

II. Návod y k přístrojům

1. Analytické váhy Meopta

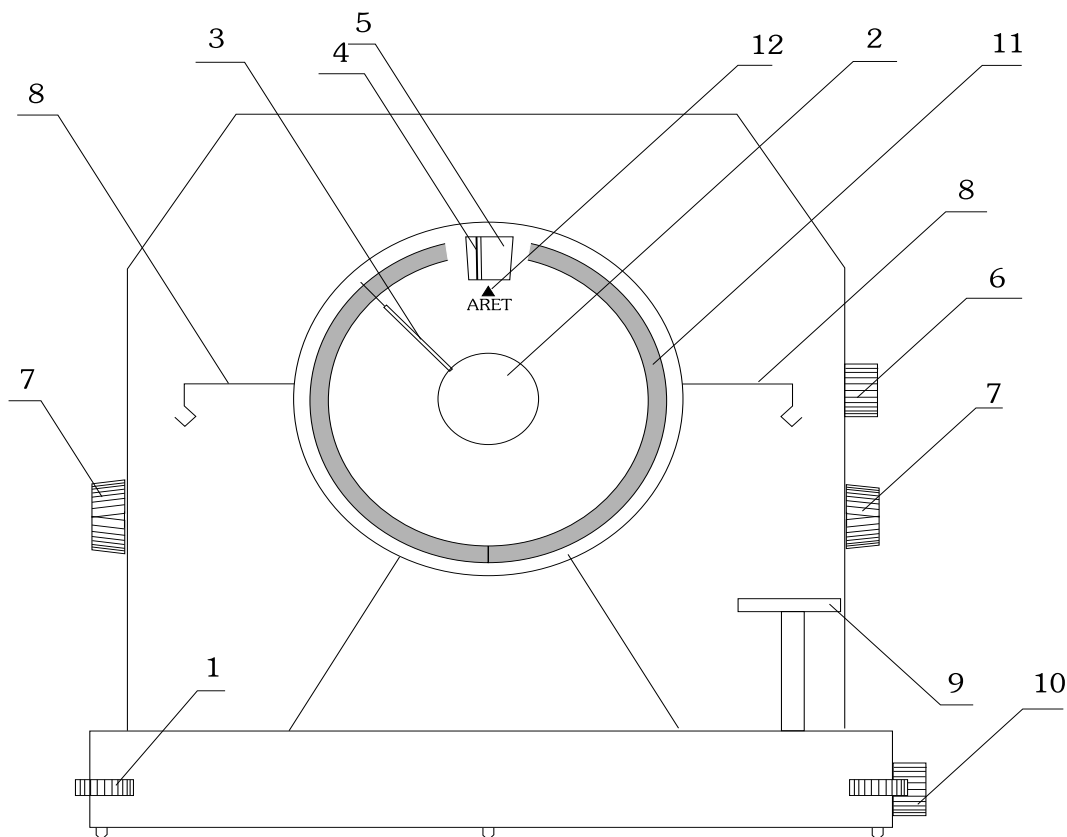
Nezatížené a uzavřené váhy velmi opatrně a pomalu odaretujeme (aretačním knoflíkem otočíme vlevo). Na osvětlené stupnici se objeví ryska, jejíž ostrost řídíme páčkou na levé straně vah. Otáčením knoflíkem na pravé straně přední stěny dosáhneme toho, že ryska splyne s nulovou polohou na stupnici. (Nepovede-li se vám to, požádejte učitele o úpravu vah.) Váhy pak opět opatrně zaaretujeme a na levou misku vah položíme suchý předmět, který máme vážit. Na pravou misku položíme závaží (pomocí pinzety), jehož velikost jsme předem zhruba určili zvážením předmětu na praktikantských vahách. Uzavřeme skříňku vah a opatrně a jen částečně váhy odaretujeme. Vychyluje-li se ryska daleko na levou stranu, má vážený předmět větší hmotnost než závaží a je nutné na pravou stranu přidat závaží (jen celé gramy). Při výchylce na pravou stranu je tomu naopak. Nepodaří-li se celými gramy vyvážit předmět tak, aby ryska byla na stupnici, vkládáme na pravé vahadlo kroužková závažíčka udávající zlomky gramu. Kroužková závažíčka vkládáme pomocí soustředných kotoučů umístěných na přední straně vpravo nahoře. Kotouči otáčíme pomal u, aby se ramena s kroužkovými závažími nerozkmitala, jinak se mohou závaží poškodit nebo vypadnout. Při každém přidávání závaží (i kroužkového), musí být váhy zaaretované. Navažování kroužkových závaží se provádí tak dlouho, až zůstane ryska na osvětlené stupnici. Po jejím ustálení odečteme hmotnost závaží. Na misce jsou celé gramy, závažíčka spuštěná na vahadlo vnějším kotoučem udávají stovky miligramů (desetiny gramů) a závažíčka spuštěná vnitřním kotoučem udávají desítky miligramů (setiny gramů). Miligramy (tisíciny gramů) odečítáme na osvětlené stupnici vah (jeden číslovaný dílek stupnice udává miligram). Jestliže se ryska ustálí na levou stranu od nuly (+), miligramy se k hmotnosti závaží přičtou, ustálí-li se ryska na pravé straně (-), miligramy se odečtou.

Při jakékoli manipulaci s váženým předmětem nebo se závaží m musí být váhy zaaretovovány!

2. Torzní váhy Meopta

a) Nastavení vah

Váhy postavíme na tlumicí podložky a pomocí stavěcích šroubů (1) (viz obr. II.2. 1) je nastavíme do vodorovné polohy, kterou kontrolujeme libelou umístěnou vpředu ve střední části vah.



Obr. II.2. 1. Torzní váhy

- | | | |
|-----------------------|--------------------|---------------------------|
| 1 ... stavěcí šroub | 5 ... zrcátko | 9 ... výsuvný stolek |
| 2 ... torzní šroub | 6 ... nulování | 10 ... posuv stolku |
| 3 ... ukazovák | 7 ... závěr dvířek | 11 ... stupnice |
| 4 ... jazýček vahadla | 8 ... vahadlo | 12 ... značka pro aretaci |

Otočením torzního knoflíku (2) proti směru hodinových ručiček váhy odaretujeme, nastavíme ukazovák (3) na nulu stupnice a pozorujeme jazýček vahadla (4) v zrcátku (5). Nekryje-li se jazýček s ryskou, nastavíme nulovou polohu knoflíkem (6). Potom váhy opět zaaretujeme.

Před začátkem vážení zkontrolujeme přesnost stupnice pomocí cejchovního háčku 500 mg, který zavěsíme na pravý háček vahadla (8).

Při navažování i po skončení vážení je nutno váhy zaaretovat, tj. ukazovák (3) musí být na trojúhelníkové značce (12) stupnice.

Měření povrchového napětí

Dokonale očištěný a odmaštěný rámeček zavěsíme na pravé rameno vahadla. Na výsuvný stoleček (9) postavíme nádobku s kapalinou. Nádobku pomocí stolečku vysuneme, až se měřicí drátek ponoří do kapaliny. Řádné navlhčení drátku poznáme podle drobných kapek, které se na drátku vytvoří po jeho odtržení od kapaliny.

Po odaretování vah upravíme knoflíkem (10) výsuvného stolku výši hladiny tak, aby měřicí drátek byl ponořen asi 2 mm pod hladinu kapaliny. Poznáme to též podle pohybu jazýčku vahadla. Výsuvným stolečkem zvýšíme nebo snížíme hladinu, až se jazýček vahadla kryje s ryskou na zrcátku.

Pomocí torzního knoflíku drátek opět ponoříme, aniž pohneme knoflíkem výsuvného stolku (hladina musí zůstat v nastavené výši). Nyní otáčíme torzním knoflíkem vlevo, až se drátek opět dotkne

hladiny. Zkontrolujeme, zda se jazýček kryje s rýskou na zrcátku. Jestliže ano, pak hodnotu na stupnici danou ukazovákem odečteme a poznameníme (F_2). Jestliže se jazýček nekryje s rýskou, musíme vyvážení tělíska opakovat.

Odtržení provádíme dalším otočením torzního knoflíku vlevo za současného snižování hladiny kapaliny (knoflíkem výsuvného stolku) tak, aby se jazýček dále kryl s rýskou. Po určitém otočení knoflíku, které je úměrné povrchovému napětí, se rámeček odtrhne. Novou polohu ukazováku odečteme a poznameníme (F_1). Povrchové napětí potom bude dáno vzorcem

$$\sigma = \frac{F_1 - F_2}{2l} ,$$

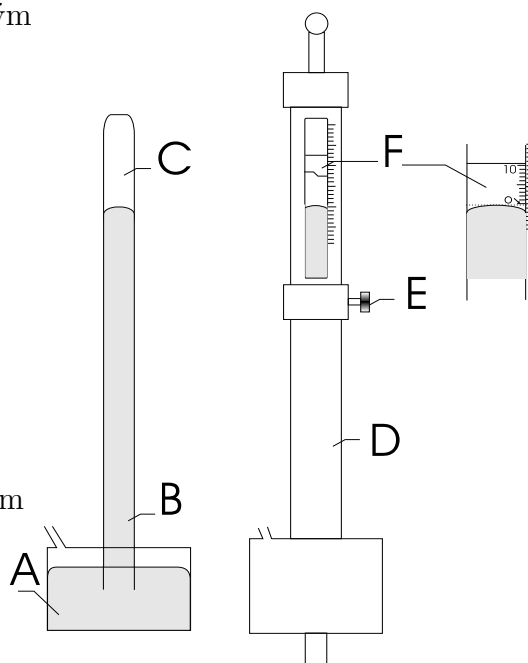
kde l je délka odtrhovaného drátku.

3. Rtuťový barometr

Barometr tvoří nádoba A se rtutí, do níž je dolním otevřeným koncem ponořena vlastní barometrická skleněná trubice B naplněná částečně rtutí tak, aby v jejím horním uzavřeném konci C bylo vakuum. Barometrická trubice je umístěna v kovovém válcovém pouzdře, v horní části opatřeném dvěma proti sobě ležícími průřezy, ve kterých se pomocí knoflíku E posouvá válcová trubice F, jejíž dolní hrana slouží za průzor. Vedle průřezu v horní části trubice D je vynesena stupnice, na níž se odečítá barometrický tlak pomocí nonia vyrytého na posuvném průzoru F. Vzdálenost dílků stupnice i nonia je vypočtena tak, že respektuje pokles hladiny rtuti v nádobce A při stoupání hladiny rtuti v trubici B a naopak.

Odečtení polohy rtuťové hladiny se provádí tak, že knoflíkem E posuneme průzor F do takové polohy, abychom jeho přední a zadní hranu viděli v zákrytu s vrcholem rtuťové hladiny v trubici B. Barometrický tlak v torrech udává nultý dílek nonia ležící ve výšce dolní hrany průzoru na oblém výstupku na pravé straně.

1 Torr = 1,333 22 · 10² Pa (přesně).



Obr. II.3.1. Rtuťový barometr

4. Ručkové (analogové) měřicí přístroje

Základní funkční princip všech analogových elektrických měřicích přístrojů je v podstatě stejný. Měřená veličina (proud, napětí) působí momentem síly na měřicí ústrojí spojené s pružinou vyvolávající opačný moment (direkční moment), rostoucí s úhlem otočení systému. Systém se natočí do takové polohy, ve které se oba momenty vzájemně vyrovnávají. Úhel otočení systému ukazuje ručka s ním spojená.

Podle fyzikálního principu lze nejčastěji používané analogové přístroje měřící elektrické veličiny rozdělit na následující skupiny:

1. *Soustava s otočnou cívkou* (jinak magnetoelektrická nebo Deprézova-d'Arsornvalova) — využívá síly působící v poli permanentního magnetu na cívku protékanou měřeným proudem.

2. *Soustava elektrodynamická* — využívá síly působící na cívku protékanou měřeným proudem v magnetickém poli jiné cívky, protékané rovněž měřeným proudem.
3. *Soustava elektromagnetická* — využívá síly působící na ferromagnetické jádro vtahované do dutiny cívky protékané měřeným proudem.
4. *Soustava rezonanční* — využívá mechanické rezonance části měřicího ústrojí naladěné na určitý kmitočet k měření kmitočtu střídavého proudu.

a) Některé technické údaje o měřicích přístrojích

1. Značí-li A_s skutečnou hodnotu měřené veličiny (např. proudu nebo napětí) a A_u hodnotu veličiny, kterou udává přístroj, je $\Delta A_u = A_u - A_s$ *absolutní chyba údaje*. *Korekce* $k = -\Delta A_u$ je veličina, kterou musíme přičíst k odečtenému údaji, abychom dostali skutečnou hodnotu. U přesných přístrojů bývá připojena korekční tabulka pro několik dílků stupnice (např. pro dílky 10, 20, ..., 100). Korekce znázorněná graficky je *korekční křivka*.

Chyba přístroje δ_p je relativní chyba vyjádřená vztahem

$$\delta_p = \frac{A_u - A_s}{A_{max}} \cdot 100\% \quad ,$$

kde A_u a A_s mají stejný význam jako v předchozích dvou vzorcích, A_{max} je největší hodnota použitého měřicího rozsahu.

2. *Třída přesnosti* udává největší dovolenou chybu přístroje. Jsou stanoveny tyto třídy přesnosti: 0,1 ; 0,2 ; 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; 2,5 .

(Poznámka: Třída přesnosti 0,2 značí, že největší dovolená chyba přístroje je 0,2 %.)

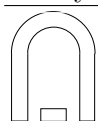
3. Izolace mezi měřicím ústrojím a kovovými částmi přístroje, jichž se lze při obsluze dotknout, se zkouší po dobu jedné minuty zkušebními napětími podle následující tabulky. Je-li pouzdro nevodivé, obalí se při zkoušce staniolem.

Nejvyšší napětí, pro něž je přístroj určen	Zkušební napětí střídavé 50 Hz, efektivní hodnota
do 40 V	500 V
od 40 V do 650 V	2 000 V
od 650 V do 1 500 V	5 000 V

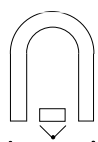
Zkušební napětí se vyznačuje na stupnici přístroje: hvězdička bez čísla značí zkušební napětí 500 V; hvězdička s vepsanou dvojkou značí 2 000 V;

4. Některé často užívané značky na stupnicích přístrojů.

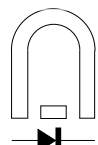
Druhy měřicích ústrojí:



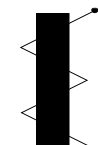
s otočnou cívkou (Depréz d'Arsonval)



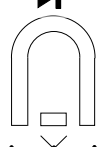
s otočnou cívkou a termo-
elektrickým měničem izolo-
vaným



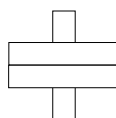
s otočnou cívkou a
usměrňovačem



elektromagnetický



s otočnou cívkou a termo-
elektrickým měničem
neizolovaným



elektrodynamický

<u>Druh proudu</u>	<u>Jiné značky</u>	<u>Poloha stupnice při měření</u>
— stejnosměrný	↓ přívod od zdroje	⊥ svislá
~ střídavý	⊥ zemnicí svorka	— vodorovná
— i ~ stejnosměrný střídavý	↻ nastavení nulové polohy	∠ 60° šikmá; s udaným úhlem sklonu bez značky libovolná

b) Avomet

Použití:

Avomet je univerzální měřicí přístroj, kterým je možno přímo měřit stejnosměrné i střídavé napětí a proud a nepřímo ohmické, izolační i zdánlivé odpory, kapacitu, výkon i zjišťovat charakteristiky spotřebičů. Pro měření střídavého proudu a napětí je vmontován stykový usměrňovač v Grätzově zapojení.

Konstrukce přístroje:

Přístroj má tři připojovací svorky a tři přepínače. Jeden přepínač přepíná rozsah proudu, druhý rozsah napětí, třetí umožňuje jednak přejít z měření proudu na měření napětí, jednak z hodnot stejnosměrných na střídavé a naopak.

Prostřední svorka je společná jak pro měření proudu tak i pro měření napětí, levá svorka označená A slouží pro měření proudu, pravá svorka označená V slouží pro měření napětí. Mezi svorkami jsou dvě zdířky, které slouží k měření stejnosměrného napětí do 60 mV a 300 mV.

Stupnice je podložena zrcadlem a má trojí dělení. Horní stupnice (vnější) slouží k měření střídavého proudu a napětí, prostřední pro měření stejnosměrného proudu a napětí, spodní stupnice slouží k měření střídavého napětí do 1,2 V.

Měřicí rozsahy: Přístroj bez příslušenství má celkem 34 rozsahy. Rozsahy jsou voleny tak, aby konstanty byly čísla 1, 2 a 5 a jejich desetinné násobky. Všechny rozsahy jsou dimenzovány pro trvalé zatížení, jen rozsah 6 A střídavého proudu se doporučuje zatěžovat pouze krátkodobě. Všechny rozsahy napětí mimo rozsah do 60 mV mají spotřebu 1 mA, tj. 1 000 Ω/V.

Konstanty přístroje:

Rozsahy proudu	mA						A	
	1,2	3	12	30	120	300	1,2	6
Konstanty	0,02	0,05	0,2	0,5	2	5	0,02	0,1

Rozsahy napětí	mV		V							
	60	300	1,2	6	12	30	60	120	300	600
Konstanty	1	5	0,02	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10

Měření napětí:

Avometem je možno měřit přímo bez dalšího vnějšího příslušenství stejnosměrné napětí od 1 mV do 640 V a střídavé napětí od 0,2 V do 640 V. Před každým měřením postavíme přepínač proud-napětí značkou – nebo \sim na písmeno V, podle toho, chceme-li měřit stejnosměrné nebo střídavé napětí. Rozsahový přepínač nastavíme na největší rozsah 600 V. Ukáže-li přístroj výchylku menší než je hodnota sousedního rozsahu, přepneme přepínač na nižší rozsah.

Tabulka spotřeby v obvodu napětí

Rozsah V	Odpor Ω	Při plné výchylce	
		mA	mW
0,06 =	asi 270	asi 0,22	0,013
0,3 =	300	1	0,3
1,2 \simeq	1 200	1	1,2
6 \simeq	6 000	1	6
12 \simeq	12 000	1	12
30 \simeq	30 000	1	30
60 \simeq	60 000	1	60
120 \simeq	120 000	1	120
300 \simeq	300 000	1	300
600 \simeq	600 000	1	600

Měření proudu:

Avometem lze měřit přímo bez příslušenství stejnosměrný proud od $20\mu\text{A}$ do 6,4 A. Při měření proudu postupujeme obdobně jako při měření napětí, používáme však přepínače proudu. Přepínač proud – napětí postavíme příslušnou značkou – nebo \sim na písmeno A.

Tabulka spotřeby v obvodu stejnosměrného proudu

Rozsah A	Odpor Ω	Při plné výchylce	
		mV	mW
0,001 2	asi 100	asi 120	asi 0,145
0,003	asi 46	asi 138	asi 0,42
0,012	12,3	148	1,8
0,03	5	150	4,5
0,12	1,25	150	18
0,3	0,5	150	45
1,2	0,125	150	180
6	0,025	150	900

Tabulka spotřeby v obvodu střídavého proudu

Rozsah A	Odpor Ω	Při plné výchylce	
		V	W
0,001 2	asi 1000	asi 1,2	asi 0,001 45
0,003	asi 460	asi 1,38	asi 0,004 5
0,012	123	1,48	0,018
0,03	50	1,5	0,045
0,12	12,5	1,5	0,18
0,3	5	1,5	0,45
1,2	1,25	1,5	1,8
6	0,25	1,5	9

Poznámka: Příslušenstvím (bočník, předřadný odpor, transformátor proudu) lze rozšířit stejnosměrné i střídavé rozsahy napětí i proudu.

Ke zvětšení stejnosměrného proudového rozsahu lze použít odděleného bočníku (v bakelitové skřínce) pro dva rozsahy proudu, a to do 30 A a 120 A. (Bočník se zapojuje na svorky + a 60 mV.)

Ke zvětšení stejnosměrného a střídavého rozsahu napětí do 1 200 V lze užít odděleného předřadného odporu (v bakelitové skřínce). (Předřadný odpor se zapojuje na napěťové svorky na avometu.)

Ke zvětšení rozsahu střídavého proudu lze užít malého měřicího transformátoru proudu. Primární rozsahy proudu jsou 15, 25, 100, 150 a 300 A, sekundární proud 5 A. Rozsahy 15, 25 a 50 A jsou vyvedeny na svorky transformátoru, vyšší rozsahy tvoříme provléknutím kabelu (3× při 100 A, 2× při 150 A) a provléknutím přípojnice (1× 300 A). Sekundární strana je opatřena spínačem nakrátko a připojuje se na rozsah přístroje 6 A \sim .

5. Digitální měřicí přístroje - ampérmetr, voltmetr

a) Některé údaje o měřicích přístrojích

Při měření nás vždy musí zajímat, jak měřicím přístrojem ovlivňujeme náš experiment. Nová generace digitálních přístrojů částečně řeší problém analogových voltmetrů s relativně nízkým vnitřním odporem. Vnitřní odpor digitálních voltmetrů se pohybuje řádově kolem desítek $M\Omega$, takže u většiny měření se tímto problémem nemusíme zabývat. Digitální ampérmetry mají však relativně vysoké vnitřní odpory stejně jako analogové. Např. u Goldstar DM 7241 zjistíme vnitřní odpor na rozsahu 2 mA 100.4 Ω , na 20 mA 10.1 Ω a na 200 mA 0.8 Ω .

Pro ilustraci těchto problémů uvádíme technické parametry digitálního multimetru V 560, jak je uvádí výrobce ve svém návodu.

b) Digitální multimetr V560

Digitální multimetr V 560 je přenosný mnohoúčelový měřicí přístroj, umožňující měření stejnosměrných proudů a napětí v rozsahu 10 μV až 650 V, $1 \cdot 10^{-8}\text{A}$ až 1 A a střídavých proudů a napětí v těchto hodnotách ve frekvenčním rozsahu 30 Hz až 100 kHz (se zvláštní vysokofrekvenční sondou v rozsahu 50 mV až 10 V ve frekvenčním rozsahu 1 kHz až 1 000 MHz).

Technické parametry

Měření stejnosměrných napětí

Rozsahy: 100 mV, 1 mV, 10 V, 100 V, 1 000 V
 Chyba měření: rozsah 100 mV a 1 V $\pm 0,1$ % měřené hodnoty
 rozsah 10 V, 100 V, 1 000 V: $\pm 0,2$ % měřené hodnoty

Vstupní proud: $5 \cdot 10^{-10}$ A
Vstupní odpor: $10 \text{ M}\Omega$

Měření střídavých napětí:

Rozsahy: 100 mV, 1 V, 10 V, 100 V, 1 000 V
Chyba měření: ve frekvenčním rozsahu 30 Hz až 100 kHz $\pm 0,5\%$ měřené hodnoty
pro všechny rozsahy
ve frekvenčním rozsahu 10 kHz až 100 kHz $\pm 5\%$ měřené hodnoty
pro všechny rozsahy
Vstupní odpor: $1 \text{ M}\Omega$
Vstupní kapacita: 75 pF

Měření stejnosměrných proudů:

Rozsahy: $100 \mu\text{A}$, 1 mA, 10 mA, 100 mA, 1 A
Chyba měření: $\pm 0,5\%$ měřené hodnoty pro všechny rozsahy
Úbytek napětí na vstupu: 100 mV

Měření střídavých proudů:

Rozsahy: $100 \mu\text{A}$, 1 mA, 10 mA, 100 mA, 1 A
Chyba měření ve frekvenčním rozsahu 30 Hz až 10 kHz $\pm 0,5\%$ měřené hodnoty
Úbytek napětí na vstupu: 100 mV

Měření odporů:

Rozsahy: 10Ω , 100Ω čtyřbodovou metodou pomocí
vestavěného izolovaného zdroje proudu 10 mA
 $1 \text{ k}\Omega$, 10Ω , $100 \text{ k}\Omega$, $1 \text{ M}\Omega$, $10 \text{ M}\Omega$
přímo na vstupních svorkách multimetru
Chyba měření: $\pm 0,5\%$ pro všechny rozsahy

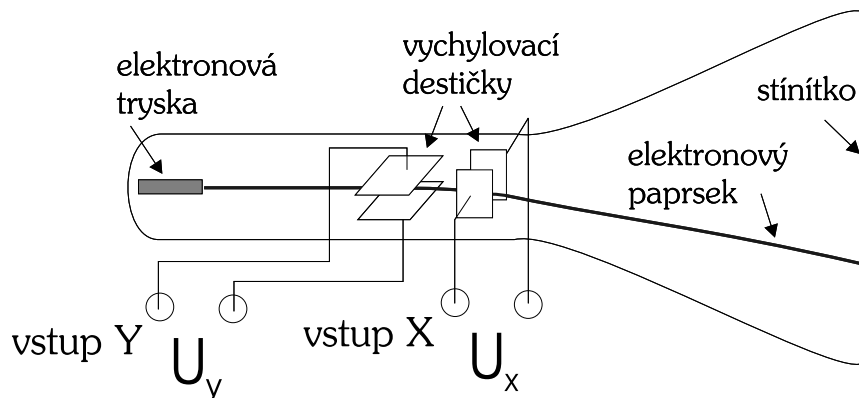
Popis přístroje:

Na čelním panelu je umístěno v horní polovině pět okének displeje, vlevo od nich signálka označená AC, signalizující měření střídavých veličin. V dolní polovině vlevo jsou dvě vstupní svorky a vedle nich dvě skupiny ovládacích tlačítek. Tlačítka levé skupiny (function) se volí druh měřené veličiny (V, A, Ω), tlačítkem AC se zapíná měření střídavého napětí a proudu. Tlačítka pravé skupiny se volí rozsah. Na zadní stěně je konektor pro síťový přívod, síťový vypínač (v pravém horním rohu při pohledu na čelní desku) a vývod vestavěného pomocného zdroje proudu 1 mA.

6.Osciloskop

Osciloskop slouží ke sledování rychlých elektrických průběhů.¹ Rozlišujeme dva pracovní režimy:

- **X-Y mód** ... sledujeme bod na obrazovce, jehož pohyb ve vertikálním směru je řízen velikostí napětí na vstupu Y a horizontální pohyb je řízen napětím na vstupu X. Pozorujeme tedy aktuální situaci koncového bodu vektoru ($U_x(t), U_y(t)$) v grafu s osami U_x a U_y .
- **t-Y resp. čas-Y mód (s rozmítáním)** ... sledujeme bod na obrazovce, jehož pohyb ve vertikálním směru je řízen napětím na vstupu Y, zatímco horizontální pohyb je řízen vnitřně tak, aby se bod opakovaně v pravidelných intervalech pohyboval zleva doprava (tzv. časová základna). Tímto se na obrazovce objeví časová závislost napětí $U_y(t)$ v grafu s osami t, U_y . Ustálený obrázek vidíme ale jen tehdy, pokud jde o rychlé periodické děje vhodně sesynchronizované s časovou základnou.



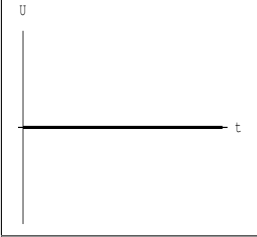
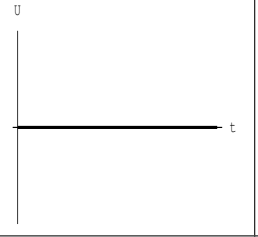
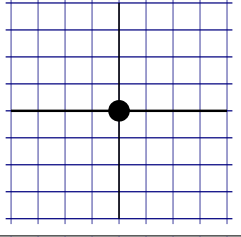
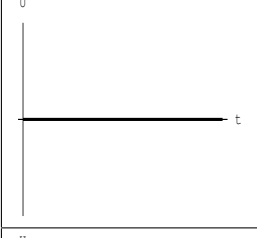
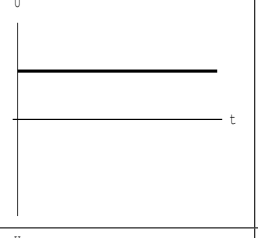
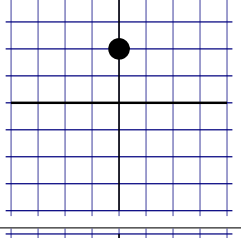
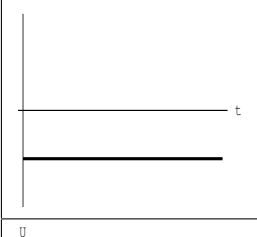
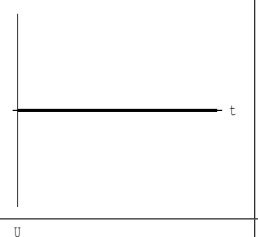
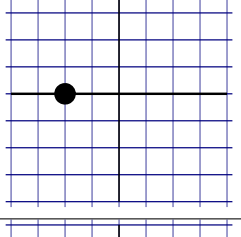
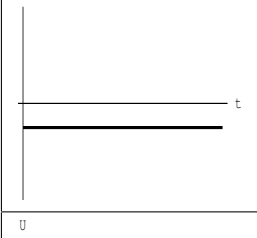
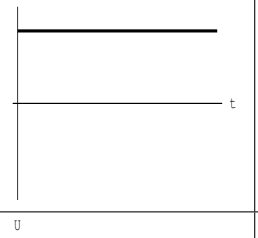
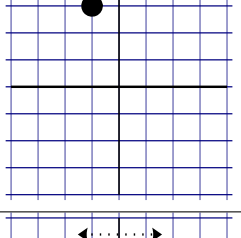
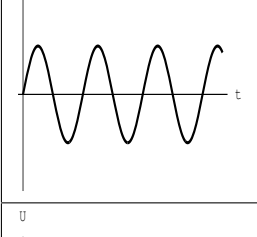
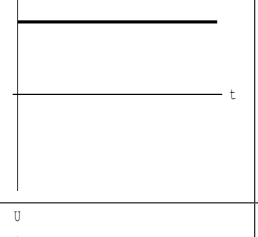
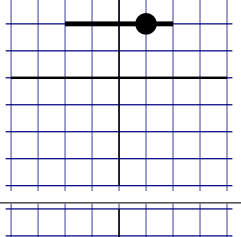
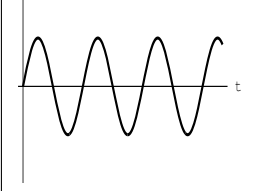
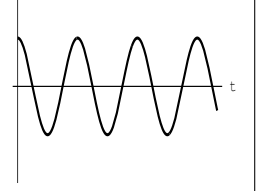
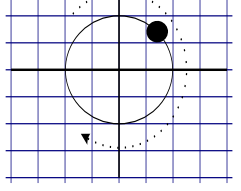
Obr. II.6.1. Schéma osciloskopu²

Principiální schéma osciloskopu je na obr.II.6.1. Tvoří jej obrazová elektronka s elektronovou tryskou, dva páry vychylovacích destiček a stínítko. Elektrony jsou urychlovány směrem ke stínítku a procházejí dvěma páry vychylovacích destiček. Zde jsou vychylovány z přímého směru podle přiloženého napětí na destičkách vlivem elektrického pole buď v horizontálním anebo ve vertikálním směru. Elektrony se na stínítku obrazovky vysvítí a jejich výchylka od středu je složením výchylky v x směru díky napětí U_x na X vstupu a výchylky v y směru díky napětí U_y na Y vstupu.

Tabulka II.6.1 znázorňuje několik základních pozic bodu na obrazovce podle přiloženého napětí:

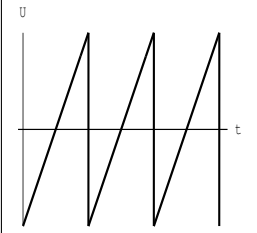
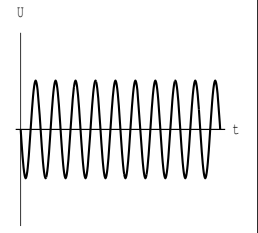
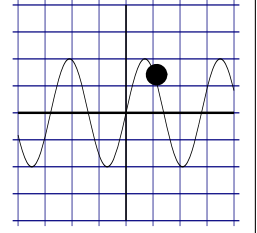
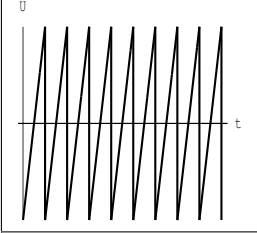
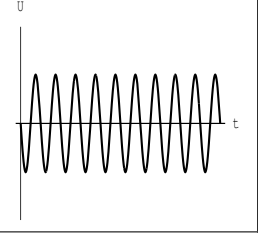
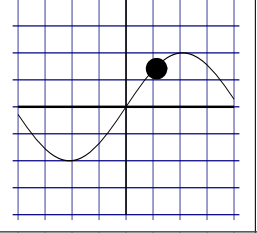
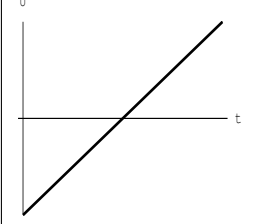
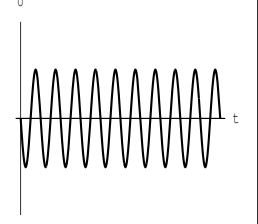
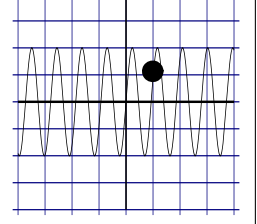
¹V jeho možnostech je sledování především periodických signálů, u paměťových osciloskopů i ostatních signálů.

²Všechna uvedená schémata jsou v zájmu jednoduchosti pouze ilustrativní.

$U_x(t)$	$U_y(t)$	Obrazovka	Poznámka
			Bod je na stínítku v centru os - nevychýlen
			Bod je vychýlen pouze ve směru vertikálním
			Bod je vychýlen pouze ve směru horizontálním
			Výsledná poloha bodu je dána složením x-ové a y-ové výchylky
			Bod kmitá v horizontálním směru. Pokud frekvence U_x přesáhne rozlišovací schopnost oka, vnímáme pouze vysvícenou úsečku.
			Bod opisuje kružnici (Lissajousův obrazec)

Tabulka II.6.1 Základní pozice bodu na obrazovce osciloskopu podle průběhu napětí na U_x a U_y

Nová možnost osciloskopu se ukáže tehdy, přivedeme-li na vstup X tzv. pilové napětí. Tabulka č.II.6.2 dokumentuje takovou situaci pro tři frekvence pilového napětí. Vidíme, že takovýmto způsobem lze sledovat průběh resp. "rozmítat" napětí na Y vstupu.

$U_x(t)$	$U_y(t)$	Obrazovka	Poznámka
			Rozmítání signálu U_y pomocí tzv. časové pily.
			Podle frekvence časové pily můžeme sledovat detailní průběh signálu (pila s frekvencí 3x vyšší než na předchozím obrázku).
			Při pomalejší pile sledujeme delší časový úsek signálu.

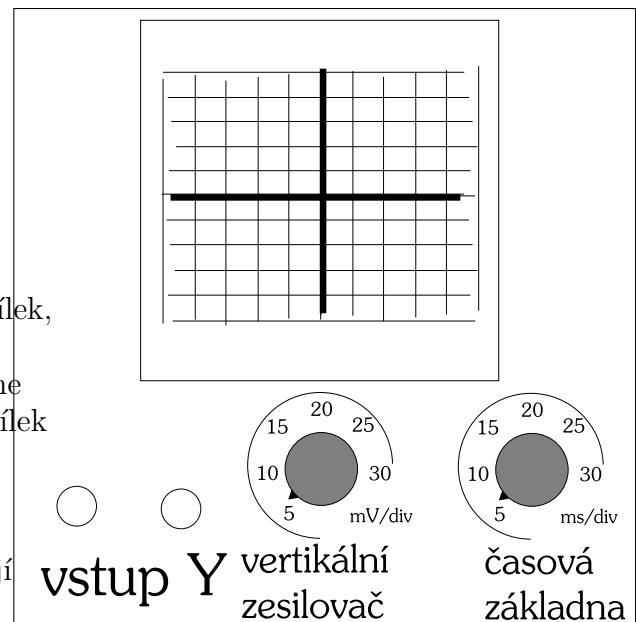
Tabulka II.6.2 Časové rozmítání napětí U_y pomocí pilového průběhu napětí U_x

Tato funkce je tak významná, že oscilokopy mají uvnitř zabudovaný zdroj pilového napětí (tzv. časovou základnu) s proměnnou frekvencí. Takto funguje mód **t-Y** resp. **čas-Y** mód (s rozmítáním). Základní řada osciloskopů dokonce neumožňuje provoz v X-Y módu.

Základní konfigurace osciloskopu (obr. II.6.2) má tyto prvky: obrazovku, Y-vstup, vertikální zesilovač a řízení frekvence časové základny.

Obrazovka má tzv. rastr (mřížku), který udává stupnici na obou osách. Konkrétní hodnoty jsou dány ovládacími prvky, které nastavují kolik voltů je na dílek ve vertikálním směru (vertikální zesilovač) a kolik sekund (častěji ms , μs) na dílek je ve směru horizontálním. Pokud je např. nastaveno $1V/dílek$ a $5ms/dílek$, pak rozsah osciloskopu na obrázku je $(-5V, 5V)$ a na horizontále vidíme časový úsek $50ms$. Typicky se setkáme s osciloskopy, které mají rozsahy od $5V/dílek$ do $5mV/dílek$ ve vertikálním směru a v horizontálním od $2s/dílek$ do $0.1 \mu s/dílek$.

V praxi se ještě setkáme s dokonalejšími typy. Existují např. tzv. dvoukanálové oscilokopy, které umožňují sledovat najednou průběh dvou signálů a dalším typem je paměťový osciloskop, který umožňuje sledování jednorázových dějů.

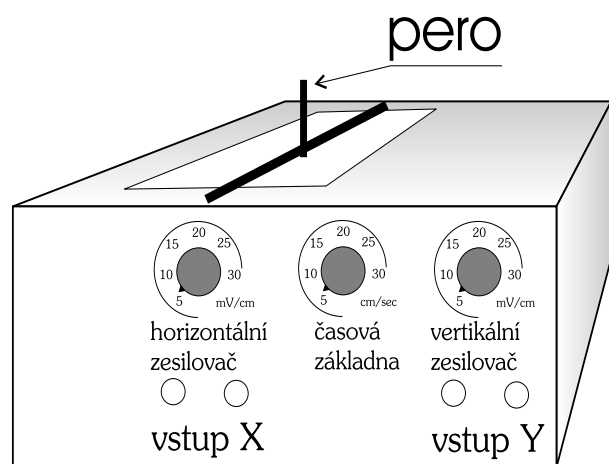


Obr. II.6.2 Ovládací prvky osciloskopu

7. XY zapisovač

XY zapisovač slouží ke sledování pomalých elek-

trických průběhů.³



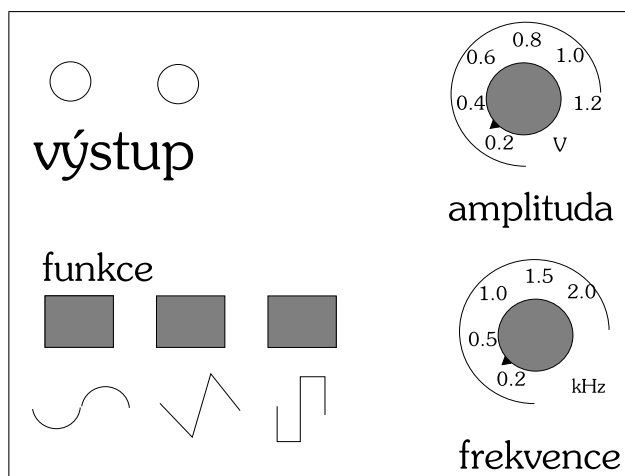
Obr.
II.7.1
XY
zapisovač
pohyb v x směru řídit vnitřním generátorem a fungovat podobně jako osciloskop v t-Y resp. čas-Y módu.

Tvoří jej plocha, na kterou se upevňuje papír, držadlo s psacím zařízením, X vstup, Y vstup a ovládací prvky (obr.II.7.1). Pracuje na velmi podobném principu jako osciloskop. Pohyb pera na papíře je řízen motorky, podobně jako vysvícený bod na osciloskopu v x a y směru napětími na vstupech X a Y. Stupnice je nyní vedena v centimetrech a ovládací prvky určují citlivost kreslení ve voltech na centimetr.

Pro XY zapisovač platí tabulka č.1 a č.2 u osciloskopu s jediným rozdílem, že změny napětí musí být pomalé, aby zapisovač vůbec stačil vykreslovat na papír.

Rozměry plochy pro papír zapisovače mohou být 39cm x 27cm⁴, a tak např. při citlivosti 1V/cm v x směru a 0.2mV/cm v y směru získáme rozsah 39V x 5.4mV. Typicky se setkáme s citlivostmi v x a y směru od 1 mV/cm do 20 V/cm. Jinak i XY zapisovač může

8. Frekvenční generátor



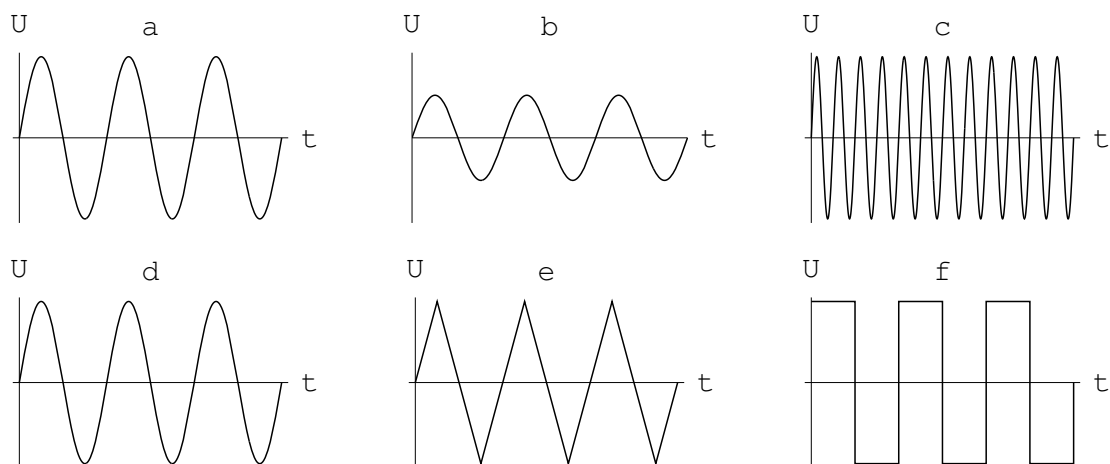
Obr. II.8.1. Frekvenční generátor s ovladači amplitudy a frekvence a přepínači funkcí

Slouží ke generování periodických napěťových signálů.

Klasický FG je schopen generovat tři typy periodického signálu - tzv. sinusový, pilový a obdélníkový. Ovládací prvky nastavují frekvenci, amplitudu a typ signálu. Obr. II.8.2 ilustruje jeho možnosti. V možnostech frekvenčních generátorů může ještě být tzv. rozmitání frekvence, tj. generátor automaticky v pravidelných intervalech lineárně zvětšuje frekvenci od f_{min} do f_{max} . Dále je schopen měnit symetrii generovaných funkcí, tj. např. u pilovité funkce mohou být měněny úhly ve vrcholech průběhů. Dále je možné nastavit tzv. offset, který umožňuje měnit rovnovážnou polohu napěťového průběhu.

³S výhodou se dá použít ke grafickému vyjádření fyzikálních závislostí - viz úloha č.12

⁴Tedy maximálně pro A3



Obr. II.8.2. Možné výstupy frekvenčního generátoru: a) základní sinusový průběh, b) amplituda dvakrát menší proti a, c) frekvence 4x větší proti a, d) základní sinusový průběh, e) pilový průběh, f) obdélníkový průběh

9. Počítač v experimentální praxi

Počítač dokáže zaznamenat časový vývoj napětí, měřit čas mezi napěťovými signály (pro měření v experimentu), generovat libovolné časové průběhy napětí a nastavit v digitální formě stav výstupu (pro řízení experimentu).

Základní módy jsou:

- Analog IN
- Digital IN
- Analog OUT
- Digital OUT

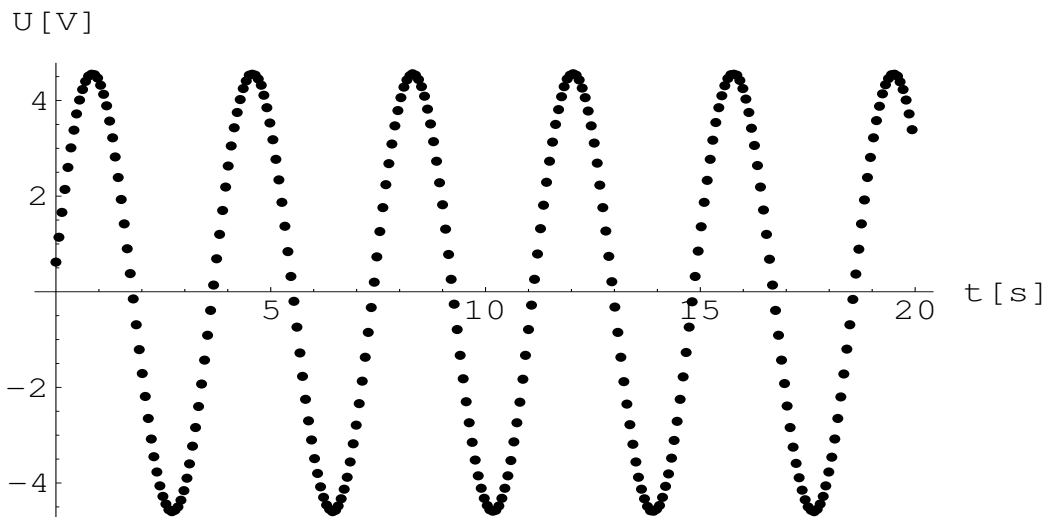
Počítač se doplňuje o tzv. laboratorní kartu, která může mít např. tři analogové vstupy a výstupy a po 12 či 24 digitálních vstupech a výstupech. U těchto karet se udává, jak rychle jsou schopny napětí "vzorkovat" (např. až milionkrát za sekundu) a s jakou citlivostí (např. 0.1 mV).

Analog IN dokáže zmonitorovat časový vývoj napětí na vstupu. Určíme celkový čas měření a intervaly, ve kterých se má měřit a výsledkem je soubor dvojic $(t_0, a_0), (t_1, a_1), (t_2, a_2), \dots, (t_i, a_i), \dots, (t_n, a_n)$, kde a_i je naměřená hodnota přímo ve voltech v čase t_i . Pokud měříme na třech vstupech najednou, dostaneme výsledek ve formě (t_i, a_i, b_i, c_i) . Tabulka č.II.9.1 a obrázek č.II.9.1 ilustrují příklad takového sběru u harmonického signálu. Pro práci od měření k prezentaci pak potřebujeme principiálně až tři programy:⁵ jeden, který řídí laboratorní kartu a výstupem z něj je prostý soubor dat; druhý, který data umí zpracovat do tabulek a grafů (Excel, Mathematica, Maple, MathCad, Famulus...); třetí, ve kterém se výsledky prezentují (Word, Latex...).

⁵Může to být samozřejmě i jen jeden

čas [s]	0.00	0.07	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.48	0.55	0.62
napětí [V]	0.62	1.14	1.66	2.14	2.60	3.01	3.38	3.72	4.01	4.23
čas [s]	0.69	0.76	0.83	0.90	0.97	1.04	1.11	1.18	1.25	1.32
napětí [V]	4.40	4.51	4.55	4.54	4.47	4.32	4.13	3.89	3.57	3.22
čas [s]	1.38	1.45	1.52	1.59	1.66	1.73	1.80	1.87	1.94	2.01
napětí [V]	2.82	2.39	1.93	1.42	0.90	0.38	-0.15	-0.69	-1.21	-1.71
čas [s]	2.08	2.15	2.22	2.28	2.35	2.42	2.49	2.56	2.63	2.70
napětí [V]	-2.19	-2.65	-3.08	-3.45	-3.77	-4.06	-4.28	-4.44	-4.56	-4.60

Tab. č. II.9.1. Část dat měření průběhu harmonického signálu generovaného frekvenčním generátorem.



Obr. II.9.1. Data naměřená sběrem dat přes počítač (viz tab. č. II.9.1)

Digital IN reaguje na stav přítomnosti napěťového signálu (tzv. logická 1 ... napětí přibližně od 3.5V do 5V), resp. nepřítomnosti (tzv. logická 0 ... napětí do 1 V). Používá se to buď na měření intervalů mezi nějakými ději (viz úloha č.4 ... průchod kyvadla "optickou bránou"), anebo na zjištění četnosti nějakého děje v určitém časovém intervalu (např. počet záchytnů γ kvant scintilačním počítačem ... úloha druhého běhu praktik).

Analog OUT dokáže podle zadání nastavit na svém výstupu libovolný stav anebo průběh napětí a Digital OUT nastavuje libovolný stav logických 0 a 1 na výstupu.⁶

11. Obecná poznámka k PC, osciloskopu, XY zapisovači a FG

Předchozí kapitoly ukazují, že PC, osciloskop a XY zapisovač, jejichž místo v experimentu je automatizace a pomoc při měření, dokáží zpracovávat do různých forem především stavy a průběhy napětí. Pokud chceme měřit jiné fyzikální veličiny, pak musíme najít nějaký definovaný fyzikální jev, který převádí požadovanou veličinu na napětí. Takto bylo zmapováno či vytvořeno celé spektrum sond, detektorů, čidel apod., které toto dovedou. Nejjednodušším případem může být např. odpor, který přes Ohmův zákon převede měření proudu na měření napětí.

Pokud sledujeme nějaký zákon fyzikálního systému FS (závislost veličiny y na x .. $y = FS(x)$) a naším cílem je zjistit jeho charakteristiku ve formě grafu, pak s pomocí těchto přístrojů můžeme přistoupit k tomuto problému i automatizovaně⁷. Potřebujeme k tomu dva prvky:

1. převodník napětí \rightarrow fyzikální veličina x
2. převodník fyzikální veličina $y \rightarrow$ napětí

⁶S touto funkcí se zatím v praktiku nesetkáme

⁷Toto se povede jen u určitých druhů experimentů, zdaleka to nebude fungovat obecně

Sestava bude vypadat následovně: Frekvenční generátor, který je napojen na X vstup osciloskopu, generuje harmonicky proměnné napětí v rozsahu od U_{min}^{in} do U_{max}^{in} a přes první převodník máme veličinu x "rozkmitávanou" v rozsahu od x_{min} do x_{max} . Náš sledovaný fyzikální systém "odpovídá" v závislé veličině y v rozsahu od y_{min} do y_{max} resp. od $FS(y_{min})$ do $FS(y_{max})$. Přes druhý převodník dostáváme napětí od U_{min}^{out} do U_{max}^{out} , které přivedeme na Y vstup osciloskopu. V módu XY vidíme na obrazovce přímo vykreslovanou závislost našeho fyzikálního systému. Totéž můžeme provést s XY zapisovačem a počítačem. Konkrétně viz. úloha č.12.