

# Osciloskop

**Osciloskop** je elektronický měřicí přístroj zobrazující průběhu napětí v čase.

Osciloskopy podle technického provedení dělíme na **analogové**, **digitální** a **softwarové**.

## Princip analogového osciloskopu

V principu se osciloskop skládá ze tří částí:

- obrazovka (obrazová elektronka)
- vertikální zesilovač
- generátor časové základny

K těmto částem je pochopitelně třeba přidat zdroje vysokého napětí potřebného k dostatečnému urychlení elektronů v obrazovce a dostatečně tvrdých proudových zdrojů pro žhavení.

### Obrazová elektronka

Pro princip analogového osciloskopu je klíčová obrazovka s elektrostatickým vychylováním, jejíž princip je znázorněn na obrázku. Zhruba lze princip shrnout do konstatování, že obrazovka funguje tak, že jsou v jedné její části emitovány elektrony, ty jsou zaostřeny, cíleně vychylovány a dopadají na světélkující látku. Z toho je patrné, že podmínkou fungování obrazovky je vakuum uvnitř obrazovky. Dále je třeba poznamenat, že právě elektrostatickým vychylováním se tato obrazovka dosti podstatně liší od obrazovek televizních, které k vychylování elektronů používají magnetického pole cívek.

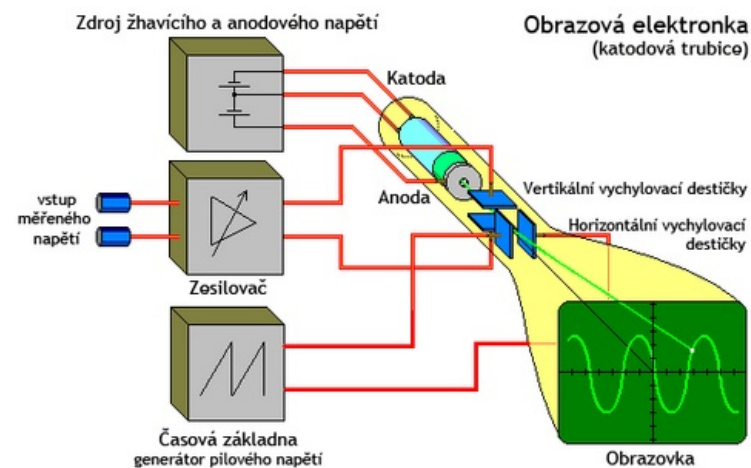


Schéma analogového osciloskopu

První částí obrazovky, která je na obrázku i při obvyklém použití obrazovky nejdále od nás, je elektronové dělo nebo též katodová trubice. Dokonce anglické pojmenování (cathode ray tube) dalo základ označení monitorů CRT. Elektronové dělo začíná přímo žhavenou katodou, tedy v principu drátkem z materiálu odolného vysoké teplotě. Při jeho zahřívání se do okolí uvolňují elektrony (termoemise elektronů), jejich množství závisí na teplotě a tedy na žhavicím proudu. Katoda je zároveň nositelem záporného potenciálu vůči dále umístěné anodě. Mezi anodou a katodou tedy vzniká elektrické pole, které přitahuje elektrony k anodě. Protože na elektrony v elektrickém poli působí síla, jsou samozřejmě urychlovány. Mezi katodou a anodou jsou umístěny další elektrody se záporným potenciálem, jejichž úkolem je fokusace elektronového paprsku. Vlastní anoda je uzpůsobena tak, aby elektronový paprsek alespoň částečně prolétl a mohl pokračovat dále.

Za elektronovým dělem se nachází systém vychylovacích elektrod. V principu jde o dva páry destiček, jeden pár je umístěn horizontálně a druhý pár vertikálně. Podle polarity a velikosti napětí připojeného je elektronový paprsek vychýlen doleva či doprava v případě horizontálních vychylovacích destiček (jejichž plošky jsou svislé!), respektive nahoru či dolů v případě vertikálních vychylovacích destiček. Úhel, jakého lze dosáhnout, se obvykle pohybuje kolem 15°, takže k tomu, aby bylo stínítko dostatečně velké, musí být obrazovka poměrně dlouhá.

Poslední částí obrazovky je stínítko pokryté luminoforem. To je látka, která po dopadu elektronů přejde do excitovaného stavu a do základního stavu se vrací vyzařováním fotonů ve viditelné oblasti. Stínítko bývá doplněno filtry, protože při provozu obrazovky vzniká i rentgenové záření.

pozn. 1: Magnetické vychylování sice dosahuje mnohem vyšších úhlů, ale má hned dvě nevýhody, díky kterým nelze použít v osciloskopu. První nevýhodou je, že výchylka elektronového paprsku závisí na proudu procházejícím vychylovací cívkou nelineárně, takže by bylo třeba do osciloskopu tuto nelinearitu obtížně zavádět. Druhou nevýhodou je nárůst impedance vychylovacích cívek s frekvencí. Již při poměrně nízkých frekvencích dosahuje takových hodnot, že přestává být prakticky realizovatelným vhodný zesilovač.

pozn. 2: Vlastnosti luminoforu mohou být různé dle aplikací. U televizoru nebo u běžného osciloskopu se požaduje, aby luminofor velmi rychle vyhasl. V jiných aplikacích se naopak požaduje, aby svítil co nejdéle. Takovými aplikacemi byly např. radary (požadavek, aby luminofor svítil tak dlouho, aby operátor zaregistroval cíl) nebo paměťové osciloskopy zaznamenávající jednorázové děje (požadavek, aby stopa na stínítku svítila tak dlouho, dokud nebude vyhodnocena nebo vyfotografována).

pozn. 3: U černobílých televizorů bylo žádoucí bílé světlo, u osciloskopů se stalo standardem zelené. Barevné obrazovky se v principu neliší, jen je jejich systém "ztrojený" pro červenou, zelenou a modrou barvu. Vnímaná barva pak vznikne kombinací různých intenzit jednotlivých složek.

### Vertikální zesilovač

Vertikální zesilovač slouží k zesílení měřeného napětí natolik, aby bylo schopno po přivedení na vertikální vychylovací destičky dostatečně vychýlit elektronový paprsek v obrazovce. Přirozenými požadavky jsou vysoký vstupní odpor (aby co nejméně zatížil měřený obvod) a široká frekvenční charakteristika (aby co nejméně

zkresloval rychlé děje). Nastavitelným zesílením se přepíná napěťový rozsah.

Většina osciloskopů má vstupní zesilovače dva, nazývají se kanál A a B. Přepínáním je pak umožněno zobrazit kanál A, kanál B nebo oba průběhy současně.

pozn. 1: K zobrazení dvou průběhů se používají dva režimy. V režimu ALT, který je vhodnější pro signály s vyšší frekvencí, se střídavě zobrazují kanály A a B. V režimu CHOP, ve kterém se s vysokou frekvencí přepíná mezi kanály A a B je vhodnější pro signály s nižší frekvencí.

pozn. 2: Dalším obvyklým režimem je režim XY, při kterém je signál z jednoho kanálu přiveden na horizontální a z druhého na vertikální vychylovací destičky. Toto uspořádání slouží např. k měření frekvence srovnáním s etalonem pomocí Lissajouseových obrazců.

## Časová základna

Časová základna slouží k řízení pohybu elektronového paprsku zleva doprava (z pohledu obsluhy) při běžném provozu. Vlastně nejde o nic jiného než o generátor napěťových pulsů pilovitého tvaru. Při pomalejším vzrůstu napětí se elektronový paprsek pohybuje a zanechává stopu. Při rychlejším pokesu, tzv. zpětném běhu, je technicky zajištěno, že se elektronový paprsek přeruší. Nastavením frekvence časové základny se mění časové rozlišení osciloskopu.

Začátek pilového pulsu může být určen několika způsoby. Nejjednodušší je volně běžící časová základna, při které jsou generovány pilové pulsy s pevnou frekvencí. To ovšem v obecném případě může vést k tomu, že se obraz na stínítku pohybuje. Řešením je buď jemná korekce frekvence časové základny (časová lupa), nebo použití spouštěné časové základny. Ve druhém případě je pilový puls vygenerován jen za daných podmínek, obvykle že napětí na vstupu dosáhne jisté hodnoty.

pozn.: Většina osciloskopů má možnost ještě tzv. externího spouštění. Tedy že se do osciloskopu přivede další signál sloužící výhradně k řízení časové základny.

## Digitální osciloskopy

Digitální osciloskop se v principu skládá z několika částí:

- zesilovač
- A/D převodník
- vestavěný počítač
- LCD displej

Zesilovač slouží především k zesílení příliš slabých signálů a k nastavování rozsahu. Požadavky jsou obvyklé, tedy co největší vstupní odpor a co nejlepší frekvenční charakteristika.

Analogově digitální převodník slouží k převodu napětí na výstupu vstupního zesilovače do číslicové podoby. Je požadováno, aby převáděl co nejrychleji, aby bylo možné sledovat dostatečně rychlé děje, tedy aby byla co nejvyšší vzorovací frekvence (počet měření za sekundu). Na straně druhé je požadováno, aby byla co nejmenší diskretizační chyba, tj. aby bylo napětí převedeno na co největší počet číslic. Bohužel při technické realizaci jsou tyto požadavky do jisté míry protichůdné.

Vestavěný počítač provádí analýzu měřeného signálu a jeho zobrazení na LCD displeji. Starší a levnější typy digitálních osciloskopů umožňují jen jednoduchou analýzu spočívající nanejvýš ve změření napětí (někdy i maximálního, efektivního a středního) a frekvence. Moderní typy umožňují provádět poměrně pokročilou analýzu signálu (Fourierova analýza, výkonové spektrum), vestavěný počítač pak umožňuje bezproblémový export naměřených dat do osobního počítače k další analýze nebo třeba připojení osciloskopu na sběrnici (např. GPIB), která umožňuje řídit složitější měření z jednoho počítače.

## Softwarový osciloskop

Softwarový osciloskop je založen na stejném principu jako osciloskop digitální. Liší se především tím, že využívá komponenty běžného počítače, na kterém je spuštěn. Jako vstup používá např. vstup na zvukové kartě (po lehké modifikaci), který obsahuje zesilovač i A/D převodník. Výhodou je nízká pořizovací cena, existují i freeware nebo open source osciloskopy. Nevýhodou je především to, že zvukové karty mají fixní a ve srovnání s osciloskopy velmi nízkou vzorkovací frekvenci. Další nevýhodou je omezený napěťový rozsah vstupu zvukové karty. Problémem i to, že vstupy zvukových karet obsahují nízkofrekvenční filtr, takže příliš pomalé děje nebudou změřeny. Nakonec může být problémem i náchylnost ke zničení.

## Měřicí karta

Měřicí karta je kompromisem mezi digitálním a softwarovým osciloskopem. Vlastně jde o zesilovač a A/D převodník s nezbytnou elektronikou, který lze podle typu buď zabudovat do počítače nebo připojit k USB. Ani měřicí karta nedosahuje kvalit digitálního osciloskopu<sup>[zdroj?]</sup>, ale zejména pokud jde o úlohy s nižšími frekvencemi (např. většina měření fyziologických dějů), pak jde o řešení poměrně levné a přitom dostatečně kvalitní.

## Odkazy

## Externí odkazy

- Osciloskop (česká wikipedie)
- Oscilloscope (anglická wikipedie)
- Princip osciloskopu na webu MFF UK ([http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/elektronika/kap4/4\\_2.html](http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/elektronika/kap4/4_2.html))
- Podrobný popis osciloskopu na stránkách Integrované střední školy (<http://www.jsmilek.cz/skripta%20pdf/mere%204%20osciloscopsy%20skripta.pdf>)
- KUBATOVA, Senta. *Biofot* [online]. [cit. 2011-01-31]. <<http://uloz.to/1162346/biofot.doc>>.