



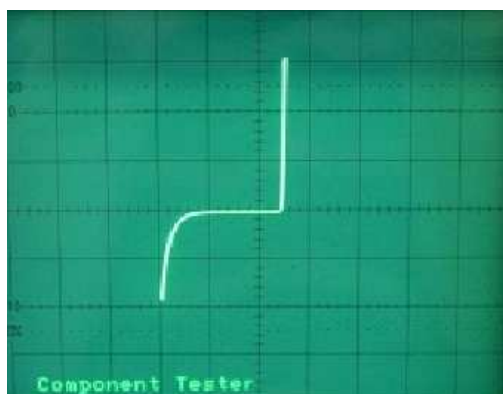
Středoškolská technika 2011

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na
ČVUT

Voltampérové charakteristiky Václav Šika

Duben 2011

50MHz Analog Oscilloscope
HM504-2



Vyšší odborná škola a Střední škola slaboproudé elektrotechniky

Novovysočanská 48/280

190 00 Praha 9



Obsah

Anotace	3
Annotation	3
Teorie dvojpólů a vícepólů.....	6
Voltampérové charakteristiky.....	7
PN přechod	11
Component Tester.....	12
Panel se součástkami pro měření VA- charakteristik.....	15
Měření voltampérové charakteristiky polovodičových součástek na osciloskopu Hameg 504-217	
Závěr	22
Zdroje.....	23

Teorie dvojpólů a vícepólů

1.1 Dvojpóly

Můžeme-li zapojit součástky do obvodu dvěma vývody tak lze hovořit o tak zvaných dvojpólech. Jsou to například: Rezistory, diody, kondenzátory a mnoho dalších součástek s dvěma vývody.

Při zapojení některého z dvojpólů do obvodu prochází jimi proud I , který vytváří mezi jejími dvěma vývody napětí, které nazýváme **svorkové napětí** a je na proudu zcela závislé. Tato závislost charakterizuje určitou součástku. Matematické ztvárnění tohoto vztahu, se nazývá charakteristická rovnice součástky.

$$I = f(U)$$

Grafické znázornění této funkce (závislost proudu na napětí mezi vývody součástky) nazýváme voltampérová charakteristika. Samozřejmě se od sebe voltampérové charakteristiky různých součástek liší stejně tak i způsob jak daného děje dosáhnout. Způsobem rozumíme nastavení veličin v obvodu, jako například (kmitočet, teplota a jiné).

1.2 Vícepóly

Vícepóly jsou součástky, které mají více jak dva vývody. Tranzistor je například trojpól jelikož má tři vývody (svorky): bázi, emitor a kolektor. Jako čtyřpól můžeme uvést například transformátor s jedinou vstupní a jedinou výstupní cívkou, avšak telefonní ústředna či integrovaný obvod, který má mnoho vývodů nazýváme již vícepólem.

Chování vícepólu již nemůžeme popsat pouze jedinou charakteristickou rovnicí nebo jedinou voltampérovou charakteristikou. Pro vyjádření vlastností obecného n pólu je zcela nutné znát n nezávislých rovnic nebo voltampérových charakteristik, ty popisují vztahy mezi obvodovými veličinami n pólu.

1.3 Jednobrany, dvojbrany a vícebrany

U některých vícepólů lze nalézt po zapojení do obvodu svorku, u které se slučují proudy protékající alespoň dvěma jinými svorkami. Její potenciál slouží jako vztažný pro určování napětí ostatních svorek. Jednotlivé svorky s touto společnou svorkou tvoří tak zvané brány proto je nazýváme například jednobrany, dvojbrany či vícebrany. Dvojice svorek, do které přichází signál, nazýváme vstupní bránou, naopak dvojice svorek z které signál vystupuje je nazývána výstupní brána. Vícepóly, které splňují všechny tyto vlastnosti, nazýváme nbrány.

Z toho můžeme například říci, že jednobran je dvojpól, jelikož tvoří jednu bránu. Avšak rozhodně nemůžeme zde říct to samé o čtyřpólu a dvojbranu, jelikož dvojbran je jen určitou skupinou obecnějších obvodů nazývaných čtyřpóly. Podobný vztah bychom mohli nalézt i u nbranů a npólů.

Voltampérové charakteristiky

1.4 Voltampérové charakteristiky diod

Voltampérová charakteristika diod je graficky znázorněný vztah mezi proudem protékající do diody a na tomto proudu závislé napětí mezi dvěma póly (svorkami) diody. Pro praktické používání diody jsou důležité tyto parametry.

1.4.1 Prahové napětí

Je napětí, které musíme přiložit na diodu v propustném směru, aby nám jí začal protékat proud a došlo tak k jejímu otevření. Toto napětí záleží na materiálu diody, u křemíkové diody se prahové napětí pohybuje kolem 0,5V u germaniové diody se prahové napětí pohybuje kolem 0,3V a u LED diody prahové napětí může být až 3V.

1.4.2 Maximální proud v propustném směru

Je maximální proud, který může protékat diodou v propustném směru, aniž by došlo k jejímu zničení důsledkem přehřátí. U běžných malých diod je maximální proud kolem 0,5A ale běžně se dají získat diody, které mají maximální proud až desítky ampér.

1.4.3 Dynamický odpor

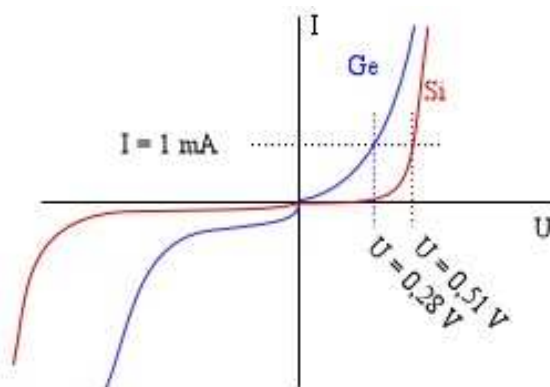
Je velikost odporu pro otevřenou diodu pro střídavý proud. Je dána sklonem voltampérové charakteristiky v propustném směru.

1.4.4 Maximální závěrné napětí

Je maximální napětí, které je dioda schopna udržet v závěrném směru, aniž by došlo k jejímu proražení. U běžných křemíkových diod se toto napětí pohybuje v rozmezí asi 50V až 1,5kV. Stabilizační diody se naopak běžně provozují v oblasti průrazu.

1.4.5 Zbytkový proud

Je proud, který protéká diodou v závěrném směru. Tento proud je velice malý a v praxi zanedbatelný. Je způsoben minoritními nosiči náboje v přechodu PN.



Obr.1 - VA charakteristika diody 1

Pokud by jsme mluvili o ideální diodě, bude mít tyto parametry: Nulové prahové napětí, nekonečný maximální proud v propustném směru, nulový dynamický odpor, nekonečné maximální závěrné napětí a nulový zbytkový proud.

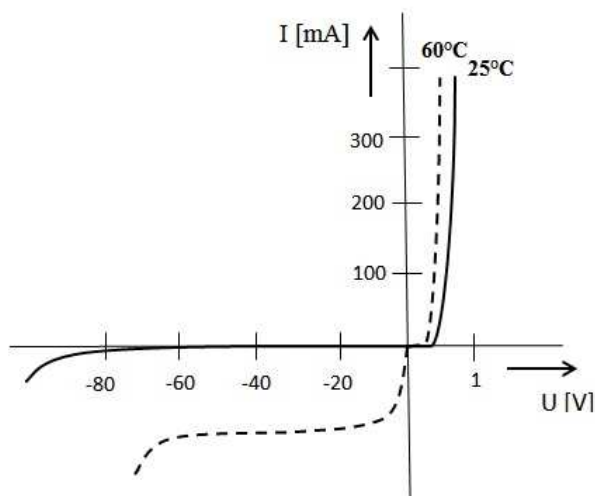
1.4.6 Ztrátový výkon diody

Dioda zapojená do obvodu funguje jako spotřebič, který odebírá z obvodu činný výkon $P_d = UI$. Tento výkon nazýváme u diody ztrátovým výkonem, který zahřívá PN přechod. Část tepla se z přechodu ztratí v okolním prostředí. Velikost tohoto odvedeného tepelného výkonu P_r , závisí na dvou okolnostech:

- a) Na rozdílu teplot mezi přechodem a okolím
- b) A na tepelném odporu samotné diody.

1.4.7 Vliv teploty na vlastnosti polovodičové diody

„Změny teploty přechodu odpovídající dovolenému rozmezí provozních teplot způsobují více či méně výrazné změny všech vlastností diody. Proto veškeré charakteristické i mezní údaje jsou měřeny a udávány při určité teplotě přechodu. Bez teplotního údaje nemají většinou smysl. Na obrázku jsou voltampérové charakteristiky téže diody pro dvě různé teploty



Obr.2 - Tepelná závislost diody 1

Přechodu. Křivky se od sebe výrazně liší. To odpovídá skutečnosti, že velikost teplotního napětí a nasyceného proudu minoritních nositelů, které vystupují v rovnici voltampérové charakteristiky diody jako konstanty, jsou závislé na teplotě. Teplotní napětí se zvyšující se teplotou stoupá přibližně lineárně, proud minoritních nositelů se zvětšuje exponenciálně. Proto zásadně platí, že při vyšší teplotě je proud procházející diodou při tomtéž přiloženém napětí větší než při teplotě nižší.

Se změnou průběhu voltampérové charakteristiky souvisejí teplotní změny dalších charakteristik a mezních parametrů diody.“

1.4.8 Rozdíly ve vlastnostech polovodičových diod podle materiálu diody

Bez ohledu na druh diody a jejího přechodu PN existují některé vlastnosti společné všem germaniovým diodám, které se liší od společných vlastností křemíkových, popřípadě galiumarzenidových a jiných diod.

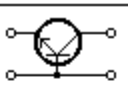
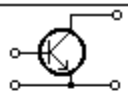
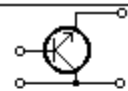
Z porovnání voltampérových charakteristik a z dalších údajů zjišťujeme, že křemíkové diody mají oproti germaniovým:

- Při stejných propustných proudech větší napětí v propustném směru
- Větší prahové napětí (Ge: $U_{T0} = 0,2V$, Si: $U_{T0} = 0,5V$)
- Závěrný proud menší až o tři řády (Ge řádově $10^{-6}A$, Si řádově $10^{-9}A$),
- Větší průrazné napětí, a tím i větší mezní závěrná napětí (liší se asi o řád – konkrétní velikosti podle typu diody)
- Větší kapacitu přechodu
- Nižší kmitočet f_m

- g) Větší mezní teplotu přechodu ϱ_{JM} (Ge: 80 až 100 °C, Si: 150 až 180 °C)
- h) Vyšší dovolené provozní teploty okolí (Ge: do 60 °C, Si: do 150 °C)

1.5 Voltampérové charakteristiky tranzistoru

Tranzistor je nelineární impedanční dvojbran. Vztahy mezi vstupními a výstupními napětími a proudy jsou plně popsány voltampérovými hybridními nebo admitančními charakteristikami, parametry h nebo y . Tvar voltampérových charakteristik a velikosti diferenciálních parametrů závisejí na kmitočtu změn obvodových veličin, na teplotě přechodu a na zapojení tranzistoru. Zapojení rozlišujeme na zapojení se společným **emitemem**, společným **kolektorem** a se společnou **bází**. Každé toto zapojení má své charakteristické vlastnosti.

			
Vstupní odpor	malý	střední	velký
Výstupní odpor	velký	střední až velký	malý
Proudové zesílení	$H_{21b} \approx 1$	$H_{21b} = 10 \div \pm 1000$	$H_{21e} = H_{21b}$
Napěťové zesílení	až 1000	až 1000	<1
Výkonové zesílení	až 1000	až 10000	až 1000
Fázový posun	0	180	0
Mezní frekvence	vysoká	nízká	nízká
Použití	VF zesil.	výkon zes. spínač	emitorový sledovač

Tab.1 - char. vlastnosti tranzistoru

Jednotlivé vlastnosti jsou popsány pomocí soustav rovnic. Nejpoužívanějšími soustavami jsou **hybridní (H parametr)**, **admitanční (Y parametr)**, **S parametr**. Proto se budeme v mé práci zabývat pouze nejznámější a nejpoužívanější soustavou a to je hybridní, z důvodu obsáhlosti tématu.

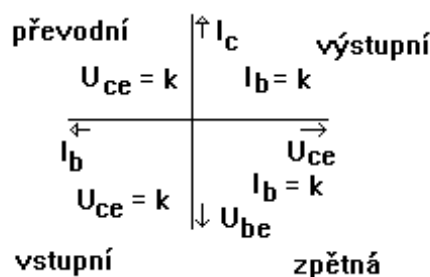
1.5.1 Definice hybridních parametrů H

Poměry změn obvodových veličin se nazývají hybridní parametry a mají různé fyzikální významy a rozměry.

$h_{11} = dU_1/dI_1$	Diferenciální vstupní impedance
$h_{12} = dU_1/dU_2$	Činitel zpětného přenosu napětí
$h_{21} = dI_2/dI_1$	Převodní charakteristika (proudový zesilovací činitel)
$h_{22} = dI_2/dU_2$	Výstupní charakteristický vodivostní parametr [S]

$$dU_1 = h_{11} dI_1 + h_{12} dU_2$$

$$dI_2 = h_{21} dI_1 + h_{22} dU_2$$



Obr.3 - popis os VA char. tranzistoru

PN přechod

Přechod PN je vyroben z monokrystalu polovodiče. V místě, které nazýváme PN přechod se mění charakteristické vodivosti z části typu P a z části typu N.

1.6 Polovodič typu P

Vodivost typu P je charakteristická tím že majoritními nosiči náboje jsou díry, neboli do monokrystalu polovodiče, který je čtyřmocný prvek je vpravena příměs prvku, který je třímocný.

Čtyřmocný prvek je takový, který má pouze čtyři valenční elektrony. Proto když přidáme k čtyřmocnému prvku jako je právě monokrystal polovodiče (Si, Ge) příměs nějakého třímocného prvku, vzniknou tzn. díry. Jako příměs slouží většinou prvky bór, hliník, galium nebo indium a říkáme mu akceptor (příjemce).

1.7 Polovodič typu N

U polovodiče typu N jsou majoritními nosiči náboje volné elektrony. Jak docílíme toho, abychom měli v monokrystalu polovodiče (který je jak už jsem výše zmínil čtyřmocný) volné elektrony? Docílíme toho velmi podobným způsobem, jako u polovodiče typu P. Do monokrystalu polovodiče budeme opět přidávat příměs, ale tentokrát pětímocného prvku. Vzniknou nám tak volné elektrony, které jsou ovšem nositeli záporného náboje, na rozdíl od polovodiče typu P. Příměs u polovodiče typu N říkáme donor (dárce - „daruje elektron“) a jsou to prvky např. fosfor, arsen nebo antimon.

1.8 Funkce PN přechodu

1.8.1 Potenciálový val

„Jelikož je v oblasti P přebytek děr a v oblasti N přebytek elektronů, působí ihned po vytvoření přechodu mezi oblastmi přitažlivá elektrostatická síla. V nejbližším okolí přechodu přecházejí díry z oblasti P do oblasti N a elektrony naopak. Současně vzniká v oblasti N nepohyblivý prostorový náboj kladných iontů, zbylých tam po elektronech, které přešli přechodem, a v oblasti P nepohyblivý náboj záporných iontů, zbylých po děrách. Elektrické pole mezi oběma prostorovými náboji narůstá, až nastane rovnováha mezi přitažlivou silou opačných nábojů v oblastech P a N a elektrostatickou silou prostorového náboje a žádné další majoritní nosiče k přechodu nepronikají. V těsném okolí hraniční plochy mezi oblastmi P a N tak vznikla vyprázdněná oblast (bez majoritních nosičů). Vzniklé elektrostatické pole nepohyblivých iontů se nazývá potenciálový val“.

1.8.2 Přechod PN v závěrném směru

„Zapojíme-li mezi vývody oblastí P a N vnější zdroj tak, že jeho záporný pól je připojen k vývodu oblasti P a kladný pól k oblasti N, mohou se přes přechod dostat pouze minoritní elektrony z oblasti P a minoritní díry z oblasti N. Protože menšinových nosičů je v obou oblastech málo, bude přechodem procházet jen poměrně malý proud. Vnější napětí uzavírá cestu přes přechod většinovým nosičům, a mluvíme proto o závěrné polarizaci přechodu PN“.

1.8.3 Přechod PN v propustném směru

„Připojíme-li nyní kladný pól zdroje k oblasti P a záporný pól k oblasti N, oslabí přiložené napětí vliv potenciálního valu a při určité velikosti vnějšího napětí vliv potenciálního valu překoná. Přechod začne propouštět majoritní nosiče, a mluvíme proto o propustném směru“.

nebo o propustné polarizaci přechodu PN. Protože majoritních nosičů je v obou oblastech mnoho, proud, který nyní prorazí přechodem, může být podstatně větší než proud ve směru závěrném“.

Component Tester

Osciloskop Hameg 504-2 se může pyšnit zabudovaným elektronickým testerem součástek. Pomocí tohoto módu můžeme v praxi zjistit, zda jde o porouchanou součástku nebo naopak. Lze testovat rezistory, kondenzátory, cívky, polovodičové součástky, v některých případech i integrované obvody.

Avšak testované součástky musí odpovídat určitým kritériím. Impedance součástek, které budeme měřit, musí být v rozsahu 20Ω až $4,7k\Omega$. Pod touto mezí je součástka považovaná za zkrat, nad ní za rozpojený obvod.

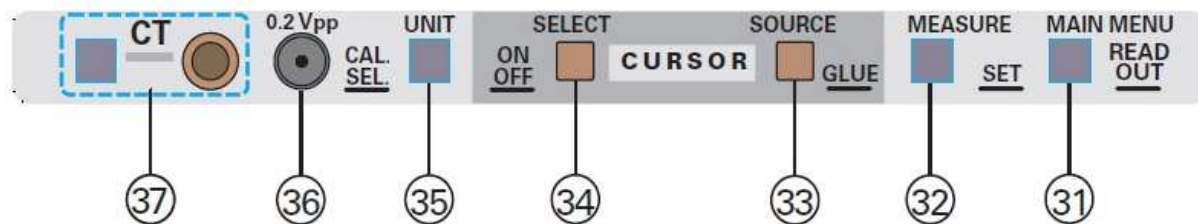
Testovací napětí component testeru je dost omezené a proto máme jako maximální testovací napětí pouze $7 V_{RMS}$ („na prázdko“). Jako testovací frekvence se využívá 50Hz z elektrické sítě a testovací proud je zhruba $7 mA_{RMS}$ („na krátko“). Jedna svorka je při měření uzemněná (ochranná zem).

1.9 Princip Component Testeru

Generátor dodává sinusové napětí o velikosti $7V_{RMS}$ z elektrické sítě s frekvencí 50Hz na zabudovaný vnitřní rezistor a testovanou součástku připojenou na konektor CT. Napětí generátoru vychyluje paprsek po obrazovce v horizontálním směru a napětí na vnitřním snímacím odporu (odpovídá proudu součástkou) vychyluje paprsek ve vertikálním směru. Obrazec na osciloskopu potom odpovídá voltampérové charakteristice součástky.

1.10 Uvedení CT módu do provozu

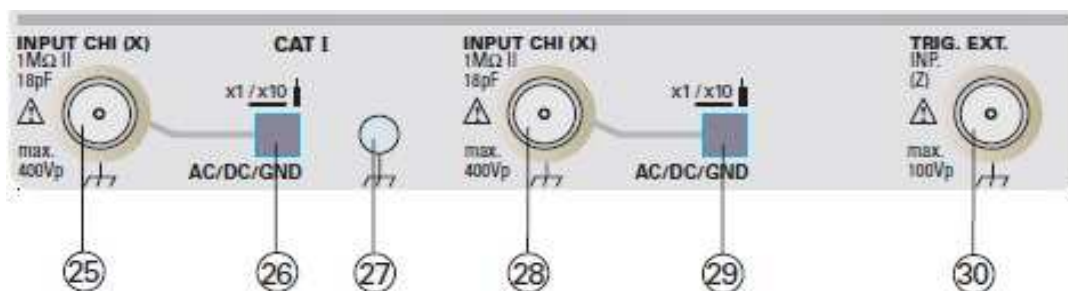
Uvedení Component testeru do provozu je velice snadné. Na obrázku můžeme vidět část ovládacích prvků osciloskopu. Tato část se nachází pod zobrazovačem osciloskopu. Je zde mnoho ovládacích prvků, avšak nás bude zajímat pouze část označená přerušovanou modrou čarou s názvem CT neboli component tester.



Obr.4 - přední panel osciloskopu 1

Tento mód aktivujeme pouhým zmačknutím tlačítka CT, které je vedle konektoru pro měřicí kabel. Jak tlačítko CT (šedivý čtvereček), tak banánkový konektor (hnědý kroužek) se nachází v modrém přerušovanou čarou vyznačeném obdélníčku (číslo 37).

Pro zobrazení voltampérové charakteristiky součástky a pro úplnou funkčnost component testeru je zcela nezbytné zapojit druhý kabel na uzemněnou kostru osciloskopu.



Obr.5 - přední panel osciloskopu 2

Kostra osciloskopu je na obrázku vyznačená modrým kroužkem a je pod číslem 27.

Tento konektor se mimo jiné využívá jako referenční potenciál pro měření DC (direct current) neboli stejnosměrného proudu. Dále se také využívá pro měření nízkofrekvenčního signálu a samozřejmě se využívá i v již zmíněném component tester módu.

Testovací součástky můžeme testovat i zapojené v obvodu, avšak tento obvod nesmí být pod napětím. Pokud právě probíhá měření na osciloskopu a máme zapojený CH I (channel I), CH II (channel II) nebo EXT. TRIG. (external triggering) můžeme klidně přepnout na CT mód, aniž by jsme museli odpojovat kabely z CH I, CH II nebo EXT. TRIG. Před samotným započítím měření je dobré provést automatickou kalibraci obrazu (AUTOADJUSTMENT).

1.11 Testovací obrazce

Zkrat: Svislá čára

Rozpojený obvod: Vodorovná čára

1.11.1 Odpor

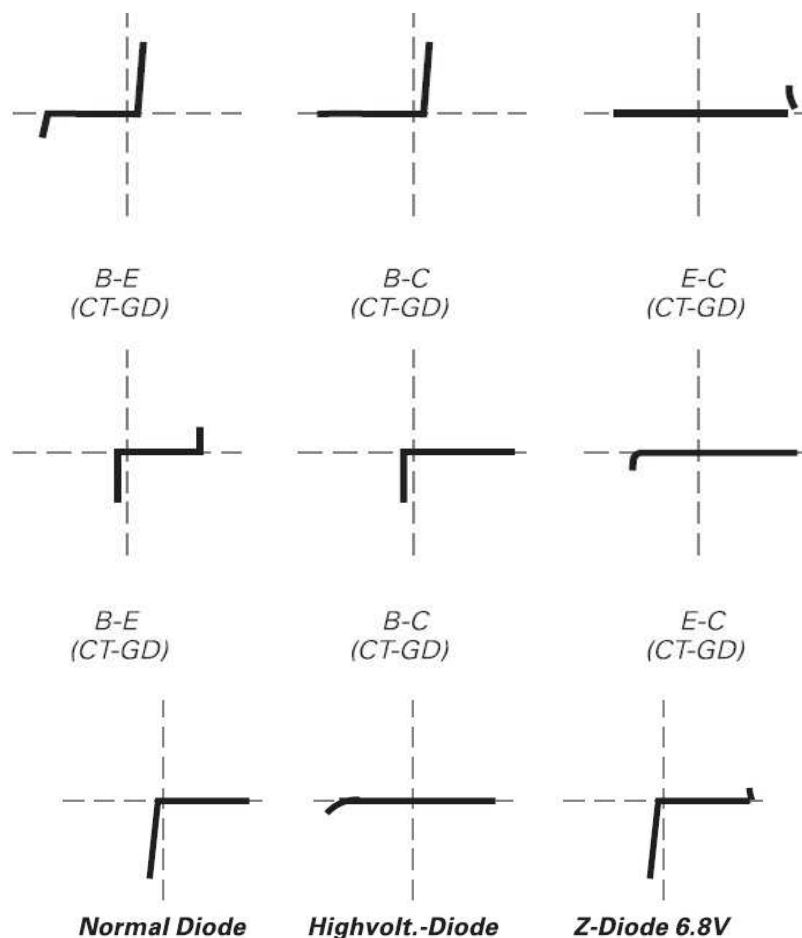
Je šikmá rovná čára. Její sklon je dán velikostí odporu. Odpor pod 20Ω je čára svislá a pro odpory nad $4,7k\Omega$ je vodorovná.

1.11.2 Kondenzátor a cívka

Kružnice nebo elipsa. Poměr výšky elipsy, ku šířce závisí na hodnotě kondenzátoru nebo cívky. Stojatá elipsa je pro velké kapacity a malé indukčnosti. Naopak pro malé kapacity a velké indukčnosti je elipsa ležatá. Rozsah kapacity může být v rozmezí $0,1\mu F$ až $1000\mu F$, u cívek je situace složitější, protože ty mívají kromě indukčnosti také nezanedbatelný odpor.

1.11.3 Diody a tranzistory

Jsou lomené čáry. Bohužel pomocí CT módu lze testovat pouze dvojpóly, proto nám CT mód zobrazí voltampérovou charakteristiku pouze PN přechodu. Nemůžeme testovat tranzistor jako trojpól, pouze voltampérové charakteristiky mezi jednotlivými vývody, (báze-emitor, báze-kolektor, emitor-kolektor). Tímto směrem se bude zaobírat více do hloubky má práce.



Obr.6 - VA char. na osciloskopu HM504-2

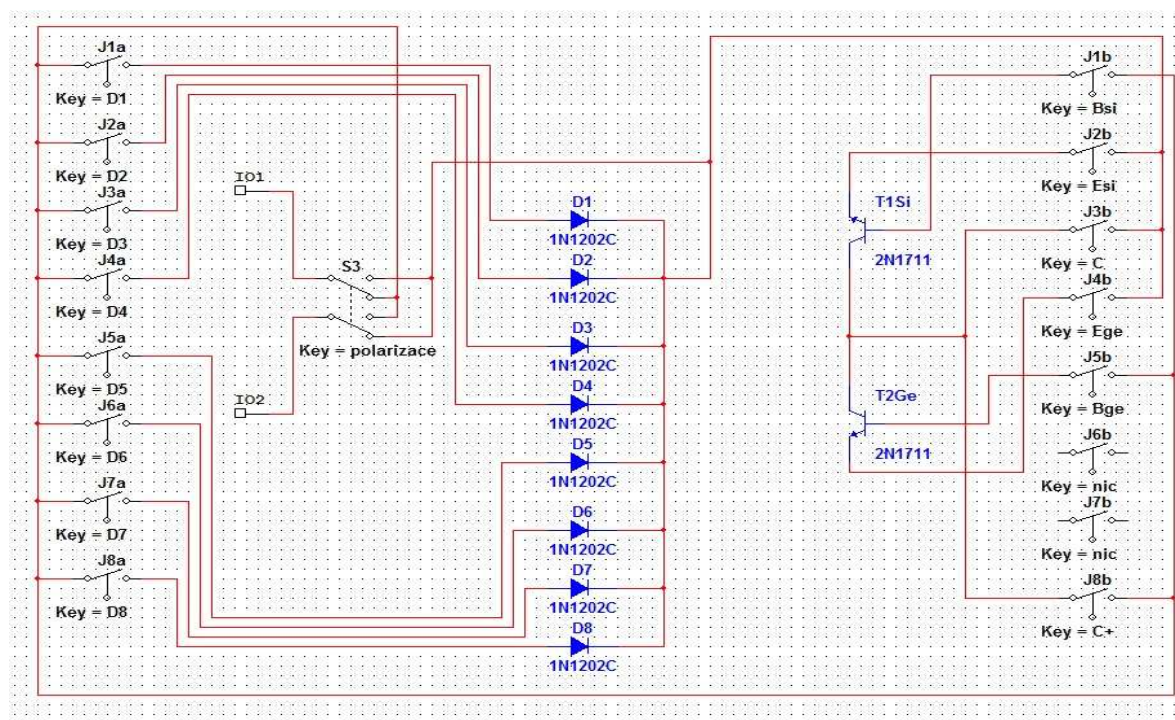
Panel se součástkami pro měření VA- charakteristik

Pro měření voltampérových charakteristik jsem zhotovil výukový panel, který jsem obohatil řadou zajímavostí pro zpříjemnění měření. Prohlížení voltampérových charakteristik na obrazovce osciloskopu je sice s mým výrobkem snadnější avšak náročnější na pochopení funkce zařízení. Proto je nezbytné, aby se neznalé osoby nejprve s výukovým panelem seznámily prostřednictvím malého manuálu.

Výukový panel není těžký na ovládání. Stačí se pouze zorientovat mezi sedmnácti spínači. Každý spínač připojuje na vstupní svorky od component testeru různou polovodičovou součástku, která je na výukovém panelu.

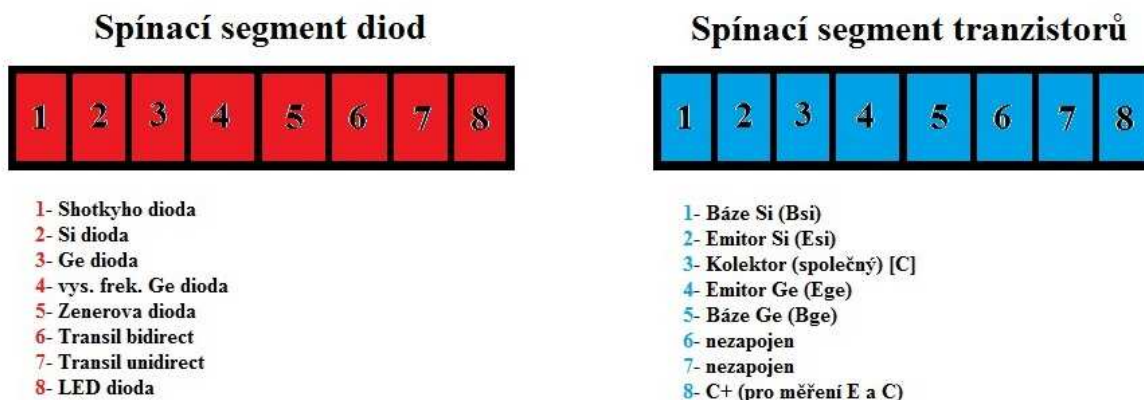
Díky tomuto systému lze jednoduše přepínat mezi součástkami, aniž bychom museli zapojené svorky odpojovat.

Další výhodou je, že pokud narazíme na součástku, u které je obrácená polarita a tudíž se nám voltampérová charakteristika na obrazovce ukáže ve třetím kvadrantu (závěrném směru), lze jednoduše přepínačem polarity změnit orientaci voltampérové charakteristiky a ta se nám zobrazí v prvním kvadrantu (propustném směru). Na obrázku 7 můžeme vidět hrubé schéma výukového panelu.



Obr.7 schéma panelu

Na obrázku 8 jsou spínací segmenty z výukového panelu.



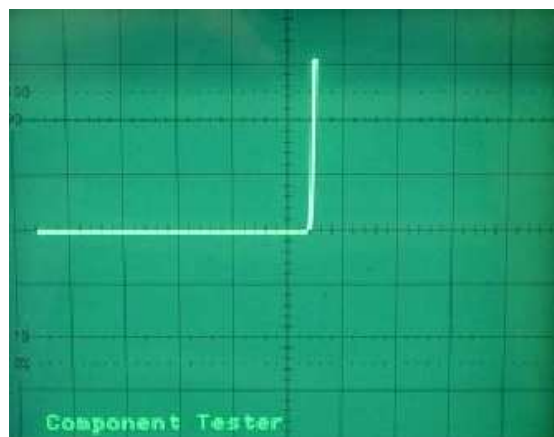
Obr.8 spínací segmenty

Na výukovém panelu je spínací segment diod označen „A“ a spínací segment tranzistorů je označen písmenem „B“.

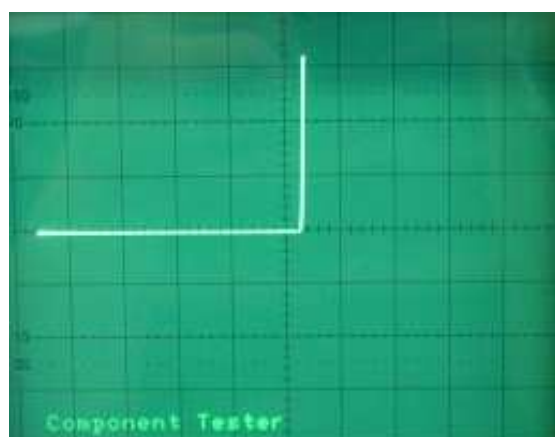
Zvýšenou pozornost musíme dbát, pokud chceme měřit kombinaci emitor, kolektor některého z tranzistorů. Jelikož by to bylo technicky velice obtížné, zhotovil jsem pro tuto kombinaci speciální spínač s názvem C+. Sepneme-li požadovaný emitor některého z tranzistorů spolu se spínačem C+, můžeme pozorovat jeho kombinaci emitor, kolektor. Výukový panel lze snadno doplnit svorkami pro snadné připojení jednotlivých součástek.

Měření voltampérové charakteristiky polovodičových součástek na osciloskopu Hameg 504-2

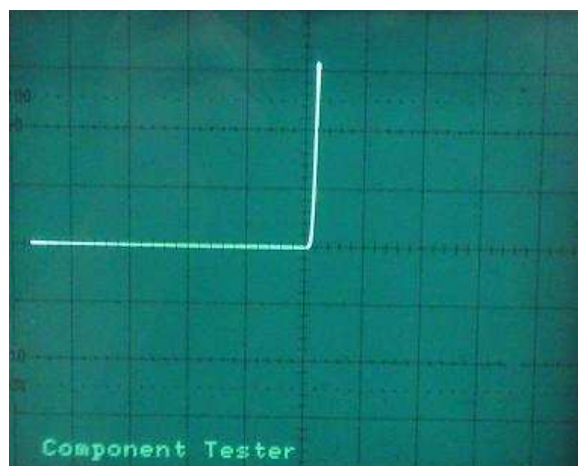
1.12 Křemíková dioda- KY130



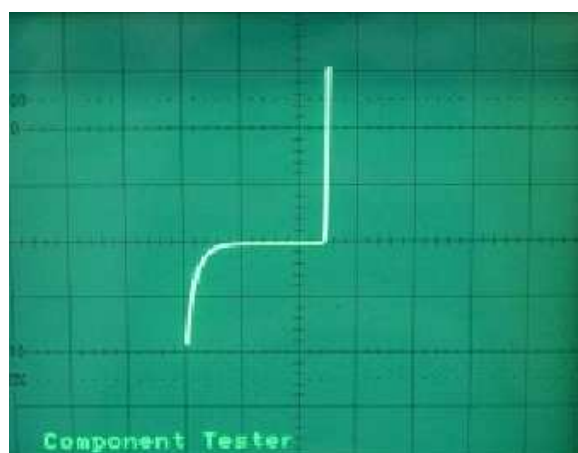
1.13 Shotkyho dioda- BAT42



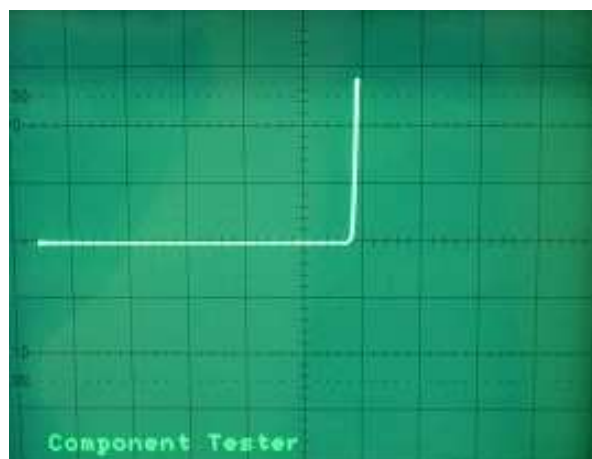
1.14 Germaniová dioda GAS51



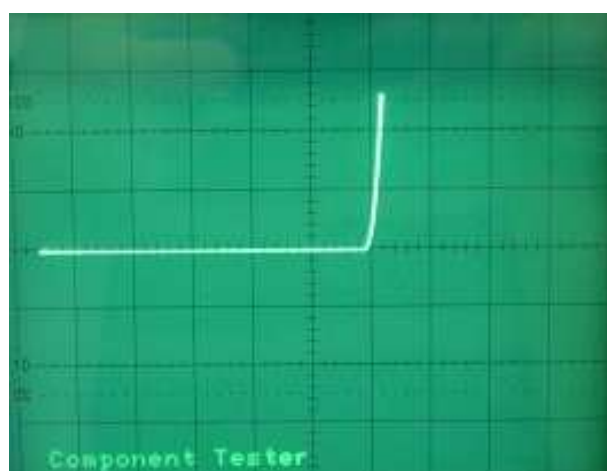
1.15 Zenerova dioda



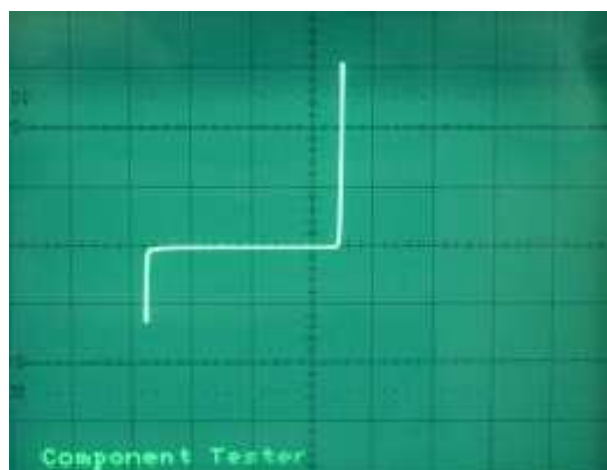
1.16 LED- dioda (červená, velká)



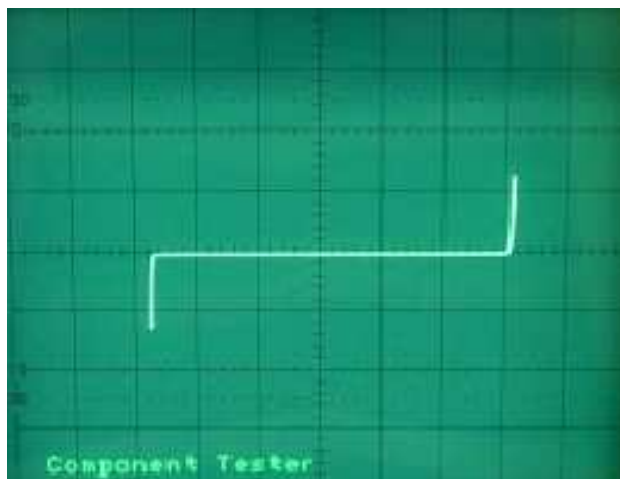
1.17 LED- dioda (zelená, velká)



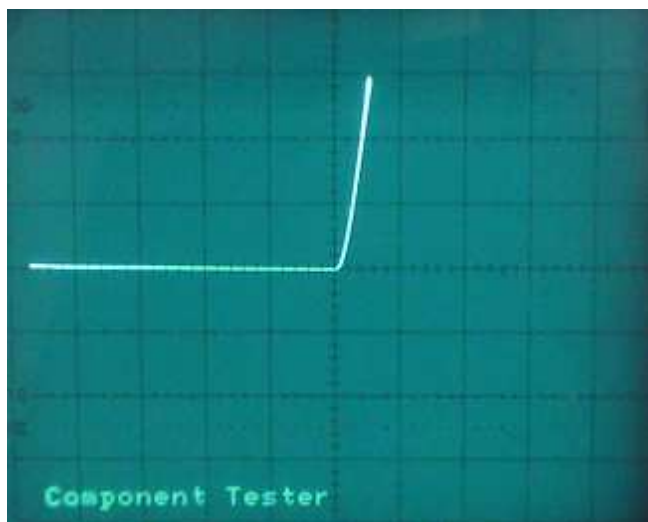
1.18 Transil BZW06 5V8 (unidirect)



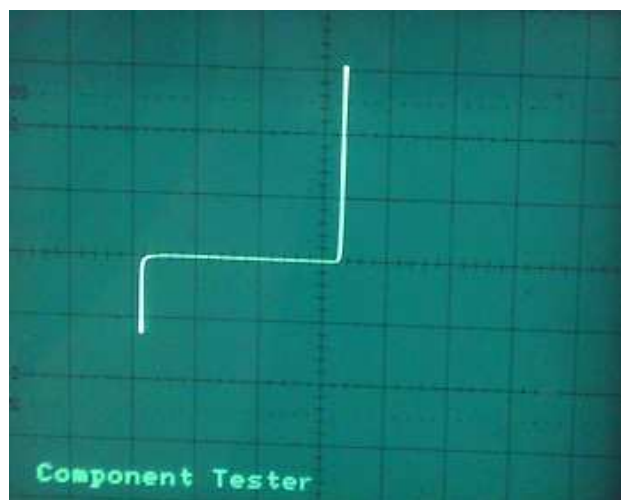
1.19 Transil BZW06 5V8b (bidirect)



1.20 Germaniová dioda GA203

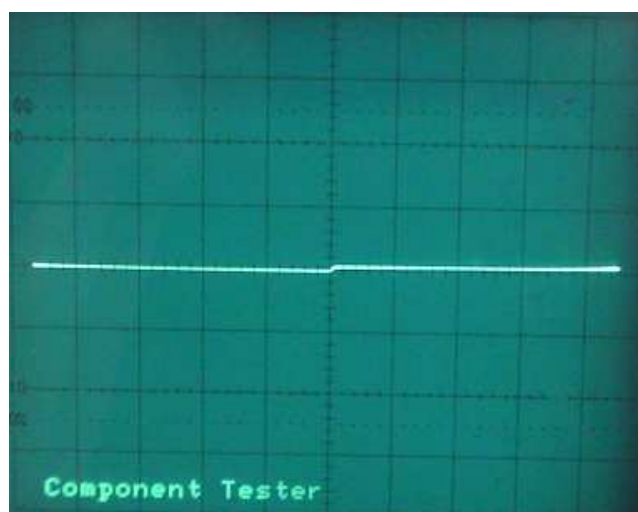


1.21 Zenerova dioda – KC168

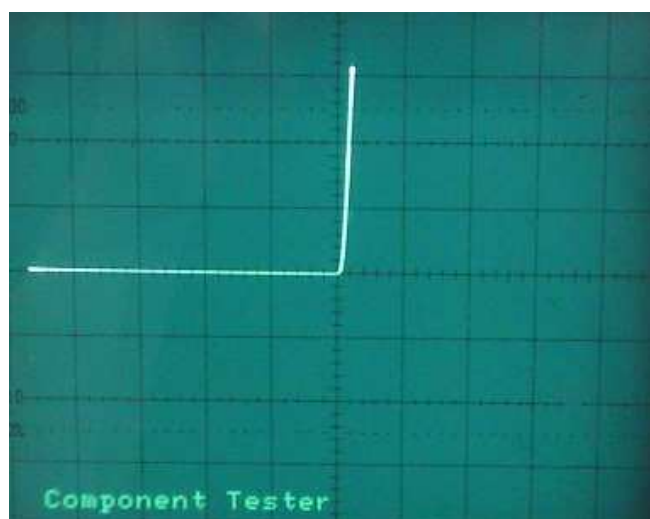


1.22 Germaniový tranzistor

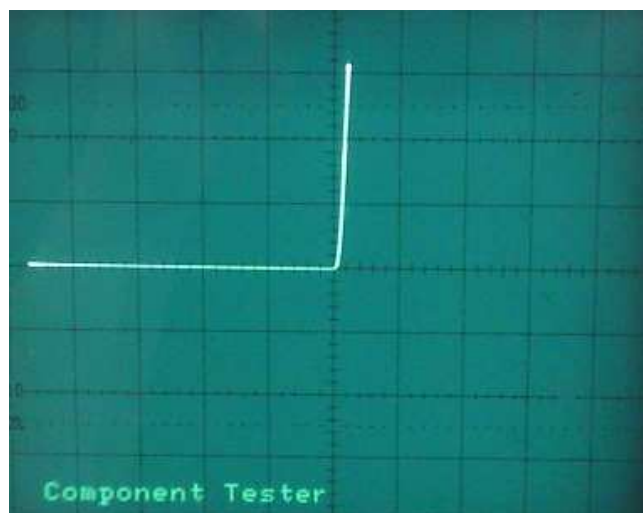
1.22.1 Kolektor, emitor



1.22.2 Báze, Emitter

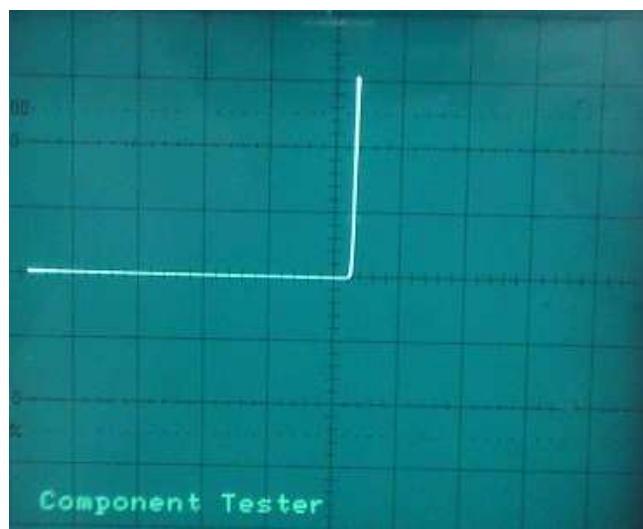
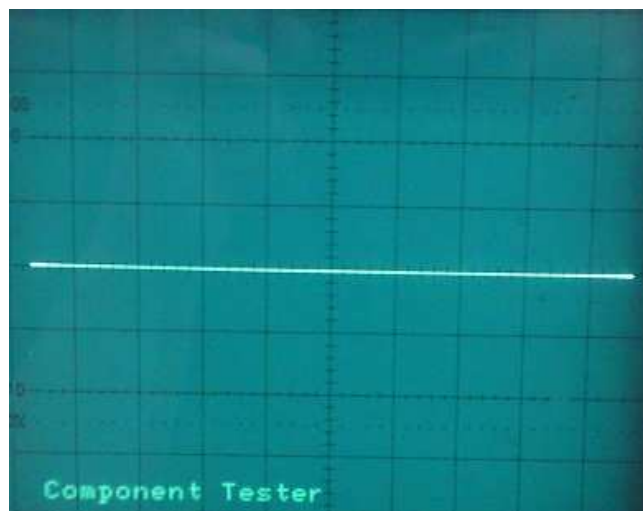


1.22.3 Báze, Kolektor



1.23 Křemíkový tranzistor

1.23.1 Kolektor, Emitor



1.23.2 Báze, Emitor

Závěr

V závěru bych rád zhodnotil výsledky měření a poznatky, které jsem při psaní mé maturitní práce získal a rád bych se vyjádřil ohledně component testeru v osciloskopu Hameg 504-2.

Ačkoli je osciloskop Hameg 504-2 poměrně velice moderní jedná se analogový osciloskop, tím však nechci říct, že by se v dnešní době analogové osciloskopy nevyráběli a rozhodně si nemyslím, že je to na škodu, ba naopak myslím, že tento osciloskop velice dobře využívá vlastnosti analogového osciloskopu se kterými se digitální osciloskop nemůže rovnat a může si o nich jen zdát.

Stejně se, ale domnívám, že v dnešní době převládá výroba digitálních osciloskopů, avšak můžeme vidět, že se opět nějací výrobci vrací k analogovým osciloskopům z důvodu již zmíněných lepších vlastností. A Hameg 504-2 je důkazem.

Osciloskop Hameg 504-2 lze také propojit s počítačem což je na analogový osciloskop velice pozoruhodné a zdálo by se téměř revoluční. Ovšem je zde jeden malý háček. Tento osciloskop sice lze připojit k počítači ba dokonce firma Hameg na svých stránkách dává k dispozici volně šiřitelný software, jenže tento software je určený nejen pro tento typ ale i pro mnoho jiných typů osciloskopu od firmy Hameg. Software sice disponuje oknem pro zobrazení děje z obrazovky osciloskopu, ale jen pro digitální osciloskopy. I přesto software komunikuje s analogovými přístroji, ale jen velice omezeně.

Ptáme se asi, k čemu tedy tento software slouží. Odpověď je velice jednoduchá.

Z osciloskopu sice nelze zobrazit děj v počítači, ale lze pomocí tohoto softwaru nastavovat osciloskop (časovou základnu apod.).

Co se týče component testeru. Tento mód je velice šikovný a je opravdu zajímavé pozorovat voltampérové charakteristiky tímto způsobem. Dle mého názoru tento mód se opravdu hodí k výukovým účelům a určitě se hodí i k testování správné funkčnosti součástek. Ale v praxi se domnívám nemá moc dobré uplatnění. Je omezen příliš malým testovacím napětím a v osciloskopu je velice nemobilní a i když se dají součástky testovat na tištěném spoji, může docházet k velkému zkreslení vlivem zapojených součástek a v mnoha případech může určitá kombinace součástek překročit impedanční limit a výsledkem by byl pouze zkrat.



Ohledně nepraktičnosti v terénu si byli patrně vědomi i výrobci, jelikož do nedávné doby firma Hameg vyráběla externí component tester, který šel připojit k jakémukoli osciloskopu. Tento výrobek od firmy Hameg nesl název **HZ65**.

Na obrázku můžeme vidět component tester HZ65.

Tento výrobek se zdá být velice šikovný, ale ve skutečnosti je jeho využití velice špatné. Na první pohled se zdá, že HZ65 je velice mobilní. HZ65 je sice dobře přenosný, ale k tomu aby fungoval, potřebuje osciloskop a tím se jeho uplatnění v terénu velice snižuje. Dále ke své práci potřebuje napájení z elektrické sítě, z které odebírá výkon řádově 4W ale především ke své funkci potřebuje z elektrické sítě sinusové napětí 50Hz. Také šlo u tohoto výrobku měnit napájecí napětí, z 230V na 115V. V dnešní době je tento výrobek nedostupný a firma Hameg ho stáhla z prodeje a už není ani v rejstříku výrobků firmy.

To že firma Hameg už tento výrobek dává jen jako součást jejich osciloskopů je podle mého názoru rozhodně krok dobrým směrem. Stejně ke své funkci potřeboval osciloskop. Ale na druhou stranu je škoda že tento výrobek už firma Hameg nevyrábí, jelikož by měl jistě obrovský úspěch jako výuková pomůcka.

Co se týče samotného měření je component tester velice jednoduchý na ovládání a snadný k pochopení jeho funkce. Toto měření dokáže velice dobře předvést žákovi princip voltampérových charakteristik a tak mu přiblížit chování různých součástek. Rozhodně se nemůže měřit s jinými měřicími přístroji pouze z důvodu jeho vizuálního zobrazení.

Zdroje

http://www.donberg.ie/catalogue/workshop_accessories/test_equipment/hameg_hz65.html

[http://hameg.com/473.0.html?&tx_hmdownloads_pi1\[product\]=HM504-2](http://hameg.com/473.0.html?&tx_hmdownloads_pi1[product]=HM504-2)

<http://hameg.com/manuals.0.html>

http://cs.wikibooks.org/wiki/Praktická_elektronika/Diody



**VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA A STŘEDNÍ ŠKOLA
SLABOPROUDÉ ELEKTROTECHNIKY
Novovysočanská 48/280, 190 00 Praha 9**



Elektronika, Elektronické součástky a základní obvody - J. Mařátko, E. Foitová (pro 3.ročník SPŠE slaboproudých)