

Multimeter Tutorial.

Onmisbaar in onze hobby, maar als je er een zoekt dan is het aanbod enorm en het prijsverschil nog groter. Je koopt ze nieuwe van 2, 50 tot meer dan 8000 euro. Ik ga in dit tutorial proberen wat duidelijkheid te scheppen. Het lijkt misschien tijdens het lezen of ik wat tegen budget-meters heb maar ik geef alleen maar weer hoe het zit. Conclusies mag de lezer zelf trekken. Wat je koopt moet je ook zelf weten. Je weet dan in ieder geval wel wat je koopt en of het is wat je **nodig** hebt. Want dat blijft het uitgangspunt.

Geschiedenis:

Eerst voor de geïnteresseerde een stukje geschiedenis. De Volt, als eenheid van spanning zo als wij hem nu kennen is niet altijd een zo strak gedefinieerde eenheid geweest. Zoals timmermannen hun duim gebruikte als “ongeveer” maat hadden de natuurkundige in die tijd ook de behoefte aan iets als referentie. Dat werd de Daniell Voltcel. De oervader was de zuil van Volta. Maar de standaard Voltcel was soort chemische batterij, meestal in een glazen behuizing, die niet goed was in stroom leveren maar wel lang zijn spanning vast hield en ook goeds reproduceerbaar was.

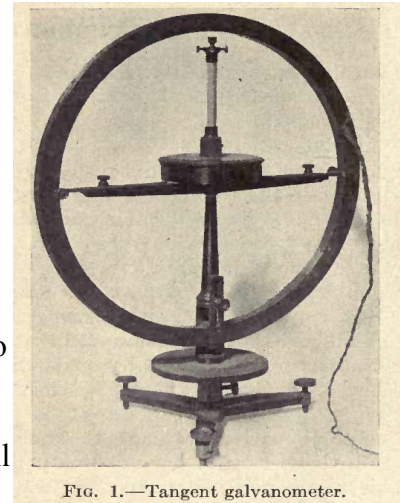


Fig. 1.—Tangent galvanometer.



Afijn, we hadden een Volt, dat praat wat makkelijker en je kan dingen gaan vergelijken maar je wil hem ook meten. Dat deed men in die tijd heel anders dan wij dat nu doen. In 1800, voor de Voltcel, had men het ook niet over Volt maar over EMF. Deze werd gemeten met een Galvanometer. Een nogal mechanisch apparaat met spiegeltjes, lenzen en stelschroefjes. Mooi gebouwd, maar niet zo betrouwbaar. De eerste meer betrouwbare variant was de quadrant electrometer van Lord Kelvin. De electronica ontwikkelde zich en er kwam behoefte aan een “strakker” gedefinieerde Volt. Dat was rond 1850. EMF (daarom ook de letter E ipv V in de Engelse taal) werd afgeleid van de basis eenheden; tijd, massa en lengte en Kelvin heeft toen daarmee gemeten dat waarde van de toenmalige Standaard Voltcel 10.000.000 cgs em units

was.

Een beetje lastig in gebruik dus naast deze officiële afleiding als referentie werd het Volt, Ampere en Ohm stelsel daarop afgestemd en praktisch gebruikt. De standaard cel ontwikkelde zich verder (hier links boven de Weston cel, tot laat in de jaren 70 in gebruik geweest als “de” referentie. En zo ook de meters, een voortgaande ontwikkeling die eerst resulteerde in Thomson's Galvanometer (hiernaast), later de praktische draaispoelmeter en nog later de digitale instrumenten zoals we ze nu kennen. De laatste 50-60 jaar hadden we de buisvoltmeter, de analoge passieve AVO (ampere Volt Ohm-meter) en later de digitale tafel- en hand-multimeter. Daarnaast nog veel specifieke meters gespecialiseerd in een

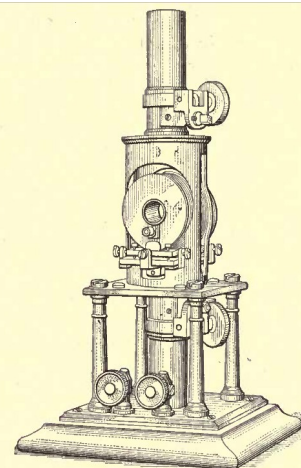


Fig. 4.—The original Thomson galvanometer used on board the Niagara in 1858, the first instrument by which a signal was received through a transatlantic cable.

van die grootheden.

Het Heden en recente verleden:

We gaan het eerst eens indelen in soorten. Dat is wel handig als je op zoek bent naar een gebruikte of nieuwe meter.

VTVM,:

Vacuum tube voltmeter. Een analoog instrument, dus met een wijzerplaat wat werkt met buizen. Ze worden door liefhebbers van audio nog vaak gebruikt. Ze hebben namelijk het voordeel dat de ingangsimpedantie heel hoog is. Daarop kom ik later terug. En analoog is makkelijk bij afregelen. Je ziet snel of je de goede kant op gaat. Het nadeel is dat ze redelijk lang moeten opwarmen. Meestal kon je er alleen spanning en weerstand mee meten. Er waren ook versies die stroom konden meten. Zoals de AVO CT-38, een beul van een meter die ook vermogen kon meten.

Hiernaast de beroemde HP410. Een van de toppers. Ook Philips heeft veel VTVM's gemaakt. Een gebruikte werkende VTVM koop je voor weinig geld. Van een 10 euro tot misschien 40 euro voor iets speciaals en verzamelaars objecten daargelaten. De meetsnoeren zijn daar niet altijd universeel. Kijk daar dus naar. Sommige hebben speciale connectors (coaxiaal) en deze HP heeft bv vaste snoeren. De CT38 een afwijkende busmaat. Net groter dan een huidige banaanstekker. Zonder die meetsnoeren heb je dus mogelijk een probleem. Ze zijn ook uni-polair en niet auto-range. Je moet dus bij 400V niet per ongeluk het 1V bereik aan hebben of de plus en min omdraaien. Dan kletst de meter heel hard de verkeerde kant op. Veel meters waren wel erg goed beveiligd.



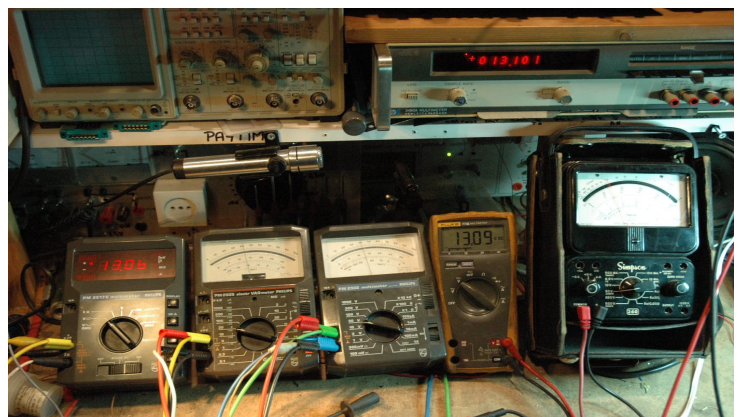
De analoge passieve meter:

De meest bekende is ongetwijfeld de AVO 8, hiernaast in een heel speciale braille uitvoering. Dit soort meters was ideaal voor de mobiele monteur, niet afhankelijk van netspanning, geen opwarm tijd, goedkoper en ook in heel compacte uitvoeringen verkrijgbaar. Maar geen voordeel zonder nadeel. De ingangsimpedantie was veel lager, voor het meeste gewone service werk geen probleem zolang je er maar rekening mee hield, alhoewel veel gebruikers geen idee hadden over de effecten daarvan. Meetsnoeren werden al wat universeler. Meestal heel gevoelig qua stroom meting. De draaispoelmeter is tenslotte een stroommeter van oorsprong. We zetten dus spanning om in stroom. Dat werkt bij digitale meters anders. Ze hebben meestal een laag Burden voltage (ook dat komt nog)



Nu veelal verzamelaars objecten. Er zijn echter tussen vormen. Actieve analoge meters. Bv de Philips serie zoals hiernaast is nu nog erg gewild. Dit zijn eigenlijk al digitale meters maar de electronica stuurt nog wel een wijzer aan. De linkse is met LED display, die twee er naast zo'n tussenvorm. Helemaal rechts een passieve Simpson, de Amerikaanse tegenhanger van het Engelse merk AVO. Daar zie je ook mooi hoeveel kleiner ze geworden zijn. De Simpson is al kleiner dan de AVO8.

De analoge meters kregen ook meer toeters



en bellen zoals diode test, doorpiepers en transistortest mogelijkheden. Ook kwam er steeds vaker een polariteit indicatie. De Philips naast die met de rode Leds heeft daarvoor een klein apart metertje midden onder in de hoofdschaal.

Je moest niet vergeten de meter uit te zetten want dan was de batterij, of vaak meerdere, zo op. De passieve meter heeft vaak ook batterijen maar die zijn alleen voor weerstandmeting nodig en de andere bereiken gebruiken hem niet.

De analoge en buisvoltmeters waren met betrekking tot wisselspanning en stroommeting wat gehandicapt. Vaak moest dat door een extra, externe diode-probe. Het was een peak meting maar de schaal was in RMS. Maar door dat externe kopje konden ze vaak wel honderden MegaHertzen meten. Later werd het intern gebouwd maar ging het frequentiebereik omlaag. Ook kwamen er voor AC de zogenaamde True RMS meters (wordt allemaal nog uitgelegd). Een oudere analoge meter koop je voor grofweg het zelfde bedrag als een VTVM. Goede betrouwbare meters die nog regelmatig opduiken zijn bv Unigor of Philips.

Helemaal digitaal:

Zo ergens in de jaren 70 verschenen de eerste digitale meters.

Grofweg twee smaken.

Eerst als opvolger van de buisvoltmeter, maar nu bench of **tafel multimeter** genoemd. Bedoeld voor in het laboratorium of electronica werkplaats.

De eerste hadden vaak nixiebuisjes als uitlezing, maar er waren ook andere varianten voor de LED oprukte. Daarna vergezeld door het LCD scherm en VFD display.

De eerste LCD's hebben een nadeel waar je even op moet letten. Een kleine kijkhoek en geen achtergrond verlichting. De Philips hiernaast is overigens geen gewone tafelmultimeter. Deze nixie meter kan bv nA en Gohms meten.

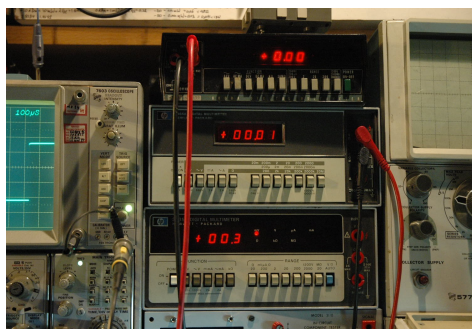


De digitale naar ook de tussenvorm, had ook een hogere ingangsweerstand. De standaard werd zo'n beetje 10MOhm. Heel wat meer dan de passieve meter maar minder als veel buisvoltmeters.



Het varieerde van redelijk compacte apparaten als de Fluke 8000 en HP3435 zoals links onder op de foto tot halve computers in 19" rack behuizingen zoals de bijzondere Fluke 8500 hierboven.

Tegenwoordig zijn er nog van dit soort bakbeesten, maar dat zijn dan bv 8,5 digit instrumenten voor heel speciale toepassingen. De gemiddelde bench meter is nu compact en vaak transportable. Zoals de Keithley 2000 hieronder. Prijzen liggen hier verder uiteen ivm leeftijd en mogelijkheden.



Voor het bedrag wat je voor een 10 jaar oude 8,5 digit Agilent 3458A moet neerleggen kun je een paar nieuwe Agilent 34401A's 6,5 digit meters kopen.



Maar voor een oudere 3,5 digit benchmeter van bv Fluke of HP moet je vanaf een 20 tot 40 euro kunnen slagen. Nog steeds velen malen beter in prestatie en betrouwbaarheid als een nieuwe multimeter van die prijs. De prijs wordt vooral bepaald door de accurate en het aantal digits. Hoe meer digits, hoe hoger de prijs. Uiteindelijk werden er ook veel meer 3,5 digit meters verkocht dan 8,5 digit varianten. Het aanbod is dus groter. Een nieuwe Benchmeter van een A-merk koop je grofweg van af een 250 euro, waarschijnlijk al wel goedkoper van Chinese merken die zich nu ook op deze markt beginnen te begeven. Ook hier geldt, meer digits, hogere prijs. Nieuw zijn ze bijna allemaal 4,5 tot 6,5 digits. De Agilent hierboven met 8,5 digits is wel zo'n beetje de top. Er zit een enorm gat tussen 6,5 en 7,5 digits. Dat scheelt zo een factor 4 in prijs. 10UV meten is nog wel met "eenvoudige" middelen te doen maar zodra je de nanoVolts in duikt zit je op de grens (johnson noise) van het nog net meetbare, en alleen dmv heel speciale technieken en exotische materialen. Daar hang je ook niet een paar pvc meetsnoertjes aan. De top in 6,5 digit benchmeters is klein. Je praat bij nieuwe meters over Agilent (model 34410), Fluke (model 8845) en Keithley(model 2000), net er onder TTI, en Hameg en vast nog wat meer merken. Dus wat kost een benchmeter? Ergens tussen de twee tientjes en 8000 euro.

De andere smaak is de **hand multimeter**. Deze zijn er in ontelbare uitvoeringen en prijsklassen. Hier is het veel moeilijker een keuze te maken. De nieuwprijzen variëren van 2,50 tot wel 1000 euro. Is de goedkoopste benchmeter, op dit moment (maar dat gaat veranderen), altijd nog een degelijk kwaliteitsproduct, het grootste deel van de gewone multimeters op de markt valt onder de categorie speelgoed cq troep. Leuk om even te meten of er ergens spanning staat maar dan heb je het wel gehad. Straks zul je zien hoe je dat zelf kan beoordelen. Heel grofweg neemt het aantal

functies eerst toe met de prijs, daarna worden ze duurder met minder functies en daarboven neemt het aantal functies weer toe. Dat maakt het zo lastig. De grote speler op deze markt is Fluke, vooral gericht op stevig en zwaar gebruik. Bv in de industrie of op de bouwplaats. Agilent is een andere grote die vooral gericht is richting laboratorium of electronica werkplaats. Dus niet om in een gereedschapskist gemikt te worden. Maar er zijn nog



veel meer goede merken.

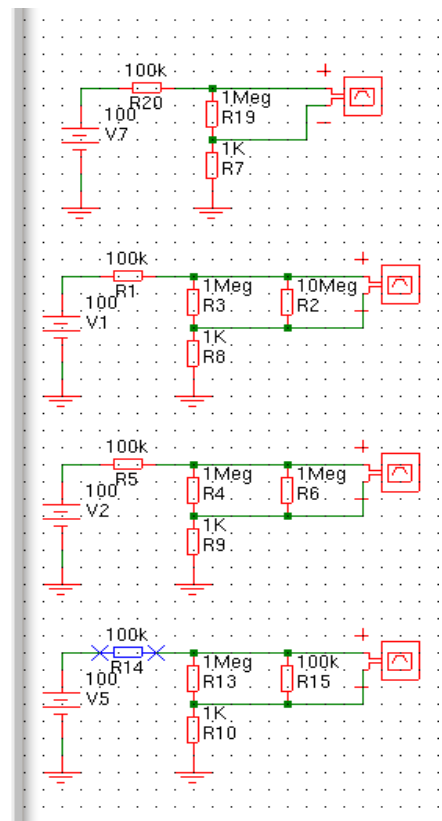
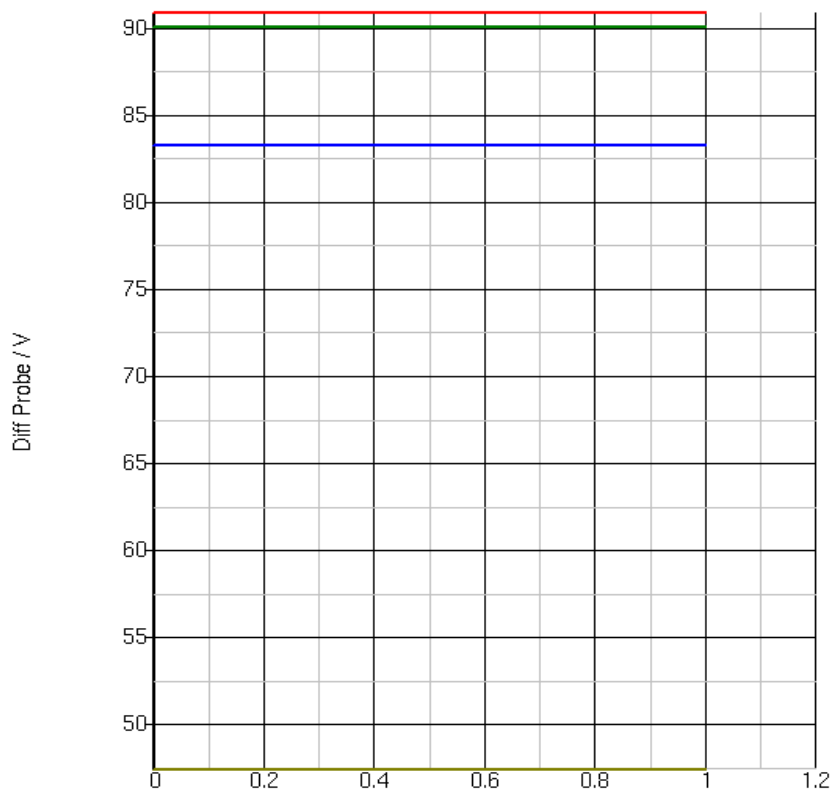
Op de foto zie je een moderne 50.000 count Agilent, daarnaast de “bekende” Fluke 77 in de gele huiskleur en helemaal rechts een van de eerste digitale Flukes, de 8022.

Heel grof: onder de 50 euro (nieuw) is het speelgoed. Tussen de 50 en 100 euro heb je een “instrument” voor iemand die geen al te hoge eisen stelt. Van 100-150 euro koop je een top meter met niet te veel toeters en bellen of een flink aangeklede van een net-onder-de-top merk maar al een serieuze multimeter. Tussen de 150 en 250 een top-meter met naar mate de prijs stijgt steeds meer extra functies. Omdat het voor de meeste lezers van dit tutorial om algemeen gebruik gaat laat ik andere groepen als navovolt meters, electrometers, null-meters, speciale stroommeters, sourcemeters enz hier weg. De doelgroep daarvoor heeft dit tutorial niet nodig ;-). Daarom zal ik nu eerst het een en ander uitleggen over de specs van een multimeter. Dus hoe lees je de folder of het datablad. Wat bedoelen ze met al die kreten. Om dat te weten is het wel handig dat je weet hoe je moet meten en wat je meet. Dit is niet bedoeld als een basiscursus meten maar een paar dingen zijn belangrijk.

Ten eerste iets wat veel mensen niet beseffen. Als je meet dan beïnvloedt je de schakeling. Jij en je meter gaan deel uit maken van de schakeling en dus veranderen er dingen. Er gaat bv stroom lopen door je meter, als dat heel weinig is tov wat er door het te meten punt loopt dan is het verwaarloosbaar maar als dat veel is dan wordt het wat anders. Stel er loopt maar 300nA door die weerstand en jou meter neemt 500nA op om om zelf te kunnen meten dan gaat er door dat deel van het circuit mogelijk 800nA lopen.

Hier een voorbeeld.

Stel je meet spanning over een 1 Mohm weerstand ergens in een schema. Zie hieronder. Bij een ideale multimeter met een oneindige weerstand en een waar dus geen stroom doorheen loopt, meet je in dit geval 90,826 V. Als je multimeter nu 10 Mohm is dan meet je 90,001V. Voor gemiddeld gebruik is 0,8V verschil niet echt een probleem. Dan zet je dus 10 Meg parallel met 10 Meg. Samen is dat 5 Meg. Maar als de load waarover je meet nog hoogohmiger is, of de meter laagohmiger, zoals een analoge meter, wordt het verschil groter. Bij een 1 Mohm meter wordt het 83,195 V en bij een 100K meter meet je nog maar 47,371V. Dus ruim de helft van wat je verwacht te meten. Shit, denk je dan, er is iets erg fout in die schakeling terwijl het alleen maar je meter is.



Verder moet je in de gaten houden dat er soms dus wel die ongewenste stroom door de een meter moet lopen wil hij kunnen meten. Als je bv een trafo hebt met daaraan een diodebrug maar geen buffer elco en belasting, dus je meet direct achter de diode met een ideale meter met oneindig hoge weerstand dan zal er geen stroom door de meter lopen. Maar dus ook geen stroom door de diode. Door een diode moet echter een bepaalde minimale stroom lopen om hem in geleiding te brengen. Dat wil zeggen dat je met een 10MOhm meter iets heel anders zult meten dan met een 10GOhm meter.

Dan is er nog het feit dat je met probes meet waar meestal een goede meter snoer aanzit. Dat zijn twee mooie antennes welke de rotzooi uit de omgeving oppikken. Bij 10V zal dat weinig uitmaken maar bij 10uV gaat dat een aardige rol spelen. Hoe hoogohmiger het geheel wordt, hoe hoger de ruis in het hele systeem. Ook dat vertroebelt de meting.

Alsof dat nog niet genoeg is zijn er nog meer leuke effecten. Een verchroomde meetpen op geoxideerd koper kan zo een aantal mV opwekken. Dat heet thermoelectric effect. Zo wekt ook wrijving tussen een isolator en een geleider spanning op. Het triboelectrische effect. En er zijn er nog meer. Als je niet bezig bent met microVolts of milliVolts kan je dat allemaal weer vergeten. Het is maar om aan te geven dat er meer komt kijken bij goed meten dan veel mensen denken.

Dan nu de specs:

Je zult merken dat er enorme verschillen zijn tussen wat er in de folders staat. De ene fabrikant heeft pagina lange tabellen met specs. De ander komt niet verder dan 10 regels. Ga er maar van uit dat een goede meter een lange lijst geeft. Wat goed is wil je graag vermelden. Staat er iets niet in dan is dat vaak omdat het niet zo best is of ze vermelden alleen het beste cijfer. Je weet dan dus niet in welke situatie dat is. Hoe langer die lijsten, hoe meer kans dat de meter goed is.

Rin voor DC

Je zag dat de inwendige weerstand, ook wel Zin of Rin genoemd in de datasheets best belangrijk is. De gemiddelde digitale meter is tegenwoordig 10MOhm. Maar let op, die waarde is niet voor elk bereik gelijk. Meestal is er een bepaald bereik waarbij de spanning direct de meet schakeling in gaat. Hierbij zit er geen parallel weerstand en dan is de inwendige weerstand vaak veel hoger. Tenminste als ze heel gevoelige hoogohmige opamps gebruiken maar die zijn ook heel kwetsbaar dus dat vergt weer dure beveiligingen. Daarom staat er meestal per bereik een weerstand. Bv meer dan 10GOhm bij 100mV, 1V en 10V en 10MOhm bij de bereiken daarboven. Staat er alleen 10 MOhm dan is het de vraag wat hij doet bij lagere bereiken. Dat zou best wel eens (veel) minder dan 10 MOhm kunnen zijn.

Rin voor AC

Parallel aan de ingang zit ook nog (paracitaire) capaciteit (bv 100pF) en naarmate de frequentie stijgt wordt de reactantie van die capaciteit kleiner. Er lekt dus stroom door en de ingangsimpedantie van de meter neemt af maar tegelijk nemen de meetfouten toe. Een gangbare waarde bij goede meters is 1MOhm. Meestal wordt het hier niet per bereik opgegeven maar soms wel. Dan worden het lange lijsten omdat het ook frequentie afhankelijk is.

Accuratie

Dat heeft een link met calibratie. Calibratie is niets anders dan het instrument vergelijken met "een" standaard en opschrijven hoeveel de afwijking is. Justeren is het weer juist afstellen van het apparaat.

Een van de belangrijkste dingen; accuratie hoort per bereik en per tijd te worden aangegeven. Dus bv 1V bereik, 0,01%+/- 5 gedurende 24 uur, 0,015%+/-6 na 30 dagen enz, meestal tot een jaar. Maar daarbij speelt nog iets anders. Er bestaat zo iets als absolute accuratie en relatieve. Absoluut is

tov “de” standaard. De direct van tijd, lengte en massa afgeleide absolute grootheden. In Amerika bv bewaard bij het NIST, hier is dat VSL. Een relatieve accuratie is tov een secundaire of nog lagere standaard.

Als er niks bij staat is het de vraag hoe goed dus die cijfers werkelijk zijn. Een Keithley komt bv met een calibratie certificaat. Dat is de afwijking van het apparaat tov “hun” standaard. Bij dit soort firma's zijn die standards weer direct “tracable” zoals dat heet naar een absolute standaard.

Als het apparaat de deur uit gaat moet het binnen de gestelde norm voor accuratie vallen tov hun in huis standaard. Ga er maar van uit dat dat ook akelig goed klopt. Ook bij de topmodellen van andere merken is dat het geval. Maar stel je voor dat je 1000 multimeters per dag maakt, die 50 euro in de winkel gaan kosten. Die worden niet gecalibreerd. Het apparaat wordt ontworpen en gezien de tolerantie van de onderdelen en meting aan het testmodel zou de accuratie van het productiemodel X% moeten zijn. Daarna wordt het in massa in elkaar gezet en als er een afregelmogelijkheid zit dan wordt dat snel even gedaan mbv werkstandaardjes op de werkvloer. Deze worden, als het goed is, af en toe vergeleken met de fabriekstandaard welke op zijn beurt weer jaarlijks of vaker naar het nationaal instituut gaat.

Daarom staat daar vaak alleen maar bv 0,1% zonder te praten over bereiken en vaak niet eens over het soort meting. Ze zeggen dus helemaal niks. Net zoiets als tegenwoordig het aantal Watt bij audio installaties. Die cijfertjes zijn dus niet altijd direct vergelijkbaar.

Hieronder twee verschillende, de bovenste is de goedkoopste meter van Keithley en ongeveer 10x zo duur (1000 euro) als die eronder welke een van de duurdere modellen (<100 euro) van Uni-T, een chinees merk, is.

DC Characteristics

Conditions: MED (1 PLC) ¹ or SLOW (10 PLC) or MED (1 PLC) with filter of 10					Accuracy: ±(ppm of reading + ppm of range) (ppm = parts per million) (e.g., 10ppm = 0.001%)				
Function	Range		Resolution	Test Current or Burden Voltage	Input Resistance	24 Hour ¹⁴ 23°C ± 1°	90 Day 23°C ± 5°	1 Year 23°C ± 5°	Temperature Coefficient 0°–18°C & 28°–50°C
Voltage	100.0000	mV	0.1	µV	> 10 GΩ	30 + 30	40 + 35	50 + 35	2 + 6
	1.000000	V	1.0	µV	> 10 GΩ	15 + 6	25 + 7	30 + 7	2 + 1
	10.00000	V	10	µV	> 10 GΩ	15 + 4	20 + 5	30 + 5	2 + 1
	100.0000	V	100	µV	10 MΩ ±1%	15 + 6	30 + 6	45 + 6	5 + 1
	1000.000	V ⁹	1	mV	10 MΩ ±1%	20 + 6	35 + 6	45 + 6	5 + 1
Resistance ¹⁵	100.0000	Ω	100	µΩ	1 mA	30 + 30	80 + 40	100 + 40	8 + 6
	1.000000	kΩ	1	mΩ	1 mA	20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	10.00000	kΩ	10	mΩ	100 µA	20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	100.0000	kΩ	100	mΩ	10 µA	20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	1.000000	MΩ	1	Ω	10 µA	20 + 6	80 + 10	100 + 10	8 + 1
	10.00000	MΩ ^{11, 16}	10	Ω	700 nA // 10MΩ	150 + 6	200 + 10	400 + 10	70 + 1
	100.0000	MΩ ^{11, 16}	100	Ω	700 nA // 10MΩ	800 + 30	1500 + 30	1500 + 30	385 + 1
	Current	10.00000	mA	10	nA	< 0.15 V	60 + 30	300 + 80	500 + 80
100.0000		mA	100	nA	< 0.05 V	100 + 300	300 + 800	500 + 800	50 + 50
1.000000		A	1	µA	< 0.3 V	200 + 30	500 + 80	800 + 80	50 + 5
3.000000		A	10	µA	< 1 V	1000 + 15	1200 + 40	1200 + 40	50 + 5
Continuity 2W	1	kΩ	100	mΩ	1 mA	40 + 100	100 + 100	120 + 100	8 + 1
Diode Test	3.00000	V	10	µV	1 mA	20 + 6	30 + 7	40 + 7	8 + 1
	10.00000	V	10	µV	100 µA	20 + 6	30 + 7	40 + 7	8 + 1
	10.00000	V	10	µV	10 µA	20 + 6	30 + 7	40 + 7	8 + 1

Je ziet hier bij deze 6,5 digit meter in de 100mV range (max aflezing 199,999.9 mV) een resolutie van 0,1uV. Dat klopt ook want dat is het laatste digit. Kijken we naar een jaar dan is dat 50 en 35ppm. ppm is parts per million en als je dat door 10.000 deelt krijg je procenten. Dat is gelijk aan 0,005% van de meting en 0,0035% van de volle schaal. Dit is tov hun eigen standaard, tegen meerprijs kun je hem tegen een nationale standaard gecalibreerd krijgen. Reken er maar op dat die eigen standaard een goede is en dat hij wordt bijgehouden.

Dat betekent dat wanneer we 100mV op de display meten de echte waarde ergens tussen de 100,012 en 99,988 mV ligt. Ook de reactie op temperatuurverandering wordt getoond. Dit is een dure meter van een topmerk. Je ziet dat je hier dus al een onzekerheid van plus of min 12uV hebt. Dat zijn de in dit geval de laatste twee digits die je een indicatie geven van welke kant de waarde op veranderd en of hij veranderd maar niet hoe hoog die waarde precies is. In dit geval kun je dus met zekerheid zeggen dat het signaal 100,0 mV is en er een grote kans is dat het 100,00mV zou kunnen zijn. Hieronder vinden we bij deze 4,5 digit meter, voor de zelfde range, in dit geval 200mV genoemd

een waarde van 0,05%+5 digits. 199,99 is de maximale aflezing dus de resolutie is 0,01mV. Dat staat er dan ook netjes achter. Alleen is het hier de vraag, 0,05% tov wat. Dit komt uit China en is massaproductie maar laten we positief blijven en er van uitgaan dat de eindcontrole en afregeling in de fabriek net zo precies is en er overal perfect bijgehouden tertiaire standaards staan waar tegen dat gebeurd (dream on :-)) Dan betekent dat hier dat we bij 100mV op de display een waarde tussen de 100,10 en 99,90 mV meten. De laatste twee digits zijn in dit geval niet betrouwbaar maar het zal rond de 100mV liggen. Bij het A model is dat dan 100,18 en 99,82. Je ziet dat dat weinig verschil maakt. Die 5 en die 8 is namelijk hier een grote bepalende factor. Ander voorbeeld: 200 range en we meten 025.00V dat wordt bij model A dus plus min $0,025 + 0,08 = 0,105$ dus 25,10 (of ,11) tot 24,89 (of ,90) terwijl bij 180.00V het $0,18 + 0,08 = 0,26V$ wordt. Dat is in V een 2,5x zo grote afwijking als bij 25V, maar in percentage veel minder. Dat geeft allemaal niets, als je het maar weet en er rekening mee houdt. Als je alleen wil weten of er ongeveer 5V op de Vcc van een IC staat dan voldoet dat maar wil je een ADC afregelen of een referentie spanning precies op 5V zetten dan heeft het weinig zin. Je hebt dus altijd minstens een digit meer nodig dan je wil meten.

Detailed Accuracy Specifications

Accuracy: $\pm$ ([% of reading] + [number of least significant digits]), guarantee for 1 year.

Operating temperature: 18°C~28°C

Relative humidity: $\leq$ 75%RH

A. DC Voltage

Range	Resolution	Accuracy		Overload Protection	Input Impedance
		UT71A	UT71B		
200mV	0.01mV	±(0.1%+8)	±(0.05%+5)	1000V	Around 2.5GΩ
2V	0.0001V		±(0.08%+5)		Around 10MΩ
20V	0.001V				
200V	0.01V	±(0.15%+8)	±(0.1%+8)		
1000V	0.1V				

Er zijn genoeg meters waarbij de papieren accuratie zo laag is dat je eigenlijk van de bv 4,5 digits er 3 kan vergeten en alleen gebruikt om te kijken welke kant de spanning opgaat bij iets afregelen.

Over de absolute accuratie hebben we het dan maar niet.

Nu hebben we al wat getallen zien passeren. Er worden 3 soorten aanduidingen gebruikt. ppm, % en counts. Een meter die 1999 volle schaal heeft is een 2000 count meter. De accuratie kan in counts worden gegeven. Voorbeeld 50 count accuratie bij een 2000 count meter. Dan is 100.0 op het scherm 95.0 tot 105.0 in werkelijkheid.

ppm is parts per million en % oftewel procent wat parts per honderd betekent. Dat scheelt een factor 10.000 Dus 10ppm is 0,001%.

Verder staat er een eerste waarde. Dat is de correctie op wat er op je schermje staat en een tweede factor welke of een getal is wat je bij je uitlezing altijd nog extra moet corrigeren of een % van de volle schaal. Bij het voorbeeld hiervoor was dat dus een percentage van 200mV (OK, 199,99) of in het tweede geval een aantal counts wat je erbij moet tellen.

Maar het belangrijkste, wat zegt accuratie op zich? Vergeet niet, het is bijna altijd relatieve accuratie, op zich zelf zegt dat dus weinig, je moet hier op de reputatie van de fabriek afgaan. Als er een tijd bij staat weet je al iets meer, niet dat hij accurater is maar dat de accuratie die hij heeft ook nog enigszins stabiel is. Een multimeter gebruikt vaak een interne referentie waarmee hij zijn metingen vergelijkt. Bij alle batterij gevoede meters wordt op een gegeven moment de batterijspanning lager. De goede meters blijven tot een bepaalde spanning doormeten en zeggen dan

dat de batterij leeg is. De meting blijft zijn accurate houden. Er zijn echter veel goedkope meters die de batterij min of meer als referentie gebruiken. Ik heb er een gezien waarbij een weerstandsdeler deze referentie spanning bepaalde. De referentie zakt dan recht evenredig met de batterijspanning. Dat resulteert in veel te hoge meetwaarden, tot soms wel meer dan 3x te hoog, bij een leger wordende batterij. En dan vrolijk een accurate van 0,5% ofzo opgeven. Dat hoort 300% te zijn. Een meter waarbij je dit effect bemerkt is speelgoed en meer niet.

Digits:

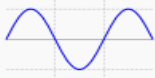
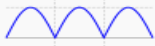
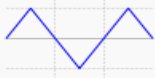


Je vindt twee aanduidingen, zoveel digits en zoveel count. Deze laatste methode is het mooist. Als de display 39900 kan weergeven (met ergens een punt nog tussen) is het een 40.000 count meter. Hij kan tot 40.000 “counten” Je noemen dat ook een 5 3/4e (of andere commercieel klinkende breuk) digit meter. De eerste digit loopt namelijk maar tot 3. Bij een 5,5 digit wordt de eerste max 1. Het plaatje is een 4000 count display.

resolutie:

Al even eerder aangestipt. Dat is de kleinste **verandering** in de meetwaarde die nog zichtbaar is. Dus bij 199,99mV is dat 0,01mV. Iets wat er op lijkt is sensitiviteit of **gevoeligheid** maar dat loopt niet altijd gelijk. De 0,01 gevoelige meter die 199,99 kan weergeven kan pas bij een 0,01 verandering reageren. Dus 112,142 is 112,14 maar 122,149 ook en pas het 112,13 of 112,15 wordt verspringt hij. Maar er zijn er bij die bv dan 0,005 doen. Dus bij 112,142 geeft hij 112,14 aan en wanneer het 112,147 wordt geeft hij 122,15 aan.

TRMS

Wave type	Waveform	Peak magnitude (normalized)	RMS value	Crest factor	Crest factor (dB)
DC		1	1	1	0.0 dB
Sine wave		1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707^{[1]}$	$\sqrt{2} \approx 1.414$	3.01 dB
Full-wave rectified sine		1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707^{[1]}$	$\sqrt{2} \approx 1.414$	3.01 dB
Half-wave rectified sine		1	$\frac{1}{2} = 0.5^{[1]}$	2	6.02 dB
Triangle wave		1	$\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.577$	$\sqrt{3} \approx 1.732$	4.77 dB
Square wave		1	1	1	0 dB
PWM-Signal		1	$\sqrt{\frac{t_1}{T}}^{[1]}$	$\sqrt{\frac{T}{t_1}}$	$20 \log \sqrt{\frac{T}{t_1}}$ dB

Bron: Wiki

Een meter kan wisselspanning of stroom meten in piek (peak) waarde of effectieve (RMS) waarde. Soms zie je nog bij duurdere oudere meters average maar dat was voor men goed RMS kon meten. De eerste meet de spanning door een gelijkrichting en geeft een waarde aan die hoort bij de gemeten waarde als het een perfecte sinus zou zijn.

Simpel voorbeeld. Neem een blok golf die 1/10e deel van de tijd hoog is, en gelijkgericht een piek van 1V geeft. Dan is de piekwaarde 1V, de meter zal echter in RMS aangeven dus zegt dat de AC spanning 0,707V is. De RMS waarde is echter een stuk lager want de dutycycle is veel lager. Een

echte RMS meter ziet dat en geeft de echte effectieve waarde aan. Dus de hoogte van de spanning die je nodig hebt om met gelijkspanning de zelfde hoeveelheid stroom door een weerstand te laten lopen. Het verschil tussen de topwaarde en de RMS waarde is de crest factor. Nu wordt er al snel TRMS, true RMS geroepen maar de crestfactor zegt wat je daar aan hebt. Een crestfactor van 1 tot 2 zegt bv dat je een driehoek, sinus en blok met ongeveer 50% dutycycle kunt meten. Bij een blok met een dutycycle van 10% praat je over een crestfactor van 3,16. Belangrijk als je aan pwm signaal meet.

Maar er is meer bij AC meten. De frequentie speelt een rol. Meestal zijn de meters rond de 50-400Hz op hun best. Sommige meten bij 300KHz nog redelijk precies, andere geven er bij 10KHz al de brui aan. De (antieke) Fluke 8500 van de eerste blz heeft bv een crestfactor van 9 en meet nog redelijk kloppend TRMS tot 1MHz. Dat is zelfs nu nog indrukwekkend.

Maar een AC of DC signaal is niet altijd zo zwart wit als we denken. Als we 5V meten met daarop een 2V rimpel dan hoort de meter in AC 0,707Vrms te geven en in DC 5V. Daar onderscheiden zich de mannen van de jongens. Ik heb een keer een meting op een andere locatie gedaan en een simpel bouwmarktmeteretje gaf bij een niet zo schone 13,8V uit een adapter ongeveer 16V aan in DC, maar 35V in de AC stand. De conclusie was dat de adapter dan wel defect zou zijn (en misschien het aangesloten apparaat) De boel meegenomen en de adapter aan een echte multimeter gehangen. Hij was inderdaad iets van 13,5V (belast met de gebruiker) maar met een rimpel van zo'n 2Vtt. In AC gaf de Agilent dan ook 0,7Vrms (1Vt/wortel2) aan en in de DC+AC stand dus 14,2V. De scoop bevestigde dat. De ter plekke gebruikte meter was dus bagger.

Burden Voltage:

Stroom wordt meestal gemeten over een shunt weertsand in de meter. Meestal per bereik een andere weerstand. Dat betekent dat er spanning over die weerstand valt. Je meter staat in serie met je schakeling dus die krijgt minder spanning. Stel je hebt een 5V voeding en daarmee stuur je wat TTL spul aan. Je wil weten hoeveel stroom er loopt en hangt je meter tussen voeding en schakeling. Maar dat is vreemd, je schakeling werkt ineens niet meer. Dan pak je een voltmeter en ziet dat er nog maar 4V op je schakeling staat. Je meet daarna ook over je stroommeter en daar staat 1V over. Dat noemen we het burden voltage. Het voorbeeld hierboven is wat absurd, meestal is zo'n burden voltage heel laag in het uV of mV bereik maar er zijn situaties waarbij je daar wel degelijk rekening mee moet houden. Het hoort ook te worden vermeld in de specs.

NMRR en CMRR

Normal en common mode rejection ratio. Tijdens het meten pikt de meter ruis op. Ongewilde signalen die instralen op de kabels en schakeling, uit de voeding komen enz. Deze worden door de meter er uit gefilterd. Hoe goed dat gebeurt wordt aangegeven in dB. Een goede NMRR is >80dB, een goede CMRR is >120dB.

Snelheid en filtering:

Een digitale meter doet een aantal metingen per seconde. De samplerate. Daarvan pakt hij er een aantal, over een ingestelde tijdsduur bij elkaar en berekent daarvan het gemiddelde. Verder kan het nog zijn dat hij een "window" instelt waarbinnen een verandering niet resulteert in een display update. Dat soort dingen is meestal instelbaar. Meet je aan niet veranderende signalen dan is zo'n window en filter fijn. Je elimineert zo heel veel ongewilde effecten maar in andere situaties interesseert je die laatste digit helemaal niet en wil je gewoon snelheid. Dat de laatste twee digits dan staan te knipperen is geen ramp.

Er zijn nog meer eigenschappen maar die worden erg specialistisch.

Naast stroom en spanning meten kunnen multimeters nog meer:

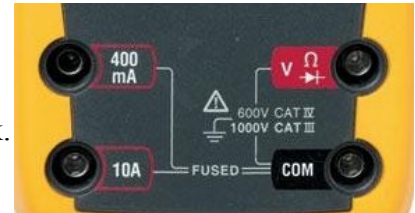
Diverse functies:

Spanningsmeting:

DC en AC en goede meters kunnen ook AC+DC, zoals al eerder uitgelegd. Let hierbij op het bereik. Dat moet voldoen aan je eisen. Sommige meters gaan tot 5000V andere tot 100V. Maar ook de andere kant op. Wil je 100nV resolutie of is 100mV voldoende. Hoe meer bereiken en counts, hoe beter. Als je bv heel precies 2,3V wil meten en je hebt een 100mV 1V en 10V bereik dan valt 2,3V bij een 20.000 count meter in het 10V bereik. Het 1V bereik loopt bij een 20.000 count meter tot 1,9999 maar bij een 50.000 count meter tot 4,9999V. Dus de eerste geeft 02,300V, mooi denk je, maar de tweede geeft bv 2,3006V. Je hebt dus een betere resolutie. Is je laagste bereik 10V bij een 2,5 digit dan zie je bij 10mV dus 00,0 V staan.

Stroom meting:

Tegenwoordig standaard maar bij oudere meters niet vanzelfsprekend aanwezig. De bereiken kunnen nog al uit een lopen. Van een 100uA of lager tot 20A of meer. Stroom meting is erg gevaarlijk. Hierbij sneuvelen meters en gebeuren de meeste ongelukken. Belangrijk is dat er gescheiden ingangen zijn voor stroommeting. Deze horen gezekerd te zijn. Soms zitten er twee ingangen. Een voor bv 400mA en een tot bv 10A.



De zekering hoort een speciale te zijn. Een gewone glazen zekering kan uit elkaar klappen. De zekering zit bij voorkeur in een afgescheiden ruimte. Een mooie optie is een meter welke met de stekkers in de stroombussen weigert een andere meting in te schakelen. Vrij lullig, als hij nog in de 200mA bus zit en je hem in spanningsmeting zet en steekt de meetpennen in het stopcontact. 230V en 10 tot 16A welke in een , letterlijke, flash door je meter heen trekt.



Als je geluk hebt blijft hij mechanisch heel maar met wat pech kun je daarna wel wat lichaamsdelen laten hechten.

Weerstandmeting

Dat gebeurt bij de meeste meters door een stroom uit te sturen en dan de spanningsval te meten. Er zijn ook meters die een (instelbare) spanning op de weerstand zetten en dan de stroom meten maar dat zijn meestal geen gewone multimeters.

Bij "gewone" meters gebeurt het met twee bussen. De zelfde als waar je spanning mee meet. Het probleem daarbij is dat je bij hele lage weerstanden de weerstand tussen inwendig meetpunt en de te meten weerstand ook mee neemt. Zet de meter in zijn gevoeligste bereik, hou de pennen tegen elkaar en je ziet een waarde. Bij heel goede meters met heel goede bussen, snoeren en connectors is kan dat 0,03 ohm zijn, maar er zijn ook meters die dan meer dan 1 ohm laten zien. Een handige functie is de zero of null functie. Je sluit de draden kort en dan druk je op null. Dan trekt hij zelf die weerstand eraf. Nog beter is een 4 poorts of zogenaamde Kelvin meting. De meter stuurt via een aparte uitgang stroom naar de weerstand en via de gewone spanningsmeetbussen meet je de spanningsval. De meters geeft de aflezing dan omgerekend in Ohm weer. Hiernaast een Agilent Kelvin meetsnoeren set. De krokodillen bek helften zijn tot de punten geïsoleerd van elkaar. Het meetbereik is per meter anders en kan erg uiteen lopen. Er zijn meters die tot enkele GigaOhms kunnen meten, sommige gaan tot een paar 100 MegaOhm, de meeste stoppen bij 10MOhm. Hoger dan Gohm is het terrein voor de speciale meters. Sommige halen Tera tot zelfs een tiental PetaOhm. Maar dat vereist speciale kabels, afgeschermd DUT houders en vooral kennis van meten. Metingen boven de 100MOhm zijn al moeilijker dan menig een denkt. Er gaat ook lek stroom kruipen over bv vieze vingerafdrukken of stof aan de buitenkant waardoor de weerstand lager lijkt, of ze pikken statische ladingen op enz.



diode meetstand

Gerelateerd aan de weerstand meting zit er vaak een diode meetstand op. Deze geeft in de ene richting aan of de diode geleidt en wat de spanningsval is. De drempelspanning van de diode. Bij moderne siliciums meestal ongeveer 0,6V. Het is een fijne functie, soms op de betere meters, als deze meerdere bereiken heeft want dan kan je bv ook LEDs of kleine zeners testen. Draai je de meetpennen om dan geeft hij aan of de diode spert. Dit kan je ook in de Ohm meetstand doen maar dan moet je een beetje gevoel hebben over wat je kunt verwachten. In situ is dat vaak wat lastiger. Deze functie kun je ook gebruiken om snel even een transistor te testen. Dat is geen waterdichte test maar je pikt er zo vaak al snel de rotte appels tussen uit. Sommige meters kunnen maar 1V detecteren, andere gaan tot wel 10V.

Pieper, continuïteit test

Nog een afgeleide hiervan is de doorgangsmeting. De meter geeft een piep als de weerstand lager dan een bepaalde waarde is. Bij de luxe meters instelbaar van bv 0 tot 1000 ohm. Bij de eenvoudige is dat meestal 3 tot 10 ohm. Belangrijk is de snelheid. Je wil niet eerst 2 seconden contact moeten maken voor er wat piept. Tik de meetpennen tegen elkaar en je moet gelijk een piepje horen. Die snelheid is niet prijs gerelateerd. De instelbare grens vindt je meestal alleen in het duurdere segment.

Tortester

Dit zit alleen op meters aan de onderkant van de markt. Joost mag weten waarom ze het er op zetten. Als het echt zinvol (en bruikbare info gaf) was zat het ook wel op een Agilent of Fluke van 200 euro.

De diode test is net zo handig hiervoor en de getoonde H_{FE} van de tortest slaat meestal nergens op.

Dit is werk terrein voor een sourcemeter of curvetracer.



Capaciteit

Op zich handig als je geen LCR meter hebt. Let wel op het bereik en calibratiemogelijkheden als het om pF waarden gaat. Voor nF en uF zijn ze handig, voor pF is een LCR meter geschikter. De capaciteit van je meetsnoeren tov elkaar is bij pF waarden soms hoger dan de te meten condensator.

Pas wel op, dit is een gevaarlijke functie. Een keer per ongeluk een vol geladen stevige elco aansluiten is meestal het definitieve einde van je meter. Zeker bij goedkope meters.

Frequentie

Voor de gene die bezig is met hoogfrequent meestal vrij zinloos. Om de frequentie van een pwm signaal of dutycycle te meten wel handig. (let op crest factor !!) Heb je deze functie nodig kijk dan wat het triggerlevel is, dus wat is de kleinste spanning die hij nog kan meten maar ook wat de maximale is en vooral tot welke dutycycle en frequentie hij kan meten bij welke accuratie.

Signaalgenerator:

Sommige multimeters kunnen een blokgolf produceren. Een ieder moet voor zich uitmaken of dat handig is. Meestal bedoeld voor digitaal werk maar bv ook bruikbaar om een versterkertje te testen.

Dubbele display

Er zijn meters met twee regels. Dat is erg handig maar de meetsnelheid wordt wel lager. Zo kan je bv op de hoofdregel DC meten en op de tweede regel de AC rimpel.



Temperatuur

Vaak kunnen meters ook temperatuur meten. Meestal heb je daar een J of K thermokoppel voor nodig. En niet te vergeten, meestal ook een aparte adapter tussen thermokoppel en meter. Een handige functie bij foutzoeken. De aansluitdraad naar sommige thermocouples is vaak wel kwetsbaar. Ze mogen niet knikken.



Math functies

Dit zit vooral op de nieuwere tafelmultimeters. Het geeft mogelijkheden om een meetwaarde bv in dB of dBm te tonen, maar ook gemiddelde waarden over een bepaalde tijd. Of een instelling waarbij de meter piept als een meetwaarde binnen aangegeven grenzen valt. Er zijn zelfs meters die complete grafieken kunnen geven (en dan bedoel ik niet de scoopmeter)



sample/hold/logging/zero

Eigenlijk een soort math functies maar ze zitten op meer meters en ook op oudere. Er zijn er nog veel meer dan hier genoemd.

Samplerate: door deze te verlagen kun je nauwkeuriger meten maar gaat de snelheid omlaag. Voor meting aan stabiele signalen samen met een extra inschakel **filter** een mooie optie.

Hold, als je deze aanzet dan houdt de meter de afgelezen waarde op zijn display. Handig als je niet tegelijk op je meter kan kijken en meten.

Er is ook **Peak-hold**. De meter meet dan een bepaalde periode en toont de hoogst getoonde meetwaarde. Vaak ook een onderdeel van logging waarbij je bv om de zoveel tijd een waarde opslaat, of juist als hij over of onder een waarde duikt. Dit varieert sterk van meter tot meter en niet ieder merk bedoeld precies het zelfde bij een functie.

Zero: deze gebruik je bv bij weerstand, uA stroom, capaciteit en millivolt metingen. Je sluit dan de probes kort (of laat ze open, ligt aan de meting) en drukt op zero, rel of null. Daarmee corrigeer je bv de weerstand of capaciteit van je meetsnoeren. Maar vaak hebben ze nog een leuke toepassing. Je kan bv 5V op de probes zetten en dan op zero drukken. Hij geeft dan in zijn display het verschil tussen de gemeten waarde en 5V weer. Sommige meters hebben een speciale referentie ingang. Bij sommige meters moet je de zero functie gebruiken in de laagste range en dan neemt hij het bij auto-range zelf mee naar de andere bereiken maar meestal werkt het alleen in een range.



autorange

Nu we het toch over ranging hebben, een ander woord voor meetbereik. De meeste moderne meters zijn autorange. Vroeger waren ze bijna nooit autorange. Alleen autorange kan erg lastig zijn. Alleen manual ook. Het mooiste is een uitschakelbare autorange. Nu zul je denken, waarom zou je dat uit willen schakelen? Heel simpel. Als je meter 10 Gohm is in het 1V bereik en je bent bv aan een standaardcel aan het meten, dan wil je niet dat de meter omschakelt naar 10V als hij daar bv maar 10MOhm is. Ook bij stroommeting is het niet altijd handig omdat hij dan ook de meetshunt verandert, en dus het burden voltage. Voor de meeste mensen zal deze "tante truus" stand echter de meest gebruikte zijn en voor algemeen werk ook het handigste. Maar heb je toepassingen waarbij er geen automatische range switching mag voorkomen, koop dan een meter waarbij je dit kan uitschakelen.

Ook niet onbelangrijk. De meeste meters geven ook aan hoeveel overrange ze aan kunnen. Er zijn meters die laten dan bv hun eerste digit weg, die is immers bekend in dat geval en zo krijg je er wat resolutie bij. Maar dit is geen vast omschreven functie die altijd het zelfde betekent.

Veiligheid

Dit is een zwaar onderschat verhaal. Niet iedere multimeter is veilig en niet iedere meter geschikt voor dezelfde toepassing. Ook al staat er een CAT aanduiding op of max zoveel volt. Bij de laagste prijsklasse moet je daar niet te veel bij voorstellen. In China zijn ze vrij creatief met aanduidingen. En nieuw er aan voldoen of na 100 uur gebruik is ook een ander verhaal. Wie meer wil weten over CAT, er is een goede Wiki over. Dit is interessant voor mensen die werken aan krachtstroom, industriële installatie of bv het 230V net thuis. Meestal professionals welke ook professionele apparatuur gebruiken. Maar voor ons wel belangrijk is tegen welke mishandelingen zo'n meter kan. Wat gebeurd er als je 100V anodespanning gaat meten en je meter staat nog in de weerstand of diode stand. En zeg niet dat het niet gebeurd. De meeste meters sneuvelen juist door dit soort fouten. Of hij staat in 100mV en niet op autorange en je zet er 500V op. Allemaal zaken die goed te horen zijn beveiligd. Dat betekent een goede mechanische constructie maar ook elektronische beveiligingen. Zoals de eerder genoemde beveiliging die je meter niet wil omschakelen uit het stroombereik als de snoeren daar nog zitten ingeplugd. Iedere meter onder de 50 euro is zwaar onder beveiligd, tussen 50 en 100 wordt het al beter. Het hoort in de specs te staan. Bv 1000V in elke range. Er zijn veel meters die bv 1000V kunnen meten maar waarbij dat ook gelijk de maximale bovengrens is. Ik heb een Voltcraft gehad welke bij 1200V, dat was 200V boven zijn max, met een knal totaal total loss was. Zelfs de spanningsregelaars en opamps die voor weerstand meting waren en IC's voor displaybesturing waren geëxplodeerd. De stroom is dwars door de hele meter getrokken door gebrek aan voldoende ruimte tussen sporen, beveiliging en isolatie, maar voor het zelfde geld trekt hij ook door jou !



Batterijen

Sommige meters zuipen stroom, andere doen er jaren mee. Ik heb een Fluke 77 waar ik in 15 jaar tijd twee keer een nieuwe batterij in heb gedaan. Mijn Agilent (met oplaadbare batterij) moet ik iedere twee weken wel opladen. Een autopower of is dus wel handig maar niet standaard op iedere meter. Ook backlight is erg handig maar het stroomverbruik neemt ook toe. De oudere meters hebben meestal geen autopower off en vooral de LED versies lusten wel een batterij.



Opwarmen

Een meter heeft een bepaalde tijd nodig om op te warmen. Dat varieert van 10 minuten tot meer dan 2 uur. Sommige verlopen een paar uV andere verlopen veel meer. In het manual staat hoe en wat.

Ik hoop dat je wat aan de informatie hebt en veel plezier met je nieuwe meter. Welke je ook koopt, als hij maar voldoet aan je wensen en eisen. Bedenk wel dat bij een gebruikte meter de waarden niet helemaal meer juist kunnen zijn en dat ze een keer kapot gaan. Een oudere merk tafelmultimeter is doorgaans wel weer goed te repareren en service manuals zijn vaak beschikbaar.



Copyright: Fred, PA4TIM mei 2011