Is de meterweerstand 10x zo groot als de bronweerstand, dan meten we bijna 91%, nog altijd 9% te laag. Als $R_M = 100R_B$, dan komen we tot 99,1%. Hoe hoog de meterweerstand ook is, van de bronspanning komt nooit 100% over de meter te staan.

Met zulke dingen hebben we bij elke meting rekening te houden. De werkwijze is steeds dezelfde: bepaal welke nauwkeurigheid nodig is en pas de meetsituatie daarop aan. Anders gezegd: ken je gereedschap en handel ernaar.

15.3 De universeelmeter of multimeter

15.3.1 Analoog en digitaal

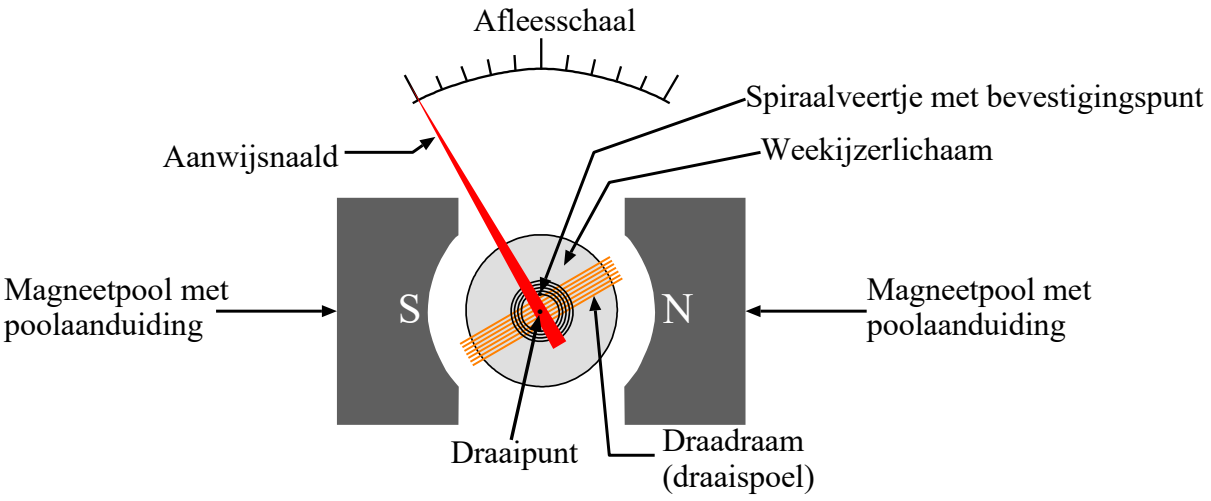
De universeelmeter of multimeter is bij radioamateurs op de SWR-meter na ongeveer het meest algemene stuk meetgereedschap. In zijn oorspronkelijke vorm is het een analoog meetinstrument voor

- Spanning
- Stroom
- Weerstand

In de laatste tijd zijn digitale universeelmeters de analoge in aantal voorbijgegaan. Digitale meters hebben soms extra's die bij analoge niet of moeilijk te realiseren zijn. Toch beginnen we met analoge meters.

15.3.2 De draaispoelmeter

De kern van een analoge universeelmeter is de draaispoelmeter. Die bestaat uit een draaibaar spoeltje rondom een rond stuk weekijzer. Het geheel is draaibaar opgehangen in het magnetische veld tussen de polen van een permanente magneet. Het geheel draait in een holte in de vorm van een dubbel cirkelsegment in de polen. (Figuur 15.3-1).

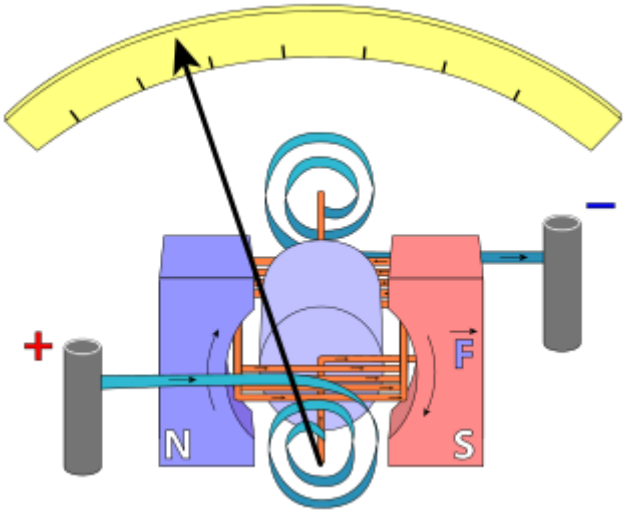


Figuur 15.3-1. Opbouw van een draaispoelmeter. De wijzer (rood) zit vast aan het oranje spoeltje en wordt op zijn plaats gehouden door de spiraalveer (zwart) in het midden. De spoel is opgehangen in het veld van twee permanente magneetpolen (donkergrijs); noord- en zuidpool aangegeven met respectievelijk N en S.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

Daarin doorlopen de magnetische veldlijnen van N naar S het ronde weekijzerblok.

Figuur 15.3-2 is een misschien wat ouderwets aandoend plaatje van de opbouw van een draaispoelmeter. Het heeft geen tekst, maar geeft een betere 3D-indruk, Het toont onder meer de stroomaansluitingen en hun verbinding met het spoeltje via de spiraalveertjes.



Figuur 15.3-2. Een mogelijk wat duidelijker plaatje dan Figuur 15.3-1 maar zonder verklarende tekst. Bron: https://en.wikipedia.org/wiki/Galvanometer.

Als er stroom door het draadraam loopt, maakt dit een tweede magnetisch veld. Onder invloed van beide velden verandert de stand van het draadraam. De kracht die dat bewerkstelligt, heet Lorentzkracht, naar de Nederlandse natuurkundige en Nobelprijswinnaar Hendrik Lorentz. De Lorentzkracht (symbool $\overrightarrow{F}$ rechts op het roze blokje) staat loodrecht op het draadraam. Het pijltje boven de F geeft aan dat $\overrightarrow{F}$ een vector is en dus een richting heeft. De twee gebogen pijlen in het roze en paarse vlak geven de echte richting aan. De spiraalveertjes leveren een tegenkracht, waardoor de stand van de spoel een aanwijzing is voor de grootte van de stroom die er doorheen loopt. Aan het spoeltje is een naald bevestigd die de spoelstand en dus de meetwaarde op een afleesschaal aanwijst (Figuur 15.3-1 en Figuur 15.3-2).

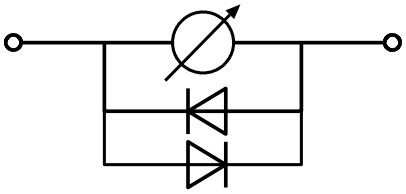
Iets voorbij het linkereind van de schaal wordt de aanwijsnaald geblokkeerd door een pennetje, net als voorbij het rechteruiteinde (niet in de plaatjes). Die pennetjes staan zo, dat de naald iets voorbij de uiteinden van de afleesschaal blokkeert. Dan is duidelijk of de stroom binnen of buiten het meetbereik ligt.

Een draaispoelmeter reageert op stroom Daarom is het een stroommeter. De meters van Figuur 15.3-1 en Figuur 15.3-2 meten stroom in één richting, omdat de wijzer alleen naar rechts een schaal heeft. Er zijn ook draaispoelmeters met de nulstand in het midden van de schaal heb. Die tonen behalve de grootte van de stroom ook de richting ervan. Maar in een multimeter zie je dat zelden of nooit.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.3.3 Bescherming van een draaispoelmeter

Wie een universeelmeter openschroeft zal meestal twee dioden vinden, die parallel en in tegengestelde doorlaatrichting over de draaispoelmeter staan (Figuur 15.3-3).



Figuur 15.3-3. Draaispoelmeter met diodebescherming.

Meestal wordt germanium (Ge) gebruikt met een drempelspanning van 0,2 à 0,3 V, maar ook silicium (Si) komt voor. De dioden voorkomen dat meer spanning over de meter komt te staan dan hun drempelspanning. Dat beschermt de meter (enigszins).

15.3.4 De opbouw van een analoge universeelmeter



Foto 15.3-1. Voorbeeld van een analoge universeelmeter uit 1976. Het apparaat meet gelijk- en wisselspanning, gelijkstroom en weerstand.

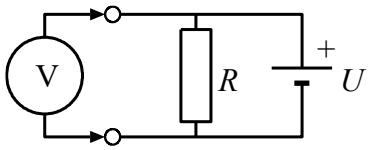
Foto 15.3-1 toont een voorbeeld van een analoge universeelmeter. Universeelmeters of multimeters hebben een schakelaar, waarmee de meetbereiken stroom, weerstand en spanning kunnen worden ingeschakeld. Op de foto is dat de grote middenschakelaar.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

De soorten metingen staan verticaal langs de bijbehorende meetbereiken. Voor spanning: DCV (linksboven), 0,5 V-1000 V; ACV (rechtsonder); 3-1000 V. De 1000 V heeft een aparte aansluiting. V staat voor volt, DC voor gelijkstroom (afkorting van Direct Current), AC voor wisselstroom (afkorting van Alternating Current). Gelijktroom zit linksonder (IDC, 50 µA tot 10 A, de 10 A via een aparte aansluiting). Weerstand (Ω) zit rechtsboven.

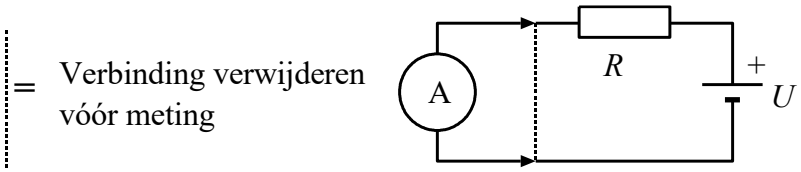
Spanning en stroom meten

Spanning meet je tussen twee punten van een schakeling. We zeggen dat spanning ergens **overheen** staat, bijvoorbeeld over een weerstand of een schakeling. In het Engels heet dat *across*, wat hetzelfde betekent. Figuur 15.3-4 laat het in schemavorm zien.



*Figuur 15.3-4. Spanningsmeting. De spanning **over** weerstand en batterij wordt gemeten.*

Stroom meet je **in** de schakeling, omdat stroom **door** de schakeling loopt. De meter komt dus **in de plaats van** een verbindingsleiding in de schakeling. Figuur 15.3-5 laat het zien.



*Figuur 15.3-5. Stroommeting. De stroom **door** weerstand en batterij wordt gemeten. De meter komt in de plaats van de gestippelde leiding die tijdens de meting wordt vervangen door de stroommeter..*

Weerstand meten

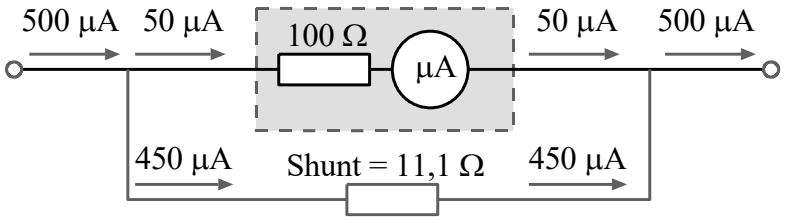
Voor het meten van weerstand met een universeelmeter is een spanningsbron nodig. Dat is een batterijtje binnenin de meter. Het principe is dan: zet de batterijspanning over de te meten weerstand en meet de stroom.

Hoe maak je van een draaispoelmetertje deze duizendpoot?

Stroommeting

Bij de meeste instellingen moet rekening worden gehouden met de (kleine) eigen weerstand van de draaispoelmeter. We beginnen met de instelling als ampèremeter. Voorbeeld: stel dat de meter een inwendige weerstand van 100 Ω heeft en volle uitslag geeft bij 50 µA. Als de meter wordt ingezet voor een meetbereik van 500 µA, dus 10x zoveel, dan moet van die 500 µA precies 50 µA door de meter lopen en de rest, 500 µA min 50 µA = 450 µA eromheen. Dat bereiken we met een *shunt*. Dat is een weerstand die parallel aan de meter wordt geschakeld (Figuur 15.3-6). Die shunt moet in ons voorbeeld een weerstand hebben van $^{50}/_{450} * 100\ \Omega = 11{,}1\ \Omega$.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.



Figuur 15.3-6. Microampèremeter met inwendige weerstand van 100 ohm met shunt van 11,1 ohm voor een 10x zo grote stroom als zijn eigenlijke bereik. 90% van de stroom wordt omgeleid via de shunt.

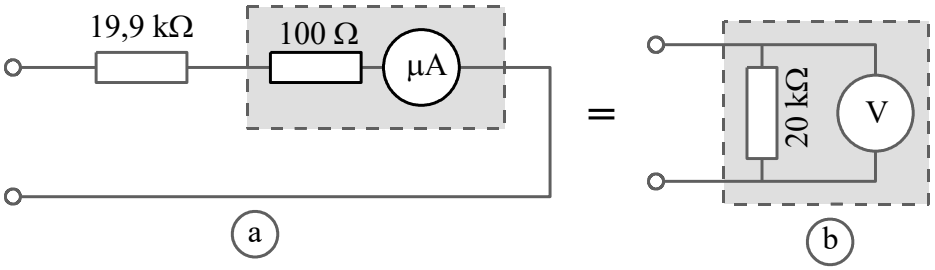
Zo kun je voor elk stroombereik bij bekend meterbereik en bekende meterweerstand een shuntweerstand berekenen.

Spanningsmeting

Een draaispoelmeter kun je verbouwen tot spanningsmeter. De draaispoelmeter wordt dan voorzien van een serieweerstand. Die weerstand moet zo groot zijn, dat voor de hoogste spanning van het spanningsbereik precies de stroom voor de volle meteruitslag door de meter loopt. Voor onze voorbeeldmeter betekent dat weer diezelfde 50 µA als in Figuur 15.3-6. Het berekenen van de totale weerstand van de meterschakeling gaat met behulp van de wet van Ohm. De vraag is: welke weerstand is nodig om bij de hoogste spanning van het bereik een stroom van 50 µA door de meter te laten lopen?

Laten we uitgaan van een meetbereik van 1 V. De benodigde weerstand is dan $^{1\ \mathrm{V}}/_{0{,}05\ \mathrm{mA}} = 20\ \mathrm{k\Omega}$. Van die 20 kΩ zit 100 Ω als inwendige weerstand in de meter, dus de serieweerstand wordt $20\ \mathrm{k\Omega} - 100\ \Omega = 20\ \mathrm{k\Omega} - 0{,}1\ \mathrm{k\Omega} = 19{,}9\ \mathrm{k\Omega}$.

Figuur 15.3-7 brengt het in beeld.



Figuur 15.3-7. Van micro-ampèremeter naar voltmeter met vervangingsschema (rechts).

Het linkerplaatje (a) laat de schakeling zien, het rechterplaatje (b) het vervangingsschema in de vorm van een ideale voltmeter met een inwendige parallelweerstand van 20 kΩ. De achtergrond van de parallelschakeling is besproken in paragraaf 15.2.

We hebben hier de kenmerkende eigenschap van een universeelmeter berekend: de inwendige weerstand van een als voltmeter toegepaste micro-ampèremeter. De eenheid is kΩ/V (kilo-ohm per volt) en hij heet *gevoeligheid*. Het aantal volts is het *meetbereik*, niet de werkelijk gemeten spanning.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

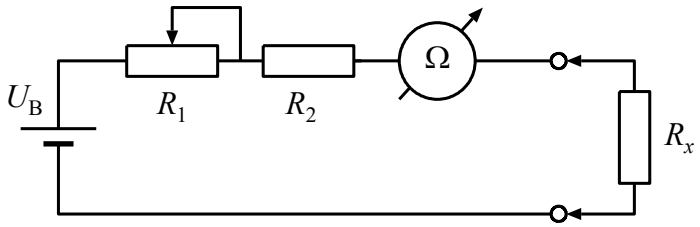
In paragraaf 15.2 zagen we dat de verhouding van de meterweerstand en de weerstand van de te bemeten schakeling de nauwkeurigheid van een spanningsmeting bepalen. Uit het aantal kΩ/V van een universeelmeter bereken je per meetbereik de inwendige weerstand. In ons voorbeeld is de weerstand bij een meetbereik van 10 V gelijk aan $10 * 20\ \text{k}\Omega = 200\ \text{k}\Omega$; voor het 100 voltbereik wordt dat $100 * 20\ \text{k}\Omega = 2\text{M}\Omega$, enz. **In vrijwel elk examen zit wel zo'n soort vraag.**

Om te onthouden: een meter voor 100 µA geeft een gevoeligheid van 10 kΩ/V, één voor 50 µA geeft 20 kΩ/V, enz.

Daarmee moet rekening worden gehouden bij metingen. Stel dat je met de schakeling van Figuur 15.3-7 de spanning op een punt in een schakeling zou willen meten. Als daar de totale schakeling een weerstand van 20 kΩ heeft, meet je de helft van de werkelijke spanning. Kies dan liever een hoger spanningsbereik, bijvoorbeeld 10 V. Dan is de weerstand van de meetschakeling 200 kΩ. Weliswaar is de afleesfout bij 1/10 van de volle schaal 10 keer zo groot als bij gebruik van de volledige schaal, maar de meting zelf is nauwkeuriger. **Let op:** hier wordt onderscheid gemaakt tussen afleesfout en meetfout! De afleesfout wordt door het kiezen van een hoger meetbereik groter, de meetfout kleiner. Dat betekent bij sommige metingen even nadenken.

Weerstandsmeting

Voor weerstandmeting is een spanningsbron nodig, bijvoorbeeld een 1,5 V batterij. In elke analoge universeelmeter zit daarvoor een houder. Het meetprincipe is: zet een spanning over de weerstand en meet de stroom (Figuur 15.3-8).



Figuur 15.3-8. Het principe van weerstandmeting met een universeelmeter.

De variabele weerstand R_1 regelt de nulpuntsinstelling. Dat is de volle meteruitslag, want 0 ohm leidt tot de grootste stroom. Sluit daarvoor de aansluitklemmen kort en stel R_1 zo in dat de meter 0 Ω aanwijst. De schaal is zo gemaakt, dat daarna bij aansluiting van R_s de weerstand op de schaal wordt afgelezen. Stel dat U_B= 3 V, de meterweerstand R_{meter} =10 Ω en de meter volle uitslag geeft bij 1 mA. Dan is $R_s = {}^{U_B}/_{I_{meter}} - R_{meter} = {}^{3\text{V}}/_{1\ \text{mA}} - 10\ \Omega = 2{,}99\ \text{k}\Omega$, afgerond 3 kΩ. Op een gangbare universeelmeter is het verschil tussen 2,99 kΩ en 3 kΩ niet goed af te lezen. Met andere woorden: die 10 Ω verwaarlozen we.

Bij de meter van Foto 15.3-1 gebeurt de instelling op volle uitslag met het geribbelde rode wieltje links met de letters ADJ (van adjust) eronder. R_2 zorgt dat de meter niet wordt

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

kortgesloten en dus niet stukgaat. Foto 15.3-2 laat de afleesschalen van de meter van Foto 15.3-1 vergroot zien.



Foto 15.3-2. De afleesschalen van de multimeter van Foto 15.3-1 vergroot. De bovenste is de weerstandsschaal (zie Ω-teken rechts naast de afleesschaal).

Een analoge universeelmeter heeft een aparte weerstandsschaal, want weerstand is omgekeerd evenredig met stroom. Daarom is een stroomschaal voor weerstandmeting niet goed bruikbaar, behalve voor wie graag veel (en goed) rekent. De weerstandsschaal op Foto 15.3-2 is de bovenste. Op die schaal lopen de meetwaarden van links naar rechts van oneindig (geen stroom) naar nul (maximale stroom). De spiegel eronder helpt bij de aflezing. Zorg dat je oog de naald precies op zijn spiegelbeeld ziet en je hebt een zo nauwkeurig mogelijke aflezing.

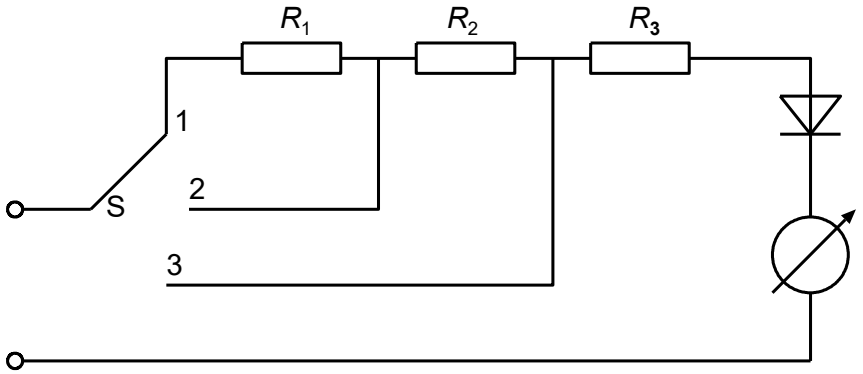
De stelschroef onder is voor de nulpuntsinstelling van de draaispoelmeter. De aanwijsnaald op de foto staat net niet helemaal netjes op het nulpunt, dus die zou nog iets kunnen worden bijgesteld.

Linksonder is te zien dat deze universeelmeter voor DC 50 kΩ/V is. DC staat voor Direct Current, gelijkstroom. Daarachter staat 25 kΩ/V. Dat is een luxe-trekje van deze meter: de afleesschalen voor spanning en stroom kunnen met een factor 2 worden “uitgerekt”, maar wel ten koste van het aantal kΩ/V.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

Wisselspanningsmeting

We hebben het nog niet gehad over het meten van wisselspanning (afgekort AC van Alternating Current)). Draaispoelmeters zijn daar van nature ongeschikt voor. Het zijn instrumenten voor gelijkstroom. Daarom wordt de wisselspanning eerst gelijkgericht. Figuur 15.3-9 toont een voorbeeld van een schakeling met 3 omschakelbare meetbereiken.



Figuur 15.3-9. Multimeterschakeling voor wisselspanning. Schakelaar S (links) schakelt de meetbereiken.

De gelijkrichter is meestal een germaniumdiode. De drempelspanning is met circa 0,2 V kleiner dan de 0,6 of 0,7 V van silicium-exemplaren. Bovendien laat een germaniumdiode onder de 0,2 V nog steeds een beetje stroom door. De schalen kunnen dan op 0 beginnen, maar lineair zijn ze in lagere bereiken niet. De lage bereiken voor wisselspanning op Foto 15.3-2 hebben dan ook eigen schalen (rood). De hogere bereiken verschillen binnen de (on)nauwkeurigheid van de meting niet van de gelijkspanningsbereiken met dezelfde waarde.

Nu is de gemiddelde waarde van de gelijkgerichte wisselspanning niet dezelfde als de effectieve waarde van de oorspronkelijke wisselspanning. Het verband tussen die twee hangt af van de golfvorm. Zonder verder te redeneren kunnen we daarom nu al vaststellen dat de wisselspanningsaflezing van een universeelmeter gebaseerd moet zijn op een veronderstelde golfvorm. In de praktijk is dat de sinus.

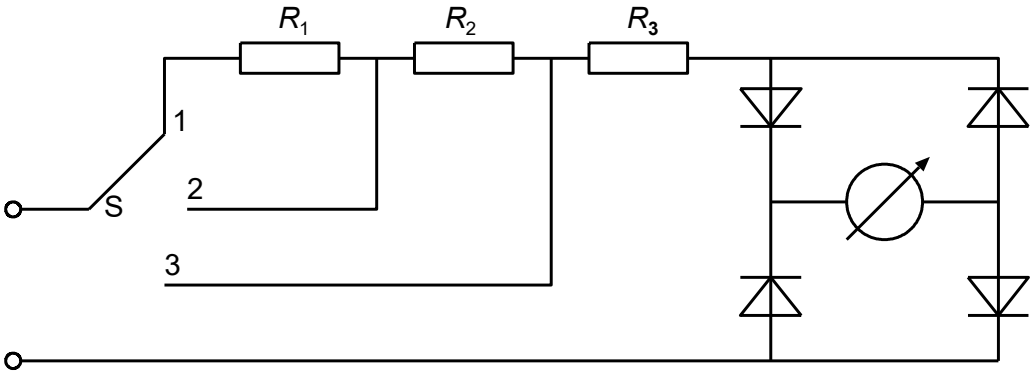
Een draaispoelmeter meet van een sinusvormige zuivere wisselspannung of -stroom 0 V, respectievelijk 0 A. Dat is de gemiddelde waarde. De aanwijsnaald is te traag om de veranderende spanning (stroom) te volgen. Die gemiddelde waarde wordt ook bij gelijkgerichte spanningen of stromen gemeten

Voor de effectieve waarde U_{eff} van een sinusvormige spanning met amplitude A geldt $U_{eff} = {A}/{\sqrt{2}} \approx 0{,}7A$. Bij tweefasige gelijkrichting, wordt één van beide halve perioden op zijn kop gezet Dan meet een tot voltmeter omgebouwde draaispoelmeter de gemiddelde waarde U_{gem}. Daarvoor geldt $U_{gem} = {2A}/{\pi} \approx 0{,}64\text{V} \approx 0{,}90U_{eff}$. Bij enkelfasige gelijkrichting blijft van elke periode 1 sinushelft leeg. Dan is $U_{gem} \approx 0{,}45U_{eff}$.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

Willen we de effectieve wisselspanningswaarde kunnen aflezen in plaats van de gemiddelde waarde van de gelijkgerichte spanning, dan moeten de serieweerstanden R_1 t/m R_3 van Figuur 15.3-9 aangepaste waarden hebben. Die moeten ten opzichte van hun waarde voor gelijkspanning met 0,45 worden vermenigvuldigd, dat is 2,22 maal zo klein worden. Daarom is de gevoeligheid van een multimeter voor wisselspanning praktisch altijd ruim 2x zo klein als die voor gelijkspanning.

Dubbelfasige gelijkrichting (Figuur 15.3-10) lijkt misschien een oplossing, maar is het maar half. De 0,45x de effectieve waarde wordt 0,9 x, maar de gelijkrichting vraagt 2 dioden in plaats van één. Dat leidt voor Ge tot een drempelspanning van 0,4 V in plaats van 0,2 V. Dat is een flinke verslechtering van de lineariteit. Deze 'oplossing' is dus geen echt goede oplossing. Die is er wel bij de digitale meter (sub-paragraaf 15.3.6).



Figuur 15.3-10. Multimeterschakeling voor wisselspanning met dubbelfasige gelijkrichting (brugschakeling). Schakelaar S (links) schakelt de meetbereiken, net als in Figuur 15.3-9.

15.3.5 Buis-, FET- en transistorvoltmeters

De inwendige weerstand van een als voltmeter geschakelde draaispoelmeter is vooral in de lage bereiken niet heel hoog. Voorbeeld: een meter met een gevoeligheid van 20 kΩ/V en een meetbereik van 1 V heeft een inwendige weerstand van 20 kΩ. We zagen dat die bij een bereik van 10 V 200 kΩ wordt. Ook dat is soms aan de lage kant, wat een reden is geweest om de meetingang te voorzien van een versterkend element. Die krikt de ingangsweerstand flink op. Aanvankelijk ging dat met een buis, later was dat vooral de FET. De bipolaire transistor is voor deze toepassing minder geschikt, want het is eigenlijk een stroomversterker. Toch is hij voor dit soort schakelingen lang geleden wel toegepast.

Een ingangsweerstand van 2 MΩ of meer voor spanningsmeting is bij FET- en buisvoltmeters niet ongewoon. Door de opkomst van de digitale universeelmeter, waarbij de ingang bij voltmetertoepassingen altijd hoogohmig is, zijn buis- en FET-voltmeters in vergaande mate "weggeconcurreerd", om maar niet te spreken van transistorvoltmeters.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.3.6 De digitale universeelmeter/multimeter

Een digitale universeelmeter is gebaseerd op een ADC (Analoog naar Digitaal Converter). Hij kan daarom niet zonder batterij. Tegenover dit kleine bezwaar staan een grotere flexibiliteit, een (meestal) betere meetnauwkeurigheid en bij voltmeting een prettig hoge ingangsweerstand. Dat laatste komt door de inwendige elektronica.



Foto 15.3-3. Voorbeeld van een digitale multimeter

Foto 15.3-3 hiernaast laat een voorbeeld zien van een digitale multimeter. Behalve de functionaliteiten van de analoge meter die we hiervoor hebben behandeld, heeft deze meter ook:

- Wisselstroommeting
- Bepaling van de h_{FE} (β) van PNP- en NPN-transistoren
- Diodetest
- Capaciteitsmeting
- Een beperkte mogelijkheid om frequenties te meten

Niet elke digitale multimeter heeft al deze toevoegingen. Het hier getoonde exemplaar heeft een bovengemiddelde hoeveelheid extra's. De resolutie is 2000 punten en een + en een -. Dat betekent bijvoorbeeld voor het 2 V-bereik een aanduiding van -1,999 tot +1,999 V. Verwar resolutie niet met nauwkeurigheid! Een onnauwkeurige meting kan heel goed in hoge resolutie (veel decimalen) worden weergegeven.

15.4 De oscilloscoop

Een oscilloscoop maakt snelle veranderingen in spanningen zichtbaar. In de loop van deze cursus hebben we diverse oscilloscoopbeelden gezien. Ze heten ook wel oscillogrammen, naar de oorspronkelijke en nu door vrijwel niemand meer gebruikte naam *oscillograaf*. Ook hier heeft de digitalisering toegeslagen. De oscillogrammen in deze cursus waren afkomstig van zowel analoge als van digitale oscilloscopen. We beginnen analoog.

15.4.1 De analoge oscilloscoop

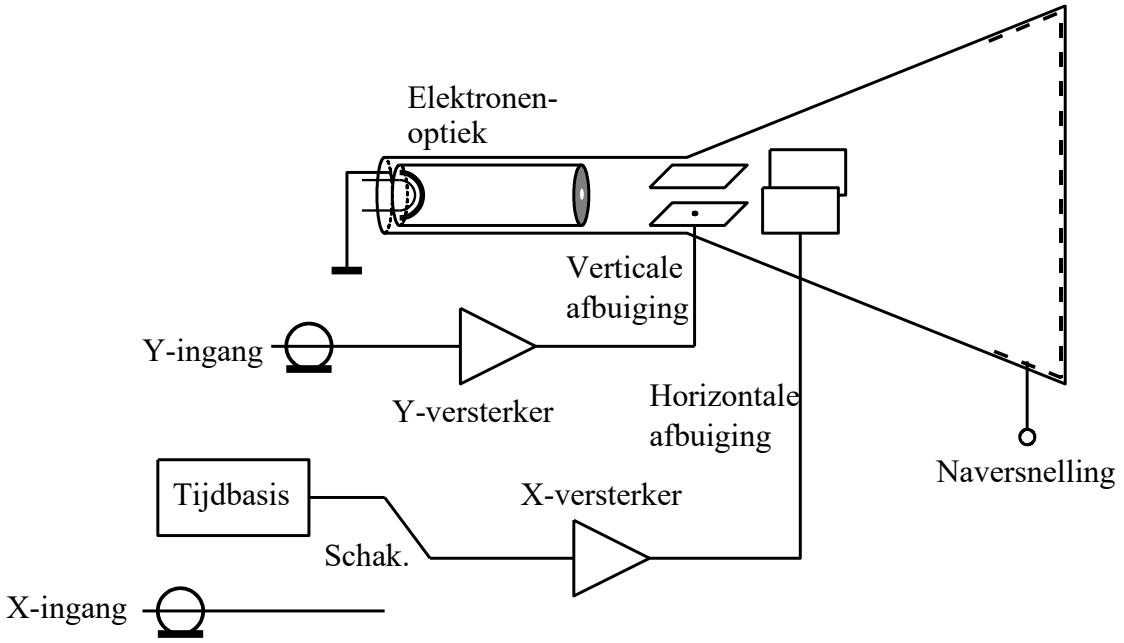
Het centrale deel van een klassieke oscilloscoop –*scoop* voor elektronici- is een *kathodestraalbuis* of *elektronenstraalbuis*. Dat is een luchtledige glazen ballon met een iets bolle tot vrijwel vlakke voorkant, aan de binnenkant bedekt met een *fosforescerende* stof.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

Dat laatste betekent dat die stof licht uitstraalt waar hij door elektronen wordt getroffen. Naar achteren heeft de buis een lange ronde hals met verschillende elektroden.

De achterste elektrode is de kathode. De elektronen uit de kathode moeten zo scherp mogelijk worden gebundeld. Net zoals een pen het duidelijkst schrijft als het spoor dun is, schrijft een elektronenstraal het duidelijkst als hij zo scherp mogelijk gebundeld is. Daarom volgt na de kathode een systeem dat de elektronen bundelt, de *elektronenoptiek*.

Dan volgt de naversnelling onder invloed van een anode met een spanning van enkele kV. Deze anode ligt pal tegen het scherm aan. Het is geen plaat, maar bestaat uit geleidend materiaal in een cirkelvormige of rechthoekige spiraalvorm, afhankelijk van de vorm van het scherm. De versnelde elektronen schieten erdoorheen en treffen zo de fosforescerende binnenlaag van het scherm. Dat lijkt een beetje op het schermrooster van een tetrode, waar de elektronen ook doorheen schieten. Figuur 15.4-1 geeft een tekening van de kathodestraalbuis en een sterk vereenvoudigd blokschema van een oscilloscoop.

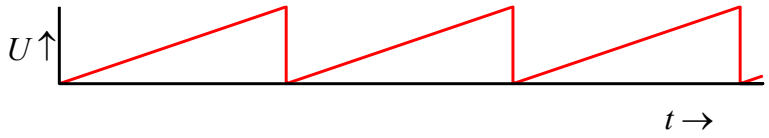


Figuur 15.4-1. Vereenvoudigd blokschema van een oscilloscoop. Bovenin de kathodestraalbuis.

Tussen elektronenoptiek en scherm liggen twee horizontale en twee verticale afbuigplaten. Door de spanningen erop te variëren, wordt de elektronenstraal meer of minder horizontaal, resp. verticaal afgebogen en wordt een grafiek van het signaal op het scherm getekend.

Het zichtbaar te maken signaal komt via de Y-ingang en de Y-versterker. De tijdbasis stuurt de horizontale afbuiging aan, zodat er op het scherm een echte grafiek ontstaat. Dat gebeurt door middel van een zaagtandspanning (Figuur 15.4-2).

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.



Figuur 15.4-2. Zaagtandspanning.

De langzaam oplopende spanning stuurt de elektronenbundel met de ingestelde snelheid van links naar rechts over het scherm. Is de rechterkant van het scherm bereikt, dan valt de spanning terug en begint het proces opnieuw.

De meeste oscilloscopen hebben ook een X-ingang, waardoor het tijdbasissignaal kan worden vervangen door een tweede signaal en de horizontale afbuiging overneemt, zodat twee signalen tegen elkaar kunnen worden uitgezet. Dit laatste is geen examenstof. Dat is het kadertje hieronder dat kort ingaat op de werking van de elektronenoptiek ook niet.

Voor de liefhebbers, géén examenstof! Elektronenbundeling.
Voor de bundeling van de elektronenstraal worden, afgezien van de de kathode, drie elektroden gebruikt. De eerste is de Wehnelt-cylinder, genoemd naar zijn uitvinder, de Duitse natuurkundige Arthur R.B. Wehnelt die hem omstreeks 1903 uitvond. Zie ook https://en.wikipedia.org/wiki/Wehnelt_cylinder, helaas in het Engels.

De metalen cylinder sluit de kathode af op een kleine opening tegenover de kathode na. De cylinder heeft ten opzichte van de kathode een negatieve spanning, zodat de elektronen naar het midden van de cylinder worden geduwd en alleen weg kunnen via de kleine opening.

Na de opening volgen twee ringvormige elektroden met een positieve spanning. Je zou ze anoden met een gat in het midden kunnen noemen. De positieve spanning op de tweede is hoger dan op de eerste. De eerste “trekt” de elektronen uit het gat van de Wehnelt-cylinder. De bundel zal zich dan verwijden. De tweede elektrode zorgt samen met de eerste voor een veldlijnenpatroon dat de elektronenbundel zo versmalt, dat hij uiteindelijk vrijwel puntvormig op het scherm belandt.

Foto 15.4-1 laat de voorkant van een oscilloscoop zien.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

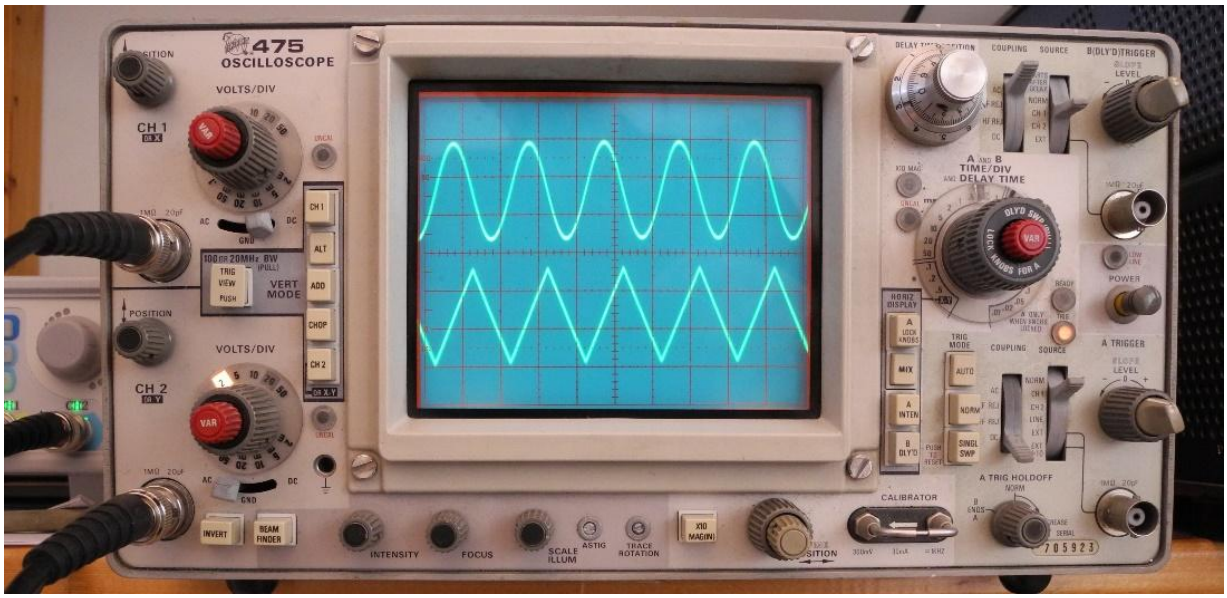


Foto 15.4-1. Voorkant van een oscilloscoop. Dit is een tweekanaalsuitvoering die twee signalen tegelijk kan laten zien (in feite worden ze afwisselend op het scherm gezet, maar dat gaat zo snel dat je het niet ziet).

Dit is een tweekanaals type dat twee signalen tegelijk kan tonen. In werkelijkheid wisselen beide elkaar af, maar dat gaat zo snel dat het niet te zien is. De foto toont het verloop van een sinus- en een driehoeksspanning.

Links op de foto zitten de twee Y-versterkers boven elkaar met elk een aangesloten signaalkabel. Onder het scherm zitten regelknoppen voor de lichtintensiteit, de scherpte en horizontale verschuiving van het beeld. Rechts zit de bediening van de tijdbasis. De centrale knop (grijs met rood in het midden) regelt de horizontale snelheid. Dit exemplaar kan signalen tot boven 150 MHz aan.

De spanning is af te lezen met behulp van de schaalverdeling op het scherm in combinatie met de stand van de gevoeligheidsschakelaars van de Y-versterkers (grijze knoppen links met cijferschaal en rode middenknop).

15.4.2 De digitale oscilloscoop

Digitale oscilloscopen kunnen een eigen beeldscherm hebben. Omdat de lange kathodestraalbuis is vervangen door een plat LCD-scherm, is een digitale scoop veel platter dan een analoge. Er zijn ook voorbeelden die het beeld via een USB-kabeltje en software zichtbaar maken op een computerscherm. Die zien er nog simpeler uit (Foto 15.4-2).

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.



Foto 15.4-2. Digitale oscilloscoopmodule. Boven: twee BNC-signaalingangen; rechtsonder de USB-aansluitingen; linksonder de aansluiting voor een logic analyzer. Veel foto's in deze cursus zijn met behulp van dit apparaatje gemaakt. Voorbeeld is Foto 15.4-3 (volgende bladzijde)

Het apparaatje op Foto 15.4-2 is voor een amateur redelijk betaalbaar (tussen 200 en 300 euro). De bijbehorende software is gratis van Internet te downloaden. De digitale oscilloscoopfoto's in deze cursus zijn ermee gemaakt. Het apparaatje heeft naast de standaard-oscilloscoopfuncties nog wat mogelijkheden. Eén daarvan is die van *logic analyzer*. Daarmee kunnen tot acht digitale kanalen zichtbaar worden gemaakt, bijvoorbeeld het plaatje van de 4-bits frequentiedeler in hoofdstuk 11. We laten het hieronder nog een keer zien (Foto 15.4-3).

Een X-ingang ontbreekt. Wel kan het apparaatje fungeren als golfvormgenerator.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

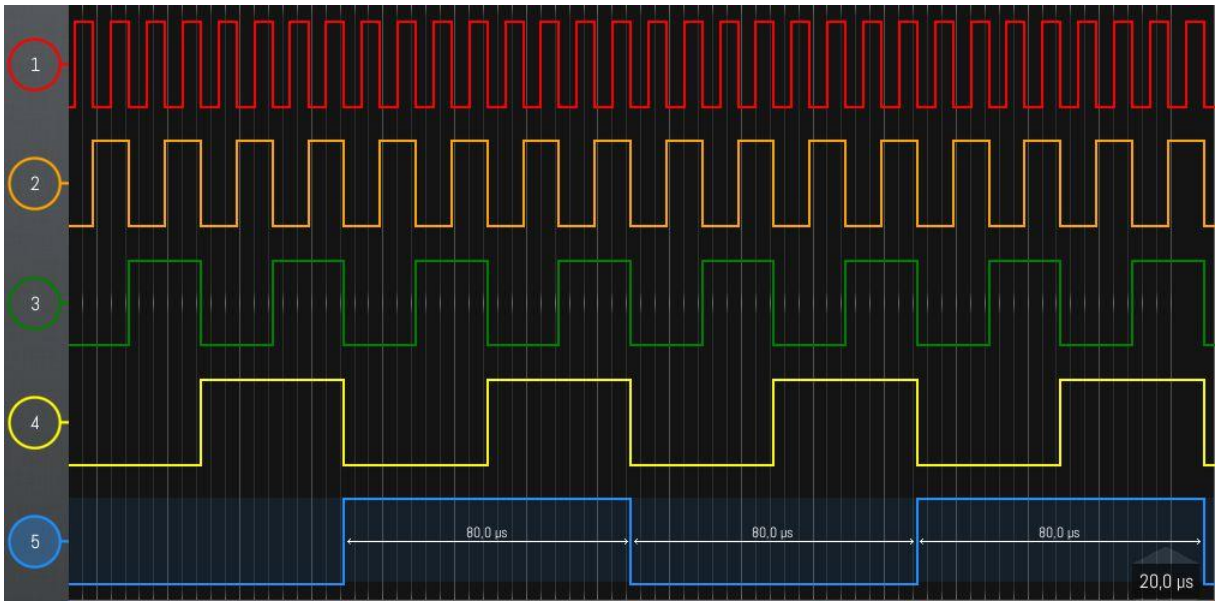
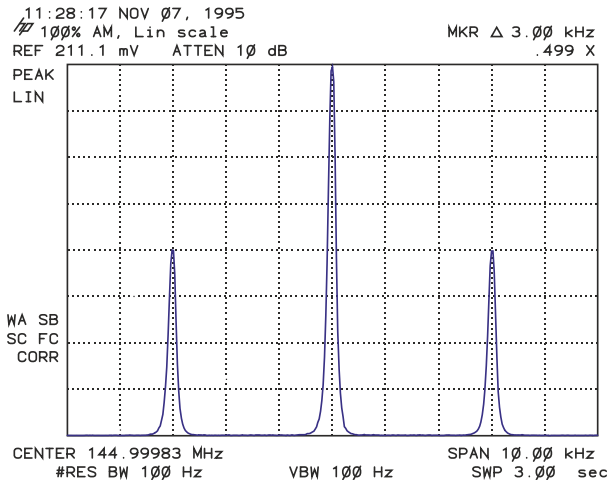


Foto 15.4-3. Nogmaals de output van de 4-bits frequentiedeler uit hoofdstuk 11. (1) de oorspronkelijke frequentie; (2) deling door 2; (3) deling door 4; (4) deling door 8; (5) deling door 16.

15.5 De spectrumanalyzer

De spectrumanalyzer geeft van een aangeboden signaal de samenstelling, uitgedrukt in frequenties, waaronder harmonischen en hun amplitudes. Uiterlijk lijkt zo'n apparaat nogal op een oscilloscoop.

De spectrumanalyzer geeft een signaal niet weer als iets in de tijdruimte (het tijddomein) maar in de frequentieruimte, het frequentiedomein. Op de X-as staat dus geen tijd, maar frequentie. Output van een spectrumanalyzer hebben we gezien in hoofdstuk 12. We herhalen die hier, iets verkleind, als Figuur 15.5-1.



Figuur 15.5-1. Herhaling van hoofdstuk 12. Output van een spectrumanalyzer. Het signaal is 144,99983 MHz, AM-gemoduleerd met 3000 Hz bij 100% modulatiediepte. 1 horizontale schaalverdeling is dan ook 1000 Hz. De amplitudes zijn verticaal weergegeven op een lineaire schaal (cursus 1999).

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

De horizontale schaal is 1 kHz per schaaldeel, de verticale is lineair en geeft de amplitude weer. De werking van een analoge spectrumanalyzer is te beschouwen als die van een scanner of een panorama-ontvanger. Die laatste is een ontvanger die een (heel) breed frequentiegebied tegelijk ontvangt. De analyzer scant dit gebied razendsnel af door middel van een snel in frequentie variërende oscillator, een mengtrap en een (kristal)filter met versterker erachter. Net een echte ontvanger, maar dan één die niet langzaam met de hand, maar razendsnel elektronisch verstemd wordt.

De MF-spanning wordt voortdurend gelijkgericht en de gelijkgerichte spanning komt op de verticale afbuiging van de kathodestraalbuis terecht. Tegelijkertijd loopt de horizontale afbuiging mee met de frequentie. Zo'n apparaat is kwetsbaar en moet met enige kennis van zaken worden ingesteld. Een spectrumanalyzer is bovendien duur en reparaties zijn prijzig. Het is dus niet bepaald een speeltje voor de beginnende zendamateur.

Naast analoge spectrumanalyzers waarvan zoals gezegd de kosten een modaal amateurbudget ruim overstijgen, zijn er ook digitale. Het kleine apparaatje van Foto 15.4-2 kan bijvoorbeeld de spectrale samenstelling van een signaal laten zien, maar is geen echt professioneel apparaat. Wel komen er geleidelijk aan meer van die kleine en voor de meeste amateurs wèl betaalbare digitale apparaatjes in de handel. Voor amateurdoeleinden bieden die vaak voldoende mogelijkheden.

15.6 De dipper, dipmeter of griddipper

Een dipper meet de resonantiefrequentie van een LC-kring. Het apparaat is een LC-oscillator, waarvan de spoel naar buiten is uitgevoerd. Als die vlak bij een andere afgestemde kring wordt gehouden en de dipper oscilleert op de resonantiefrequentie ervan, dan zal de kring energie opnemen uit het magnetisch veld van de dipperspoel. Dat beïnvloedt de rooster-, gate- of basisspanning van het versterkende element in de dipper. Die verandering wordt zichtbaar gemaakt op de ingebouwde voltmeter als een dip in de meteraanwijzing. Vandaar de naam van het apparaat. Foto 15.6-1 laat een voorbeeld van een dipper zien.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

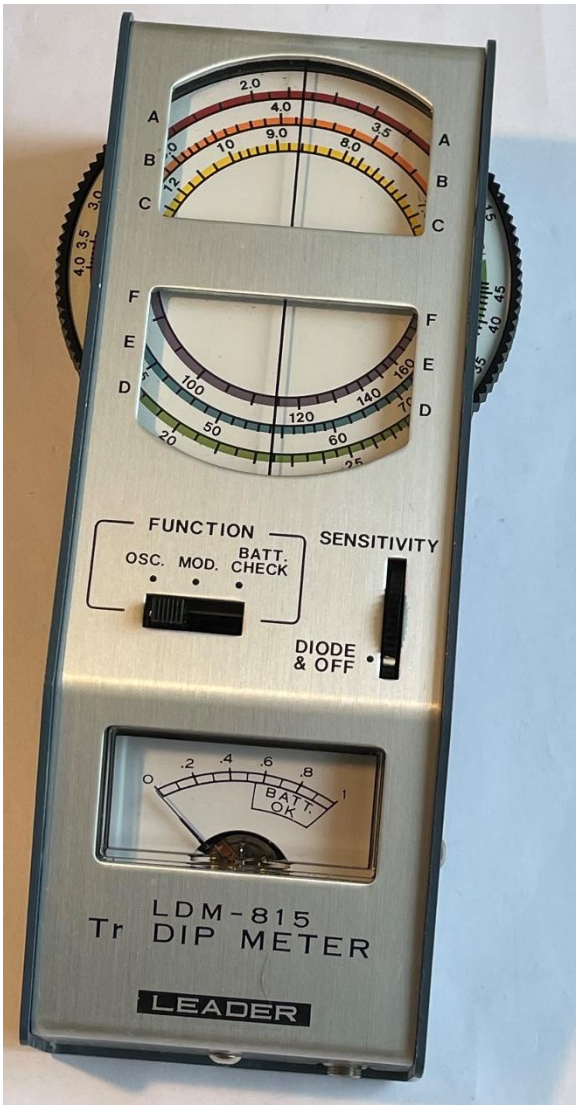


Foto 15.6-1. Dipper. De ronde schijf bovenin regelt de frequentie-instelling. De analoge meter onder laat de dip zien.

De ronde schijf met randvertanding dient voor de frequentie-instelling. De zes verschillend gekleurde banen (A-F) verwijzen naar de zes bijbehorende spoelen. Met verwisselbare spoelen kan een groot frequentiebereik worden bestreken; in dit geval van 1,4 – 250 MHz. De dip wordt zichtbaar gemaakt met de wijzermeter onder. Het apparaatje werkt op een 9 V batterij. De detailfoto (Foto 15.6-2) laat de afstemschijf met gemonteerde spoel zien. De spoel zit helemaal boven. Hij is zo dicht gewikkeld dat de afzonderlijke draad bijna niet te zien is. De spoel is daardoor zo compact mogelijk. Dat is overigens geen absolute noodzaak, maar het voert te ver om daar dieper op in te gaan. De oranje ring onder de spoel geeft aan dat de oranje schaal bij deze spoel hoort.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.



Foto 15.6-2. Detail van de dipper van Foto 15.6-1, nu met gemonteerde spoel.

Met een dipper kun je ook indirect de zelfinductie van een spoel meten. Zet een condensator van bekende capaciteit parallel aan de spoel, meet de resonantiefrequentie met de dipper en bereken uit capaciteit en frequentie de zelfinductie via de vergelijking van Thomson. Dat gaat zo:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \rightarrow \sqrt{L} = \frac{1}{2\pi f\sqrt{C}} \rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

De term *griddipper* in de kop van deze paragraaf stamt uit de buizentijd. Toen zat er (uiteraard) een buis in een dipper en de meter volgde de spanning op het stuurrooster (grid).

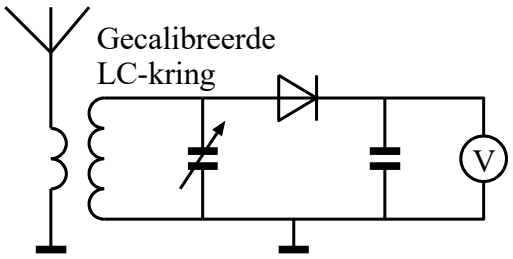
© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

Omdat de spoel van de oscillator naar buiten is uitgevoerd, beïnvloedt de te meten kring de oscillatiefrequentie van de dipper. **Een dipper kan daarom geen precisie-instrument zijn**. Voor een zo nauwkeurig mogelijke meting wordt eerst zo dicht op de kring gemeten dat een goed zichtbare dip het gevolg is. Is die plek op de schaal gevonden, dan wordt de meting herhaald op een afstand waarbij de dip nog net waarneembaar is. Dat vraagt een beetje oefening, maar went snel. **In examens wordt gesproken over een "losse koppeling"**.

15.7 Frequentiemeting

Een zendamateur mag alleen op een toegestane frequentie uitzenden. Hij/zij moet zelf kunnen vaststellen of dat het geval is (Hoofdstuk 18). Een zendamateur moet daarom formeel gezien frequenties kunnen meten. Met een kant en klaar gekochte zendontvanger zal dat niet gauw nodig zijn, tenzij die is verbouwd. Bij gebruik van zelfbouwapparatuur is frequenties kunnen meten vanzelfsprekend.

Ooit waren er analoge frequentiemeters in gebruik in allerhande varianten. De naam: *absorptie-frequentiemeter* of onder technici en amateurs ook wel *golfmeter.* Figuur 15.7-1 toont het werkingsprincipe.



Figuur 15.7-1. Werkingsprincipe van een absorptie-frequentiemeter. Vergelijkbaar met een kristalontvanger die een (milli)voltmeter in plaats van een koptelefoon aan de uitgang heeft.

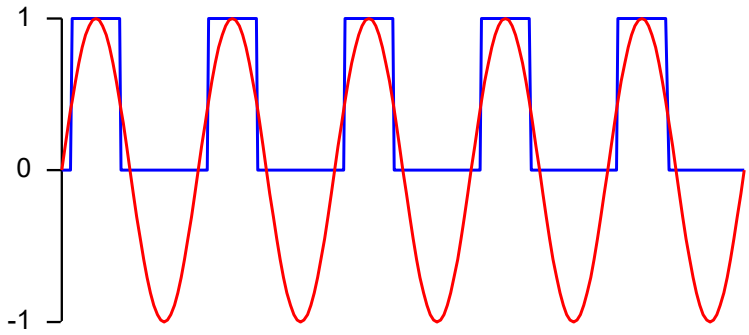
Deze apparaten waren niet nauwkeurig. Het basisprincipe was een gecalibreerde afstembare kring in een soort kristalontvanger met op de uitgang een voltmeter in plaats van een koptelefoon. Je kunt zo'n ding ook zien als een soort ontvangende in plaats van zendende dipper. De antenne kan een lusje zijn dat in de buurt van een oscillatorspoel wordt gehouden. Absorptie-frequentiemeters kunnen een keertje voorkomen in examenvragen, ook al staan ze formeel niet meer in de F-exameneisen, maar in de N-exameneisen vreemd genoeg wel (situatie voorjaar 2023).

Tegenwoordig is frequentiemeting voornamelijk een digitale aangelegenheid. Het meetinstrument heet *frequentieteller*, *teller* of op zijn Engels *counter* (*frequency* van *frequency counter* wordt meestal weggelaten). Een teller was ooit een prijzig ding, maar is dat door toenemende integratie en steeds goedkopere IC's eigenlijk nauwelijks meer.

Een teller telt het aantal perioden in een bepaald tijdsbestek, bijvoorbeeld 0,01 s, 0,1 s, 1 s, enz. Om die meettijd nauwkeurig in te stellen is een kristalgestuurde tijdbasis nodig.

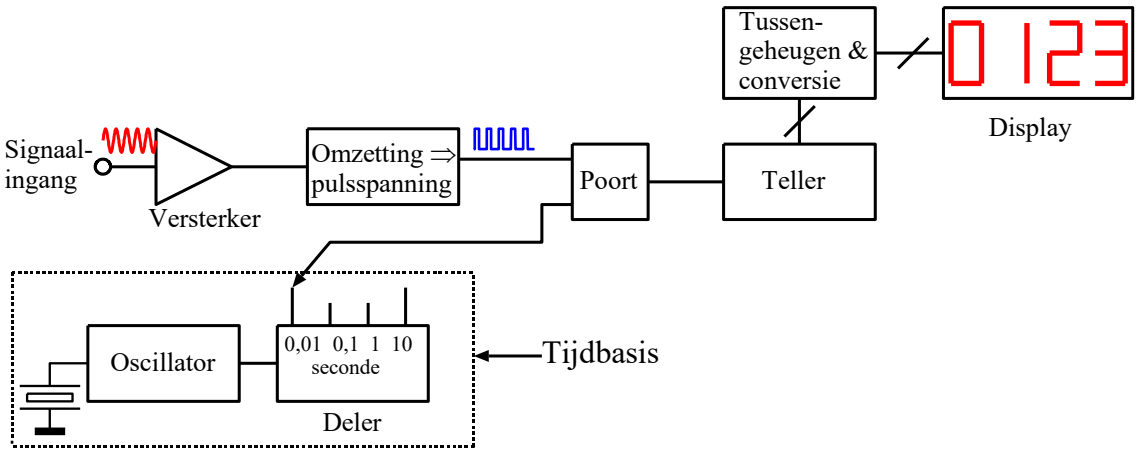
© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

Voor meting met een digitaal systeem moet de meestal sinusvormige input soms worden versterkt en altijd worden omgezet naar een pulsspanning (Figuur 15.7-2).



Figuur 15.7-2. Omzetting van sinus (rood) naar puls (blauw).

Daarna kan het omgezette signaal via een poortschakeling de teller in (blokschema in Figuur 15.7-3). De poort staat open gedurende de in de tijdbasis ingestelde tijdsperiode. Als de poort sluit, kan de teller worden uitgelezen. De output gaat een register in en wordt vervolgens omgezet in code voor het display. Daarna wordt een nieuwe telling uitgevoerd, enz. De teller is een frequentiedeler zoals we die kennen van hoofdstuk 11. In blokschema ziet een teller eruit als in Figuur 15.7-3.



Figuur 15.7-3. Blokschema van een frequentieteller.

Foto 15.7-1 laat een opstelling zien met een frequentieteller (boven), een digitale functiegenerator die een sinusvormige spanning afgeeft (midden) en een oscilloscoop die hem zichtbaar maakt. De frequentie is in dit geval 14,225 MHz, maar had elke andere frequentie kunnen zijn. De scoop kennen we van Foto 15.4-1.

Wie scherp kijkt, ziet dat de aanwijzing van de teller 95 Hz (op 14,225 MHz) lager is dan de frequentie-instelling van de functiegenerator.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

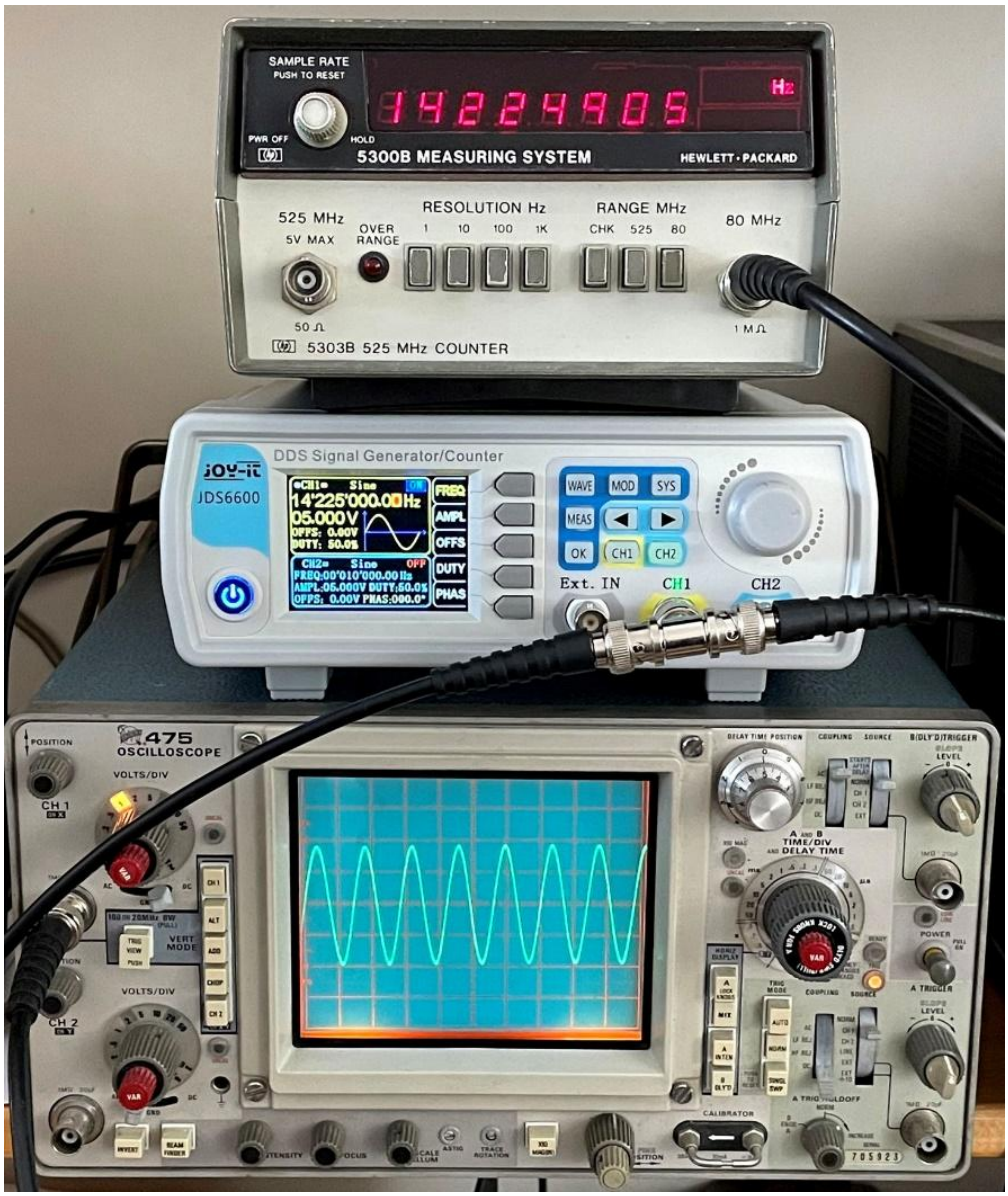


Foto 15.7-1. Meetopstelling met frequentiegenerator (midden), oscilloscoop die het signaal toont en de teller die de frequentie toont.

Wie van de twee “gelijk” heeft? Dat is alleen te zeggen met nóg een meetinstrument, maar hier is de afwijking minder dan 0,0007%, wat voor de meeste toepassingen in de amateursfeer nauwkeurig genoeg is. Meestal is de teller nauwkeuriger dan de generator.

15.8 De signaalgenerator

Een signaalgenerator wekt een sinusvormig signaal op (en soms ook andere vormen) met instelbare frequentie en amplitude. Zulke signalen worden gebruikt bij het testen van apparatuur. We hebben op Foto 15.7-1 een generator in werking kunnen zien. Dat exemplaar is digitaal (DDS), maar er zijn ook analoge instrumenten. Een exemplaar uit het buizentijdperk zien we op Foto 15.8-1. Het apparaat produceert een sinusvormig signaal,

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

desgewenst AM-gemoduleerd, voor frequenties tussen 10 en 485 MHz. Het (loodzware) instrument heeft een goede verzwakker (dat is een “must”) die signaalamplitudes tussen 1 µV en 5 mV over 50 Ω levert. Door de buizenschakeling met zijn onvermijdelijke opwarming is de frequentie niet heel stabiel. De stabiliteit verbetert na een flinke opwarmtijd (denk aan een half uur).

Het apparaat is geschikt voor meting van ingangsgevoeligheid, spiegelonderdrukking en meer bij ontvangers. Enige ruimte op de werktafel is wel vereist: de breedte is bijna 60 cm. Er zijn tegenwoordig handzamer apparaten in de handel dan deze zwaargewicht, maar de kwaliteit van zijn verzwakker kom je weinig tegen.



Foto 15.8-1. Marconi meetzender. Een met buizen uitgevoerd (loodzwaar) precisie-instrument uit 1966.

Het veel kleinere en lichte digitale apparaat van Foto 15.7-1 (midden) heeft andere eigenschappen zoals verschillende golfvormen. Het is te gebruiken van 0,01 Hz tot 60 MHz. In tegenstelling tot het oudje van Foto 15.8-1 dat naar beneden tot 1 µV komt, is de kleinste effectieve signaalwaarde van dit digitale apparaat 1 mV. Voor gevoeligheidsmetingen aan ontvangers is dat laatste eigenlijk te hoog, maar voor het bepalen van de gevoeligheid voor spiegelfrequenties is dat apparaat wel enigszins geschikt. De frequentie is zeer stabiel. Het apparaat is toepasbaar bij het bouwen en testen van zowel LF- als HF-apparatuur.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.9 De staandegolfmeter (SWR- of SGV-meter)

De staandegolfmeter is een onmisbaar instrument voor de zendamateur. Hij geeft de kwaliteit van de aanpassing van de zender aan transmissielijn en antenne aan. In Hoofdstuk 12 is de staandegolfverhouding (SGV, Engels: SWR) besproken in.

Een SWR-meter meet de amplitudeverhouding van de voorwaartse en gereflecteerde spanningen. Daarbij zijn de exacte waarden van de afzonderlijke amplitudes overbodig. Gemeten worden de spanningen over twee inductief met de transmissieleiding gekoppelde draadstukjes. De stukjes zijn even groot en liggen in spiegelbeeld. Aan één kant zijn ze geaard via een weerstand gelijk aan de karakteristieke impedantie van de voedingsleiding. De één pikt het voorwaartse en de ander het gereflecteerde signaal op. Bij coax-kabel worden ze tussen mantel en binnengeleider geschakeld. Binnen het meetapparaat is de mantel vervangen door een metalen buis of gootje met de vervanger van de binnenader middenin. Aan weerskanten daarvan liggen de koppelstukken (Foto 15.9-1). In het gootje zitten drie staafjes: het met de binnenader verbonden deel met aan weerskanten een koppelstuk. Het schema staat in Figuur 15.9-1.

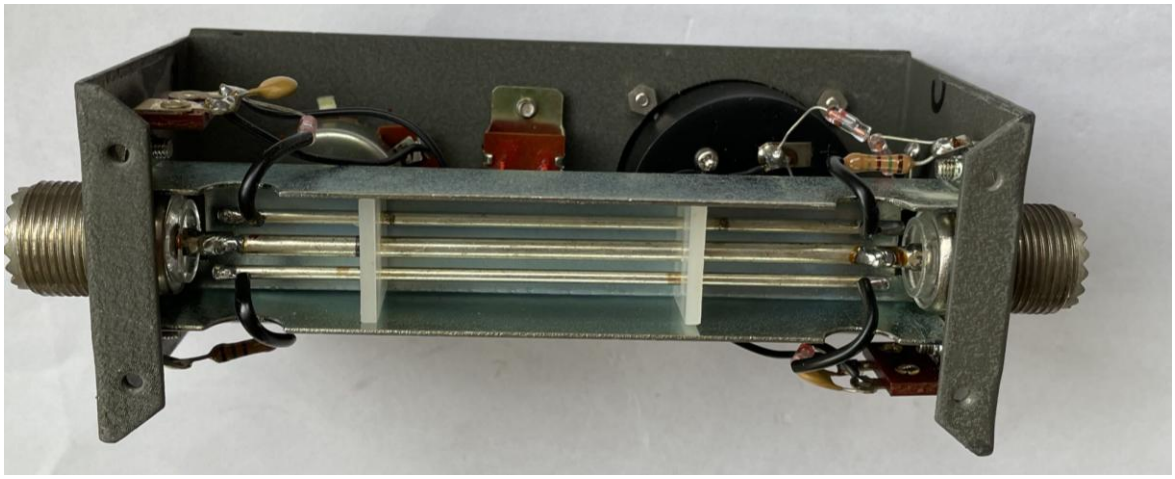
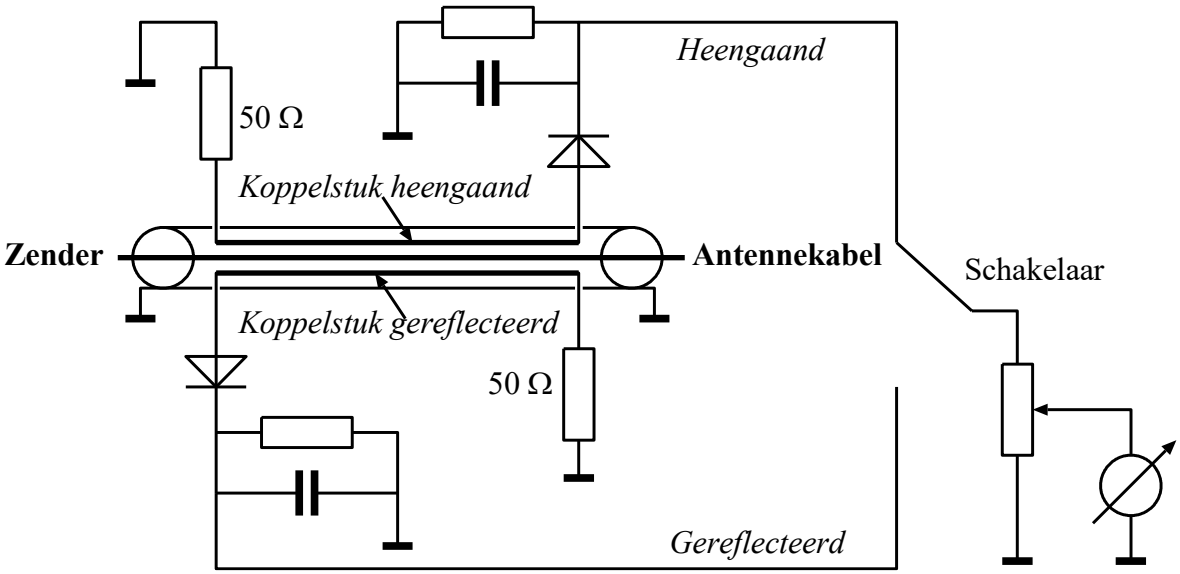


Foto 15.9-1. Binnenader met koppelstukken in een SWR-meter. Links en rechts de kabelaansluitingen. Het metalen gootje verbindt de mantels; de middelste zilverkleurige leiding tussen de aansluitingen verbindt de binnenaders. Aan weerskanten van het middelste leiding de eveneens zilverkleurige koppelstukjes.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.



Figuur 15.9-1. Het schema van de staandegolfmeter van Foto 15.9-1. De 50-ohms weerstanden aan de uiteinden van koppelstukjes maken het apparaat geschikt voor gebruik bij 50-ohms aansluitingen. De koppelstukjes liggen tegen elkaar in om heengaand en gereflecteerd signaal te kunnen meten.

Ter verduidelijking laten we de voorkant van de SWR-meter van Foto 15.9-1 en Figuur 15.9-1 zien op Foto 15.9-2. De meter op de buitenkant spreekt redelijk voor zichzelf. De schuifschakelaar op Foto 15.9-2 is de schakelaar in Figuur 15.9-1 en de draaiknop op Foto 15.9-2 is die van de potentiometer in Figuur 15.9-1.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.



Foto 15.9-2. Eenvoudige SWR-meter

Het meten gaat zo in zijn werk:

1. Verbind zender en antenne met de juiste aansluiting op de meter. Welke dat is, hoort bij de aansluiting te staan.
2. Zet de schakelaar in de stand “heengaand” die op de meeste apparaten “Forward” (afgekort ”FWD”) heet.
3. Draai de potentiometer op stand 0 (linksonder).
4. Schakel de zender in, zorg dat hij een draaggolf geeft, als het kan op laag vermogen. Als er dan iets fout gaat, zijn er geen ernstige gevolgen voor de zendereindtrap.
5. Draai de potmeter rechtsom tot de draaispoelmeter precies volle uitslag geeft.
6. Zet de schakelaar om naar “gereflecteerd”, op de meeste apparaten “Reflected” of “REF”.
7. Lees de SWR af op de schaal van de meter.

Als de SWR in orde is, bij voorkeur minder dan 2, mag de meter eventueel in de leiding van zender naar antenne blijven zitten. Hij gebruikt nauwelijks vermogen.

De SWR-schaal van de meter op Foto 15.9-2 is bij wijze van waarschuwing rood gekleurd voor SWR>3. Onderaan de schaal staat het percentage gereflecteerd vermogen dat bij de SWR-waarden hoort. Deze meter is bruikbaar tot tenminste de 2-meterband (144-146 MHz).

Er zijn SWR-meters voor hogere frequentiebereiken. Er zijn ook meters die vermogen en PEP kunnen meten of tegelijk heengaand en gereflecteerd vermogen laten zien. De meter op Foto 15.9-3 heeft meetbereiken van 1,6-160 MHz en van 140 tot ruim 500 MHz, kan PEP meten, vermogen tot 200 W en uiteraard SWR. Wel is/was hij prijziger dan het eenvoudige apparaat van Foto 15.9-2.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.



Foto 15.9-3. SWR-meter met meer mogelijkheden dan het apparaat van Foto 15.9-2.

Er bestaat nog een ander soort meterschaal voor de SWR. Die heeft twee wijzers en twee schalen: één voor heengaand (voorwaarts) en één voor gereflecteerd vermogen. De SWR wordt afgelezen op het punt waar de wijzers elkaar kruisen. Foto 15.9-4 laat er één zien.

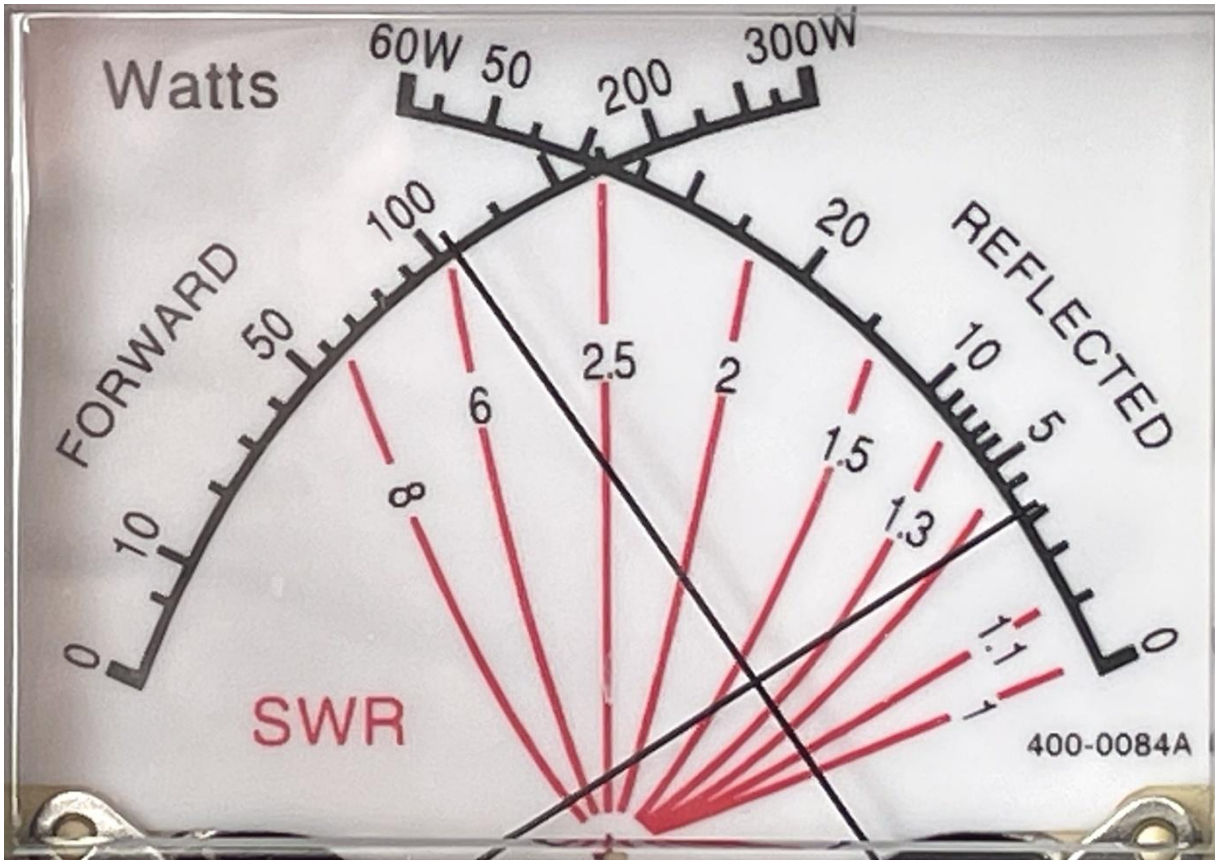


Foto 15.9-4. Afleesschalen van een SWR-meter die voorwaarts en gereflecteerd vermogen meet. SWR wordt afgelezen op de rode lijnen waar de aanwijsnaalden elkaar kruisen. Op de foto is de SWR ongeveer 1,4.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

Links de schaal voor voorwaarts vermogen, rechts die voor het gereflecteerde vermogen. De linker wijzer geeft ruim 100 W aan, de rechter iets meer dan 3 W. Van de afgegeven ruim 100 W wordt dus ruim 3 W gereflecteerd. De rode curven in het midden staan voor de waarde van de SWR. Die waarde wordt zoals gezegd afgelezen op het snijpunt van de twee aanwijsnaalden. Op de foto is de SWR ongeveer 1,4. Een heel nauwkeurige aflezing van de SWR is op deze manier niet mogelijk, maar die is ook niet nodig. Of de waarde nu 1,4 of 1,5 is, maakt in de praktijk weinig uit.

15.10 De kunstantenne of dummyload

We hebben in de vorige paragraaf gezien dat het uitgangsvermogen van een zender in principe te meten is met sommige SWR-meters, al moet daarvan geen grote nauwkeurigheid worden verwacht. De aflezing is alleen redelijk nauwkeurig bij een perfecte aansluiting, dat wil zeggen een lage SWR. Om de gedachten te bepalen: 1,2 of minder.

Een nauwkeuriger methode is meting met een capaciteits- en inductievrije weerstand in plaats van een antenne, de zogenoemde *kunstantenne*. In het Engels heet dat een *dummy load*. Daarvoor bestaan professionele instrumenten zoals die van de firma Bird, maar zelfbouw is ook mogelijk. Foto 15.10-1 laat van dat laatste een voorbeeld zien.

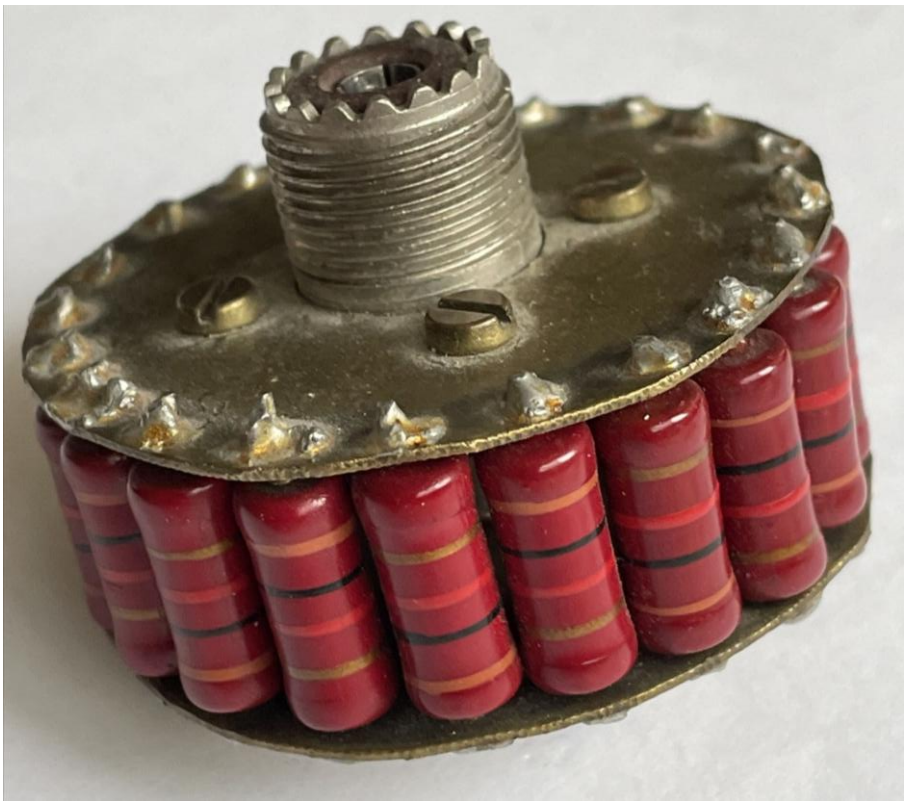


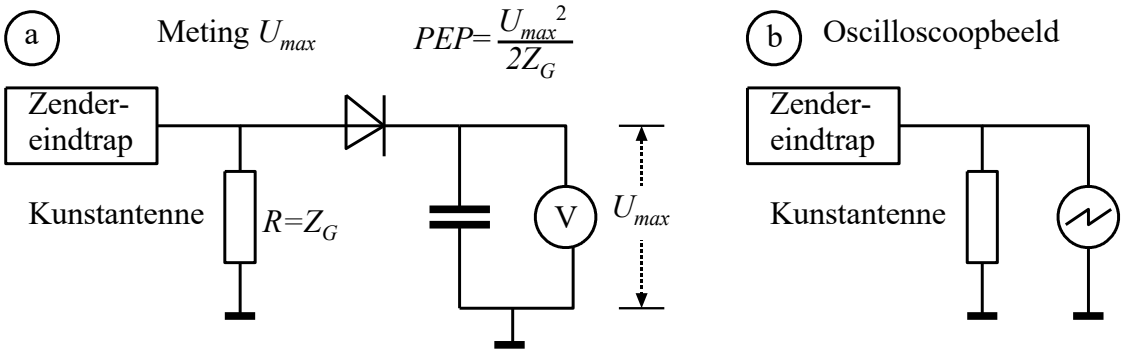
Foto 15.10-1. Zelfbouw-kunstantenne (dummy load)

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

Het apparaatje op de foto bestaat uit 20 parallelle koolweerstanden van elk 1 kΩ en 0,5 W, samen 50 Ω en 10 W. Als de meting kort (enkele seconden) duurt, kan 20 W ook. De weerstanden staan in een cirkel en zijn verbonden via twee messing plaatjes. Bovenop zit de kabelaansluiting. De aansluitdraden van de weerstanden zijn vlak bij de weerstand gesoldeerd om zo min mogelijk zelfinductie te krijgen. De weerstanden zijn om en om in tegengestelde richting gemonteerd om de zelfinductie te beperken. De dummyload dissipeert vrijwel alle vermogen en beschermt zo tijdens de meting de eindtrap van de zender en de ingang van het meetapparaat.

Dit zelfbouwapparaatje geeft een SWR van vrijwel 1 bij frequenties tot boven 30 MHz. Dit bereik omvat alle frequenties tot en met HF. Voor hogere frequenties zijn inductiearmere weerstanden nodig (zg. composietweerstanden). Moderne fabrieksapparaten hebben een halfgeleiderconstructie die tot zeer hoge frequenties een SWR van 1 geeft.

Een schema voor de meting van de maximale spanning U_{max} staat in afbeelding (a) van Figuur 15.10-1.



Figuur 15.10-1. PEP-bepaling van een zendersignaal (a) en maken oscilloscoopbeeld van een zendersignaal (b).

Voorwaarde is dat de tijdconstante die wordt gevormd door de capaciteit van de condensator en de weerstand van de voltmeter (niet getekend, maar in werkelijkheid wel aanwezig) groot genoeg is, bijvoorbeeld 5 seconden of meer.

Uit U_{max} en de karakteristieke impedantie Z_G (meestal 50 Ω) valt PEP te berekenen volgens

$$PEP = \frac{U_{max}^2}{2Z_G} \qquad (15.10\text{-}1)$$

Voor meting van het draaggolfvermogen (FM, CW of ongemoduleerde draaggolf) kan worden uitgegaan van dezelfde vergelijking, maar daar is de hoogste spanning voor elke signaalperiode even groot. De eerdergenoemde tijdconstante mag dan (veel) kleiner zijn. We kunnen dan voor het bepalen van het vermogen P ook uitgaan van de effectieve spanning U_{eff} volgens

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

$$P = \frac{U_{eff}^2}{Z_G} \qquad (15.10\text{-}2)$$

Eigenlijk is de keuze tussen vergelijking (15.10-1) of (15.10-2) lood om oud ijzer, want

$$U_{eff} = {U_{max}}/{\sqrt{2}}$$

Het enige verschil is dat de waarde van U_{max} bij een FM-, PM, CW- of niet-gemoduleerde draaggolf voor elke periode dezelfde is en bij AM en zijn varianten niet. Voor die laatsten moet de grootste signaalamplitude worden gevonden. Met een oscillogram (Figuur 15.10-1b) kan dat ook, maar minder nauwkeurig dan met een meter met grote tijdconstante.

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11 Opgaven

15.11.1 Opgave 15-1

Stelling 1. Een voltmeter moet een hoge impedantie hebben om de te meten spanning zo min mogelijk te beïnvloeden

Stelling 2. Een ampèremeter moet een hoge impedantie hebben om de te meten stroom zo min mogelijk te beïnvloeden.

Welke van de twee stellingen is juist:

A. Geen van beide stellingen
B. Alleen stelling 1
C. Alleen stelling 2
D. Beide stellingen

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.2 Opgave 15-2

Een universeelmeter in voltmeterstand heeft een gevoeligheid van 20 kΩ/V. De meter wordt op het meetbereik van 10 V ingesteld en aangesloten op een spanningsbron met onbekende inwendige weerstand en een EMK van 15 V. De meter wijst nu 5 V aan.

De inwendige weerstand R_i van de bron bedraagt

A. 400 kΩ
B. 300 kΩ
C. 200 kΩ
D. 100 kΩ

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.3 Opgave 15-3

Een multimeter heeft een gevoeligheid van 50 kΩ/V en staat op het 10V-bereik. De meteraanwijzing is 5 V. De eigen (inwendige) weerstand van de meter is:

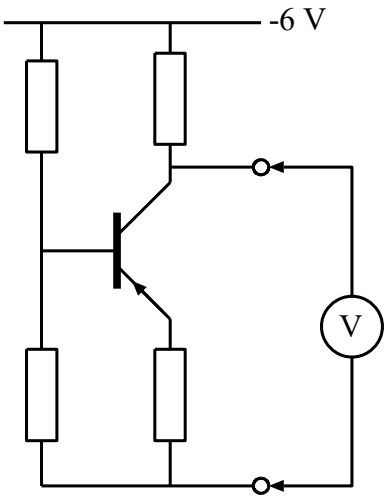
A. 5 MΩ
B. 250 kΩ
C. 100 kΩ
D. 500 kΩ

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.4 Opgave 15-4

In de schakeling wordt de collectorspanning van de transistor gemeten. De afwijking van de meter mag worden verwaarloosd. Welke meter veroorzaakt de kleinste meetfout?

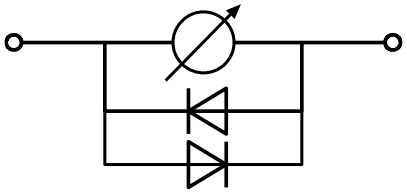


A. Een meter met een inwendige weerstand van 0,01 Ω
B. Een meter met een gevoeligheid van 10 kΩ/V
C. Een meter met 1 mA volle uitslag
D. Een meter met een inwendige weerstand van 1,5 MΩ

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.5 Opgave 15-5



Over een draaispoelmeter worden vaak twee dioden in tegengestelde stroomrichting parallel geschakeld. Dat is bedoeld om:

A. De meter geschikt te maken voor het meten van wisselstroom
B. De meter zo goed mogelijk lineair te maken
C. De meter te beveiligen tegen overbelasting
D. De meter geschikt te maken voor het meten van wisselspanning

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.6 Opgave 15-6

Het belangrijkste bestanddeel van een kunstantenne voor een groot frequentiebereik is

A. Een ringkernbalun
B. Een inductie-arme weerstand
C. Een inductie- en capaciteitsarme bruggelijkrichter
D. Een draaicondensator voor het compenseren van parasitaire capaciteiten

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.7 Opgave 15-7

De juiste impedantieaanpassing van de zenderuitgang aan het antennesysteem wordt gecontroleerd met een

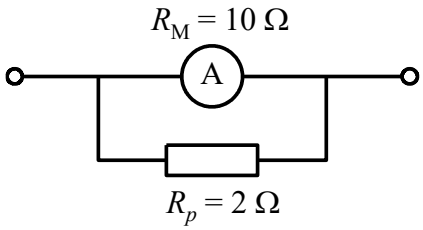
A. Staandegolfmeter tussen zenderuitgang en antenne
B. Staandegolfmeter over de antenne-aansluiting van de zender
C. Ohmmeter tussen zenderuitgang en antenne
D. Ohmmeter over de antenne-aansluiting van de zender

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.8 Opgave 15-8

De inwendige weerstand van een ampèremeter is 10 ohm. Parallel aan de meter wordt een weerstand van 2 ohm geschakeld. Met die schakeling is het meetbereik 12 mA. Het meetbereik van de meter zonder parallelweerstand is:



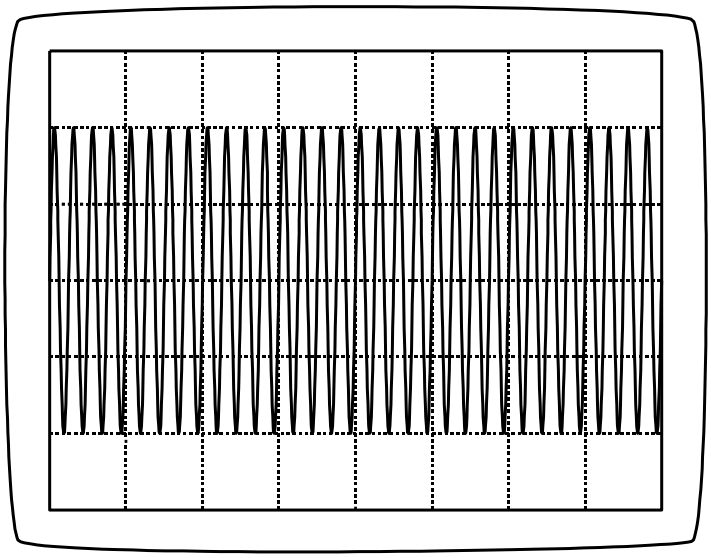
A. 10 mA
B. 1 mA
C. 2 mA
D. 4 mA

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.9 Opgave 15-9

Met een kunstantenne en een oscilloscoop wordt het uitgangsvermogen van een telegrafie-zender (CW) bepaald. De weerstand van de kunstantenne is 50 ohm. De gevoeligheid van de oscilloscoop is ingesteld op 20 V per schaaldeel. De figuur toont het oscilllogram.



Het uitgangsvermogen bedraagt

A. 4 W
B. 160 W
C. 40 W
D. 16 W

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.10 Opgave 15-10

In een frequentieteller bepaalt een kristal van 100 kHz de meettijd. Het kristal heeft een afwijking van 1 Hz. Met de frequentieteller wordt de frequentie van een signaal op 29 MHz gemeten. De meetfout bedraagt:

A. 29 Hz
B. 58 Hz
C. 290 Hz
D. 5,8 Hz

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.11 Opgave 15-11

Het belangrijkste kwaliteitskenmerk van een HF-signaalgenerator is

A. Een nauwkeurig instelbare signaalverzwakker
B. Een laag stroomverbruik
C. Een signaaloutput met hoog vermogen
D. Een groot aantal beschikbare golfvormen

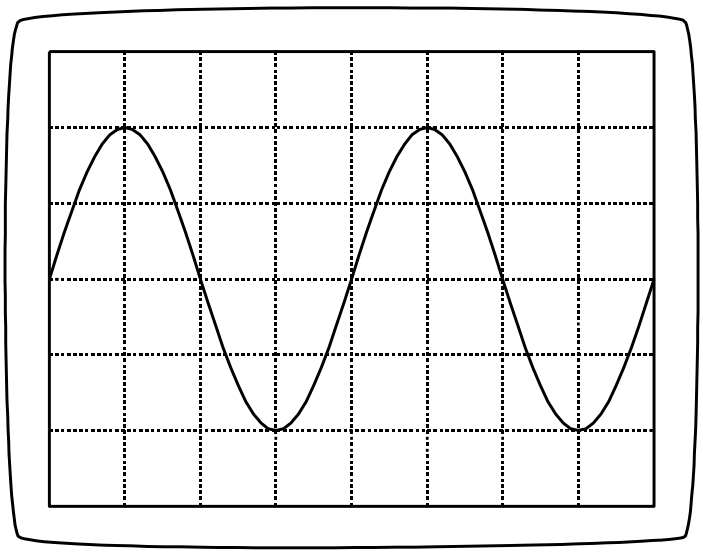
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.12 Opgave 15-12

De tijdbasis van de oscilloscoop is ingesteld op 10 microseconden per schaaldeel. De frequentie van de aangelegde spanning is:

A. 40 kHz
B. 25 kHz
C. 400 kHz
D. 250 kHz



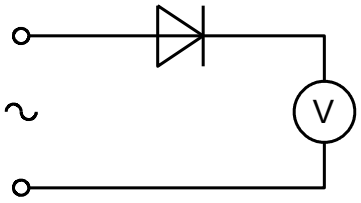
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.13 Opgave 15-13

Een draaispoelmeter, geijkt voor gelijkspanning, wordt via een gelijkrichter aangesloten op een sinusvormige wisselspanning met een effectieve waarde van 10 volt.

De meter zal dan ongeveer aanwijzen:



A. 9,0 V
B. 7,1 V
C. 14 V
D. 4,5 V

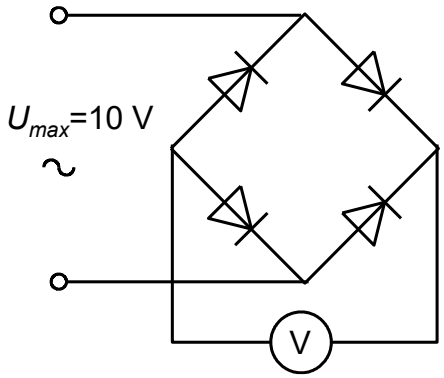
Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.11.14 Opgave 15-14

Een voor gelijkspanning geijkte draaispoelmeter wordt via een diodebrug aangesloten op een sinusvormige wisselspanning met U_{max} = 10 V. De diodes worden ideaal verondersteld. De meter zal dan ongeveer aanwijzen:

A. 7,07 V
B. 6,37 V
C. 3,2 V
D. 10 V



Antwoord gevonden? Naar de uitwerking

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12 Uitwerkingen van de opgaven

15.12.1 Uitwerking van Opgave 15-1

Stelling 1. Een voltmeter moet een hoge impedantie hebben om de te meten spanning zo min mogelijk te beïnvloeden

Stelling 2. Een ampèremeter moet een hoge impedantie hebben om de te meten stroom zo min mogelijk te beïnvloeden

Welke van de twee stellingen is juist:

A. Geen van beide stellingen
B. Alleen stelling 1
C. Alleen stelling 2
D. Beide stellingen

Uitwerking

Stelling 1 is juist, want de te meten spanning staat **over** de voltmeter. Een voltmeter beïnvloedt de te meten spanning minder, naarmate er minder stroom door de meter loopt, of met andere woorden: naarmate de inwendige weerstand of impedantie van de meter hoger is. Hiermee vervallen de antwoorden A en C.

Nu stelling 2. De te meten stroom moet **door** de ampèremeter lopen. Om die stroom zo min mogelijk te beïnvloeden, moet de meter bij voorkeur een weerstand (impedantie) van 0 ohm hebben. In de praktijk: een zo laag mogelijke weerstand (impedantie). Stelling 2 is dus fout.

Conclusie: alleen stelling 1 is goed en dat is antwoord B.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.2 Uitwerking van Opgave 15-2

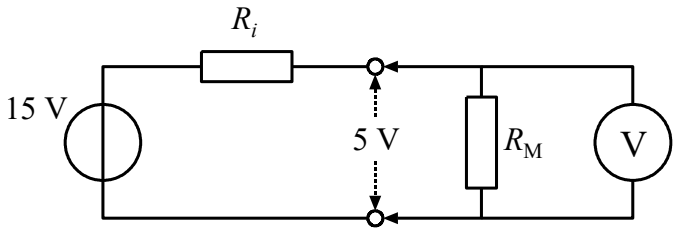
Een universeelmeter in voltmeterstand heeft een gevoeligheid van 20 kΩ/V. De meter wordt op het meetbereik van 10 V ingesteld en aangesloten op een spanningsbron met onbekende inwendige weerstand en een EMK van 15 V. De meter wijst nu 5 V aan.

De inwendige weerstand van de bron bedraagt

A. 400 kΩ
B. 300 kΩ
C. 200 kΩ
D. 100 kΩ

Uitwerking

We maken eerst een tekening met de vervangingsschema's van de bron met inwendige weerstand R_i en de meter met inwendige weerstand R_M.



Weerstand R_M wordt berekend uit de metergevoeligheid van 20 kΩ/V en het ingestelde meetbereik van 10 V volgens

$$R_M = 20\frac{\text{k}\Omega}{\text{V}} * \ 10\ \text{V} = 200\ \text{k}\Omega$$

Over de voltmeter met weerstand 200 kΩ staat 5 V. Dan moet over de weerstand R_i een spanning staan van $15\ \text{V} - \ 5\ \text{V} \ = \ 10\ \text{V}$, want door beide weerstanden loopt dezelfde stroom. Dan geldt voor R_i

$$R_i \ = \frac{10}{5} * R_M = 2R_M = 400\ \text{k}\Omega$$

Dat is antwoord A.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.3 Uitwerking van Opgave 15-3

Een multimeter heeft een gevoeligheid van 50 kΩ/V en staat op het 10V-bereik. De meteraanwijzing is 5 V. De eigen (inwendige) weerstand van de meter is:

A. 5 MΩ
B. 250 kΩ
C. 100 kΩ
D. 500 kΩ

Uitwerking

De eigen of inwendige weerstand van een multimeter is altijd gevoeligheid maal schaalbereik, dus in dit geval

$$50\,\frac{\text{k}\Omega}{\text{V}} * \ 10\ \text{V} = 500\ \text{k}\Omega$$

En dat is antwoord D.

Opmerking

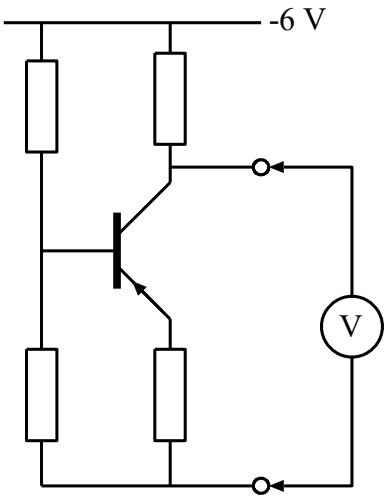
De meteraanwijzing is een overbodig gegeven, zoals dat op het zendexamen af en toe ook voorkomt. Daarmee wordt geëxamineerd of je weet welke gegevens je wel en niet nodig hebt.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.4 Uitwerking van Opgave 15-4

In de schakeling wordt de collectorspanning van de transistor gemeten. De afwijking van de meter mag worden verwaarloosd. Welke meter veroorzaakt de kleinste meetfout?



A. Een meter met een inwendige weerstand van 0,01 Ω
B. Een meter met een gevoeligheid van 10 kΩ/V
C. Een meter met 1 mA volle uitslag
D. Een meter met een inwendige weerstand van 1,5 MΩ

Uitwerking

Voor een zo nauwkeurig mogelijke meting moet een voltmeter een zo hoog mogelijke inwendige weerstand hebben. Die veroorzaakt de kleinst mogelijke afwijking van de gemeten waarde ten opzichte van de werkelijke waarde. De meter van antwoord D voldoet daaraan het best.

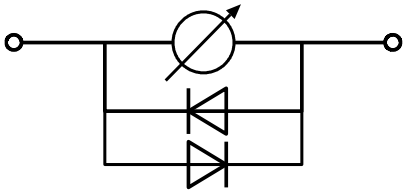
Opmerking

De meter van 10 kΩ/V (antwoord B) zou bij de gegeven spanning waarschijnlijk in het 10 V bereik zijn gezet Die heeft dan een inwendige weerstand van 100 kΩ. Die blijft daarmee ver achter bij de 1,5 MΩ van de meter in antwoord D.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.5 Uitwerking van Opgave 15-5



Over een draaispoelmeter worden vaak twee dioden in tegengestelde stroomrichting parallel geschakeld. Dat is bedoeld om:

A. De meter geschikt te maken voor het meten van wisselstroom
B. De meter zo goed mogelijk lineair te maken
C. De meter te beveiligen tegen overbelasting
D. De meter geschikt te maken voor het meten van wisselspanning

Uitwerking

Het enige doel van de twee dioden is, de meter te beschermen tegen zware overbelasting. Dat gebeurt door de drempelspanning van een diode. Voor Si-transistoren is die 0,7 V, voor Ge-dioden 0,2 à 0,3 V. Beneden die spanningen geleiden de dioden niet, daarboven wel. Zo wordt een te hoge stroom om de meter geleid. Het juiste antwoord is dan ook C.

Opmerkingen

Omdat de spanning over een draaispoelmeter voor volle uitslag vaak (ruim) onder de 100 mV ligt en de overbelasting hooguit 300% mag zijn, is deze bescherming niet altijd helemaal afdoende.

Meestal wordt in verband met draaispoelmeters over stroom en niet over spanning gesproken, want een draaispoelmeter is eigenlijk een stroommeter.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.6 Uitwerking van Opgave 15-6

Het belangrijkste bestanddeel van een kunstantenne voor een groot frequentiebereik is

A. Een ringkernbalun
B. Een inductie-arme weerstand
C. Een inductie- en capaciteitsarme bruggelijkrichter
D. Een draaicondensator voor het compenseren van parasitaire capaciteiten

Uitwerking

Het enige zinnige antwoord in dit rijtje is de weerstand die zo min mogelijk zelfinductie mag hebben. Antwoord B.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.7 Uitwerking van Opgave 15-7

De juiste impedantieaanpassing van de zenderuitgang aan het antennesysteem wordt gecontroleerd met een

A. **Staandegolfmeter tussen zenderuitgang en antennekabel**
B. Staandegolfmeter over de antenne-aansluiting van de zender
C. Ohmmeter tussen zenderuitgang en antennekabel
D. Ohmmeter over de antenne-aansluiting van de zender

Uitwerking

De impedantie-aanpassing van zender aan antennesysteem (antennesysteem is antenne plus voedingslijn) wordt bepaald met behulp van een staandegolfmeter (SWR-meter) tussen zenderuitgang en antennesysteem, want het signaal naar de antenne moet door het apparaat. Zendereindtrap, SWR-meter, antennekabel en antenne staan *in deze volgorde* in serie. Antwoord A.

Opmerking

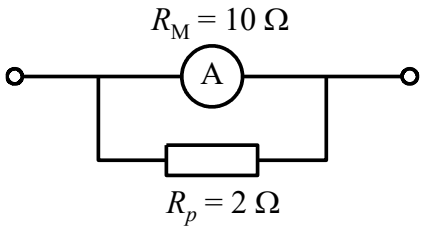
Met een ohmmeter valt hier niets te beginnen. Die werkt met gelijkspanning en -stroom.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.8 Uitwerking van Opgave 15-8

De inwendige weerstand van een ampèremeter is 10 ohm. Parallel aan de meter wordt een weerstand van 2 ohm geschakeld. Met die schakeling is het meetbereik 12 mA. Het meetbereik van de meter zonder parallelweerstand is:



A. 10 mA
B. 1 mA
C. 2 mA
D. 4 mA

Uitwerking

We kunnen natuurlijk de weerstand van de hele schakeling uitrekenen en via die weg tot de gevraagde uitkomst komen.

Maar het kan ook gemakkelijker (vindt uw schrijver).

De stromen door elk van de twee elementen zijn omgekeerd evenredig met de weerstand. We noemen ze I_M voor de meter en I_R voor de weerstand. Dan hebben we

$$I_M : I_R = \frac{1}{10} : \frac{1}{2} = 2:10 = 1:5$$

Door de meter gaat bij volle uitslag 1 deel van de stroom en door de weerstand 5 delen, samen 6 delen. 1 deel staat dan voor

$$\frac{12\ \text{mA}}{6} = 2\ \text{mA}$$

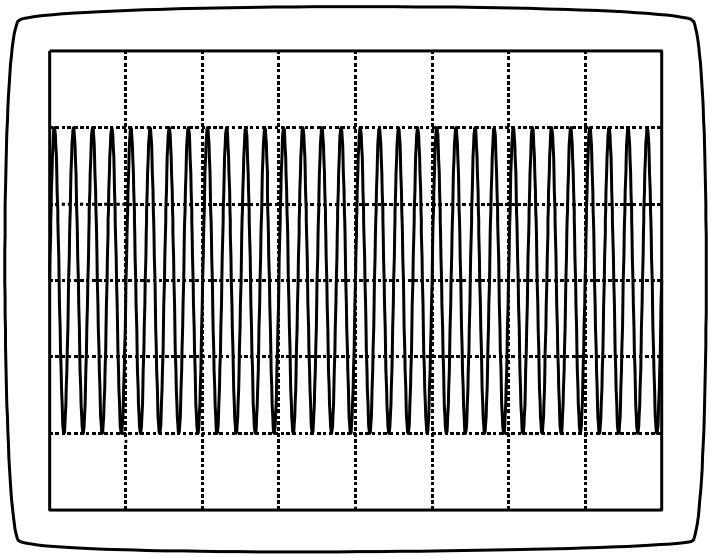
De meter verwerkt 1 deel van de 6 en krijgt daarmee volle uitslag. Dat ene deel is 2 mA. De meter zonder parallelweerstand heeft daarom een bereik van 2 mA. Antwoord C.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.9 Uitwerking van Opgave 15-9

Met een kunstantenne en een oscilloscoop wordt het uitgangsvermogen van een telegrafie-zender (CW) bepaald. De weerstand van de kunstantenne is 50 ohm. De gevoeligheid van de oscilloscoop is ingesteld op 20 V per schaaldeel. De figuur toont het oscilllogram.



Het uitgangsvermogen bedraagt

A. 4 W
B. 160 W
C. 40 W
D. 16 W

Uitwerking

We rekenen eerst de effectieve spanning van het signaal uit. Omdat het om een draaggolf gaat, is het uitgangssignaal sinusvormig. Het signaalspoor op het scherm is 4 schaaldelen hoog. Dan bedraagt de amplitude 2 schaaldelen is 2*20 V is 40 V.

Voor de effectieve waarde U_{eff} geldt dan

$$U_{eff} = \frac{40\ \text{V}}{\sqrt{2}}$$

Het vermogen P is U_{eff}^2 / R waarbij $R = 50\ \Omega$. Dat levert

$$P = \frac{40^2}{2 * 50}\text{W} = \frac{1600}{100}\text{W} = 16\text{W}$$

Dat is antwoord D.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.10 Uitwerking van Opgave 15-10

In een frequentieteller bepaalt een kristal van 100 kHz de meettijd. Het kristal heeft een afwijking van 1 Hz. Met de frequentieteller wordt de frequentie van een signaal op 29 MHz gemeten. De meetfout bedraagt:

A. 29 Hz
B. 58 Hz
C. 290 Hz
D. 5,8 Hz

Uitwerking

De kristalfrequentie is 100 kHz. In Hz is dat 10^5 Hz. De afwijking van de kristalfrequentie van 1 Hz is dan $^1/_{10^5} = 10^{-5}$ maal de kristalfrequentie. De meting heeft dan verhoudingsgewijs dezelfde afwijking, 10^{-5} maal de gemeten frequentie van 29 MHz. 29 MHz is hetzelfde als $29 * 10^6$ Hz. De afwijking op de gemeten frequentie is dan:

$$10^{-5} * 29 * 10^6 \text{ Hz} = 29 * 10 \text{ Hz} = 290 \text{ Hz}$$

Antwoord C is goed.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.11 Uitwerking van Opgave 15-11

Het belangrijkste kwaliteitskenmerk van een HF-signaalgenerator is

A. **Een nauwkeurig instelbare signaalverzwakker**
B. Een laag stroomverbruik
C. Een signaaloutput met hoog vermogen
D. Een groot aantal beschikbare golfvormen

Uitwerking

Een HF-signaalgenerator moet in de eerste plaats een signaal van nauwkeurige amplitude kunnen leveren, inclusief heel zwakke signalen, omdat de ingangsgevoeligheid van ontvangers moet kunnen worden gemeten. Dat betekent antwoord A.

Opmerkingen

Een laag stroomverbruik is altijd prettig, maar voor het doel van een signaalgenerator geen “must”.

Output met hoog vermogen is in dit geval nergens voor nodig en kan zelfs hinderlijk zijn.

Meten aan zenders en ontvangers betekent werken met sinussen. Een blokgolf kan wel eens handig zijn om te zien wat er met harmonischen gebeurt, maar die kunnen ook afzonderlijk als sinus worden toegevoerd.

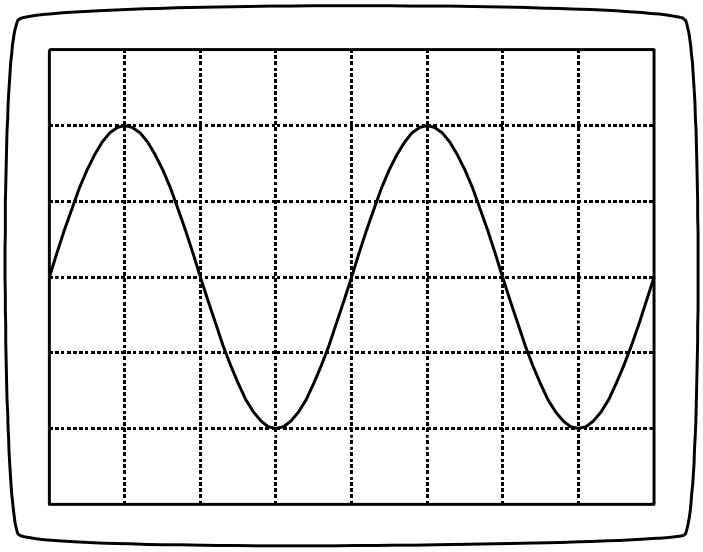
Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.12 Uitwerking van Opgave 15-12

De tijdbasis van de oscilloscoop is ingesteld op 10 microseconden per schaaldeel. De frequentie van de aangelegde spanning is:

A. 40 kHz
B. 25 kHz
C. 400 kHz
D. 250 kHz



Uitwerking

Het scherm heeft horizontaal 8 schaaldelen. Als 1 schaaldeel 10 µs voorstelt, is het hele scherm 80 µs. In die 80 µs vallen 2 volle perioden van het signaal. 1 periode is daarom 80 µs gedeeld door 2 is 40 µs lang. Dus periodetijd T = 40 µs.

We hebben in hoofdstuk 5 geleerd dat voor de frequentie f geldt:

$$f = \frac{1}{T}$$

40 µs is hetzelfde als 40 * 10^{-6} s. Dan geldt voor de frequentie f

$$f = \frac{1}{40 * 10^{-6}}\text{Hz} = \frac{10^6}{40}\text{Hz} = 25000\text{ Hz} = 25\text{ kHz}$$

Dat is antwoord B.

Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

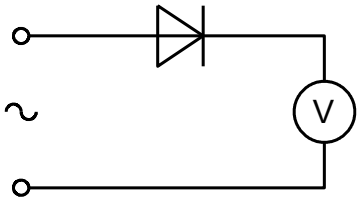
© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.13 Uitwerking van Opgave 15-13

Een draaispoelmeter, geijkt voor gelijkspanning, wordt via een gelijkrichter aangesloten op een sinusvormige wisselspanning met een effectieve waarde van 10 volt.

De meter zal dan ongeveer aanwijzen:

A. 9,0 V
B. 7,1 V
C. 14 V
D. 4,5 V



Uitwerking

We zien enkelfasige gelijkrichting. De draaispoelmeter die is geijkt voor gelijkspanning, zal de gemiddelde waarde aanwijzen van een enkelfasig gelijkgerichte sinusspanning met een effectieve waarde van 10 V. De vraag is in vertaling: bereken de gemiddelde waarde van een sinus met een effectieve waarde van 10 V.

De maximale waarde is $10\sqrt{2}$ V. Om de gemiddelde waarde van 1 positieve periodehelft, gevolgd door een lege periodehelft vinden we door vermenigvuldigen met $^1/_\pi$ en dat is $^{10\sqrt{2}\ \mathrm{V}}/_\pi \approx 4{,}5$ V. Antwoord D.

Opmerking

Voor een dubbelfasige gelijkrichting had $10\sqrt{2}$ V moeten worden vermenigvuldigd met $^2/_\pi$. Dat zou geleid hebben tot antwoord A, 9 V.

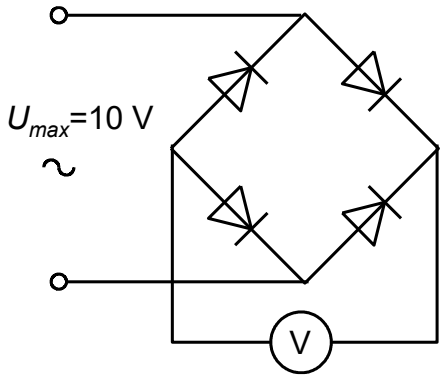
Terug naar de opgave Naar de volgende opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.

15.12.14 Uitwerking van Opgave 15-14

Een voor gelijkspanning geijkte draaispoelmeter wordt via een diodebrug aangesloten op een sinusvormige wisselspanning. De diodes worden ideaal verondersteld. De meter zal dan ongeveer aanwijzen:

A. 7,07 V
B. 6,37 V
C. 3,2 V
D. 10 V



Uitwerking

Hier staat de maximale spanning al klaar voor bewerking. Het gaat om een draaispoelmeter. Dan moeten we niet de effectieve spanning, maar de gemiddelde *gelijkgerichte* spanning hebben. De gelijkrichting is dubbelfasig. Om de gemiddelde spanning te vinden moeten we dan de maximale spanning met $^{2}/_{\pi}$ vermenigvuldigen en niet met $^{1}/_{\pi}$ zoals bij de enkelfasig gelijkgerichte spanning in de vorige opgave.

Daar gaat-ie: $^{2}/_{\pi} * 10\ \text{V} = {}^{20\ \text{V}}/_{\pi} \approx 6{,}37$ V. Antwoord B.

Terug naar de opgave

© 2021-2026, Vereniging van RadioZendAmateurs VRZA.