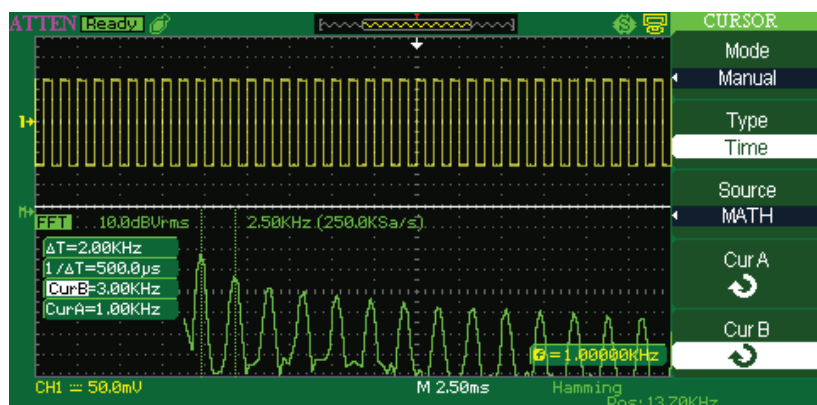


Osciloskopy a jejich použití v průmyslových měřeních

Osciloskop zobrazuje na stínítku analogové obrazovky nebo LC displeji v časové (amplituda/čas) a většinou i v kmitočtové (amplituda/kmitočet) oblasti průběhy připojených elektrických signálů. Speciální konfigurace připojení signálů (X, Y) zobrazuje také závislost jednoho napětí na napětí druhém, např. měření kmitočtu. Na obr.1 je uveden příklad reálného zobrazení obdélníkového průběhu v časovém a kmitočtovém (FFT analýza) měřítku. Pomocí kurzorů je možné odečítat amplitudové a kmitočtové složky průběhů. Záznam byl pořízen v laboratoři AMT měřicí technika osciloskopem Siglent SDS 1102CFL (www.amt.cz).

Ing. Lubomír Harwot, CSc.,
AMT měřicí technika, spol. s r.o.



Obr. 1 Reálné zobrazení připojeného průběhu v časové a kmitočtové oblasti

Bez zviditelnění elektrických signálů by nebylo možné vyvíjet elektronické obvody, sledovat jejich chování a v neposlední řadě řešit a odstraňovat případné závady. Od základních osciloskopů analogových se v dnešní době dostáváme k osciloskopům digitálním se speciálními funkcemi a v silnoproudé praxi k osciloskopům s vnitřní pamětí analyzujícím průběhy v síti - analyzátorům sítě.

Od roku 1947, kdy byl firmou Tektronix (Oregon, USA) představen první analogový osciloskop (10MHz, 1 kanál) prošel vývoj osciloskopů dlouhou cestou vedoucí ke stále dokonalejším přístrojům. U první-

ho osciloskopu Tektronix byly aplikovány novinky používané při výrobě osciloskopů i v dnešní době jako např. přesný měřicí vertikální zesilovač, stabilizované napájecí napětí, kalibrovaná spouštěná časová základna, odpovídající impulsní odezva vstupních obvodů apod.

Současné nejmodernější digitální osciloskopy mohou věrohodně zobrazovat velmi malé signály v časech od několika pikosekund. Standardem dnešních osciloskopů je také speciální příslušenství, jako např. napěťové a proudové sondy, komunikační rozhraní (USB, USB TMC, GPIB, LAN), zásuvné matematické moduly, softwarové prostředky apod.

Rozdělení osciloskopů

Rozdělení osciloskopů lze provést podle více hledisek. Mezi stěžejní můžeme zahrnout rozdělení podle zpracování a zobrazení připojených signálů, podle galvanické vazby mezi kanály a v neposlední řadě podle druhu napájení.

Zpracování a zobrazení připojených signálů člení osciloskopy do dvou základních částí a to na osciloskopy analogové (ART - Analog Real Time) a osciloskopy digitální (DSO - Digital Storage Oscilloscope). Digitální přístroje

vzorkují signál a matematicky zpracovávají naměřené hodnoty, které jsou následně zobrazeny na LC displeji přístroje nebo u USB osciloskopů na monitoru počítače.

Podle funkcí vnitřních elektronických obvodů, lze rozdělit osciloskopy na základní a osciloskopy s rozšířenými funkcemi. Mezi rozšířené funkce byly u analogových osciloskopů zařazeny především kurzory, u analogově-digitálních osciloskopů to byla digitální paměť a komunikační rozhraní.

Současné digitální osciloskopy disponují mnoha speciálními funkcemi, mezi které ze zahrnout rozšířené spouštění časové základny (hrana, impuls, logické podmínky), matematické funkce včetně FFT, analýzu sběrnic (SPI, UART/RS232, CAN, LIN), vestavěný logický a spektrální analyzátor a především způsob zobrazení připojeného signálu. Nejmodernější digitální osciloskopy zobrazují průběh signálu v 3D rovině (Mega Zoom, DPO, SPO technologie), ve které představuje třetí osa „Z“ informaci o náhlých změnách v signálu (obdoba modulace osy „Z“ u analogového osciloskopu). Technologii zobrazení v 3D rovině používají např. osciloskopy Agilent, Fluke, Siglent a Tektronix.

Galvanická vazba mezi vstupními kanály rozděluje digitální osciloskopy na osciloskopy s propojenými kanály a osciloskopy s galvanicky oddělenými kanály.

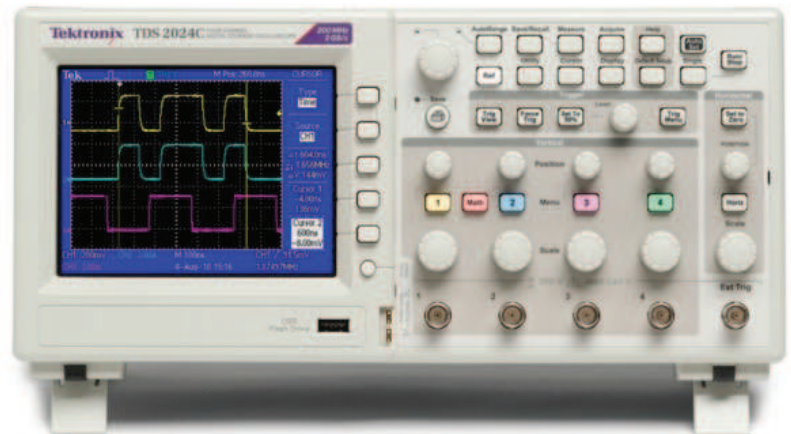
Dle napájení a tím možnosti použití mimo laboratoř lze rozdělit osciloskopy na osciloskopy napájené ze sítě a osciloskopy napájené z akumulátorů.

Základní parametry osciloskopů

Základní parametry osciloskopů mají podstatný vliv na kvalitu zobrazeného průběhu. Při nevhodné volbě parametrů osciloskopu jak analogového, tak přístroje s digitální pamětí je připojený signál zobrazen nevěrohodně, což může vést ke špatným závěrům při analýze elektronických obvodů.

Šířka kmitočtového pásma

Šířka kmitočtového pásma definuje rozsah

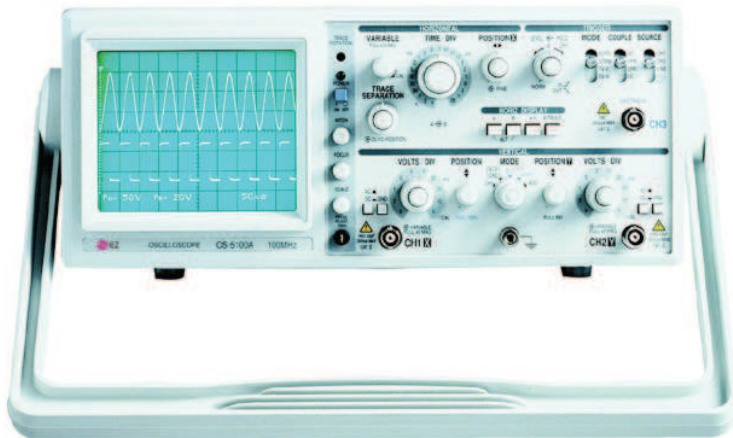


Obr. 2. Digitální osciloskop Tektronix TDS 2024C

osciloskopu, ve kterém zobrazuje průběhy dle technické specifikace. Horní limitní kmitočet šířky pásma je určen poklesem amplitudy o 3dB ve vztahu k amplitudě měřeného signálu. Současné osciloskopy zobrazují také stejnosměrné složky připojeného průběhu. Např. v literatuře se můžeme setkat s vyjádřením, že osciloskop pracuje v kmitočtovém pásmu DC až 100 MHz.

Osciloskop je zpravidla určen především ke sledování nesinusových průběhů a hlavně k zobrazení průběhů impulsních. Zpracování a zobrazení průběhů na stínítku obrazovky osciloskopu musí odpovídat tedy především metodám impulsního zpracování signálů. Je obecně známo, že spektrum impulsu obsahuje mnoho kmitočtů a tudíž jeho správné zobrazení nezávisí pouze na amplitudových složkách jednotlivých kmitočtů ale také na fázových poměrech mezi kmitočty. Proto jsou zesilovače v osciloskopech zpravidla řešeny jako stejnosměrně vázané širokopásmové impulsní zesilovače.

Důležitou charakteristikou osciloskopu, ve vztahu k pozorování impulsních průběhů určuje zobrazení náběžných a sestupných hran. Z praktického hlediska lze říci, že by měl mít osciloskop 3 až 5 krát vyšší kmitočtové pásmo než má pozorovaný průběh. Je tedy vhodnější používat k měření osciloskop s vyšším kmitočtovým pásmem. Při měření v kmitočtové oblasti např. 20 MHz je vhodné mít k dispozici osciloskop s kmitočtovým rozsahem 100 MHz.



Obr. 3 Analogový osciloskop OS 5100 (100MHz, 2 kanály, kurzory)

Vstupní rozsahy osciloskopu – citlivost

Signál připojený k osciloskopu je, před vstupem do vertikálního zesilovače přiveden ke vstupnímu děliči, který umožňuje nastavit zesílení zesilovače tak, aby byl průběh na stínítku obrazovky zobrazen v optimální poloze. Vstupní dělič představuje velmi náročné místo v řetězci, kterým prochází zpracování signálu v osciloskopu. Kvalita, přesnost a stabilita nastavení děliče je rozhodující pro odpovídající zobrazení průběhu. Většina osciloskopů, např. osciloskop Tektronix TDS 2024C (obr. 2) umožňuje zobrazit průběh v rozsahu od 2 mV/dílek do 5V/dílek. Vybrané typy analogových osciloskopů mají v základní poloze možnost změnit citlivost až na 1mV/dílek. U osciloskopů přenosných může být citlivost zvýšena až na 100 V/dílek. Pokud je rozsah děliče 2 mV/dílek až 10 V/dílek, což odpovídá poměru 1:5000 je tento dělicí poměr v celém kmitočtovém pásmu osciloskopu těžko realizovatelný. Pokud se u zesilovače změní zesílení, dojde také ke změně jeho kmitočtového pásma. Obecně je známo, že každý zesilovač má definovaný součin šířka kmitočtového pásma krát zesílení.

Vstupní vazba osciloskopu

Připojený signál může být zobrazen osciloskopem se stejnosměrnou složkou, v režimu střídavém popř. je možné vstup zesilovače spojit se zemí přístroje. Volba vstupní vazby se nastavuje u analogového

osciloskopu přepínačem umístěným pod vstupním děličem, osciloskopy digitální umožňují nastavit vstupní vazbu softwarově na LC displeji přístroje. Střídavá vstupní vazba odděluje od signálu stejnosměrnou složku a omezuje dolní kmitočtové pásmo zesilovače. Dolní kmitočtové pásmo je při nastavené střídavé vazbě standardně v rozsahu 5 Hz až 25 Hz. Při volbě stejnosměrné vazby je dolní kmitočtové pásmo nelimitováno a při zobrazení jsou uvažovány i stejnosměrné složky signálu.

Vstupní impedance osciloskopu

Vstupní impedance osciloskopů je dána paralelní kombinací vstupního odporu a kapacity. Vstupní odpor bývá u nízkofrekvenčních osciloskopů 1 MOhm, kapacita je dána v rozsahu 5 až 25 pF. U vysokofrekvenčních měření (např. měření na koaxiálních kabelech 50 Ohm při kmitočtech vyšších než 250 MHz) je vstupní impedance, vlivem kapacity malá a závislá na kmitočtu. Vstupní impedance je u těchto osciloskopů 50 Ohm, přičemž paralelní kapacitu lze zanedbat.

Vertikální posuv

Vertikální posuv umožňuje nastavit optimální polohu průběhu ve vertikálním směru na stínítku obrazovky nebo LC displeji. Posouvání musí být v celém rozsahu lineární, aby nedošlo ke zkreslení zobrazeného časového nebo frekvenčního průběhu. Osciloskopy s digitální pamětí umožňují použitím funkce SET ZERO nastavit stopu na stínítku do základní polohy na ose Y.

Volba kanálu

Současné osciloskopy jsou většinou dvoukanalové s externím spouštěním. Na čelním panelu dvoukanalového osciloskopu jsou vyvedeny tedy tři BNC konektory. Vybrané typy osciloskopů mohou mít kanály čtyři. Z hlediska propojení kanálů lze osciloskopy, převážně s digitální pamětí rozdělit na přístroje s galvanicky spojenými a oddělenými kanály.

Osciloskopy s galvanicky oddělenými kanály mohou být napájeny jak z vestavěným akumulátorů, tak i ze síťového adaptéru. U těchto přístrojů mohou být aplikována měření na různých potenciálech (např. trakční měření na měničích).

Časová základna

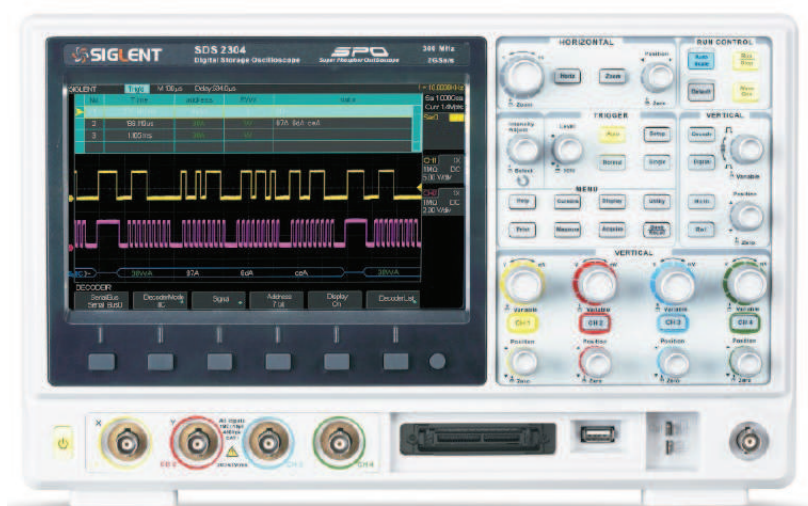
Časová základna zajišťuje vychylování na stínítku obrazovky, zpravidla ze strany levé na stranu pravou. Rychlost vychylování musí být velmi přesná, nastavitelná a s konstantní rychlostí. Rychlost nárůstu pilového napětí je dána nastavením přepínače časové základny (čas/dílek). Rozsahy základní časové základny osciloskopů jsou dány šířkou kmitočtového pásma, např. od 1 ns/dílek do 5 s/dílek. Delší časové základny nejsou u analogových osciloskopů, v porovnání s osciloskopy digitálními, používány protože přístroje neumožňují pracovat v režimu pomalého zápisu na obrazovku - režim „ROLL“. Posloupnost přepínání časové základny je (1 : 2 : 5), podobně jako u změny nastavení citlivosti vertikálního zesilovače. Časová lupa časové základny umožňuje roztáhnout zobrazený průběh, např. x10.

Spouštění

Obvody spouštění umožňují spouštět časovou základnu osciloskopu. Kmitočet interního spouštěcího generátoru časové základny je roven kmitočtu připojeného signálu nebo jeho celistvému násobku. Jedním z důležitých parametrů osciloskopu, ve vztahu k časové základně, je úroveň spouštění, která určuje nejmenší amplitudu spouštěcího napětí zaručujícího stabilní zobrazení připojeného průběhu na displeji. Analogové a digitální osciloskopy zaručují v celém kmitočtovém pásmu minimální citlivost interního spouštění pod jeden dílek dělení mřížky rastru obrazovky nebo LC displeje.

Vzorkování digitálních osciloskopů

Signál připojený ke vstupu digitálního osciloskopu je v analogové části osciloskopu



Obr. 4 Digitální osciloskop Siglent SDS 2000

amplitudově upraven a následně přiveden k obvodům digitální části. V těchto obvodech je signál vzorkován a v analogově - digitálním převodníku převeden do digitální formy. Za převodníkem je již signál zpracováván digitálně. Vstupní obvody analogové části jsou shodné s obvody analogového osciloskopu a měly by bez zkreslení přenést k digitálním obvodům celé kmitočtové pásmo signálu. Obvody vzorkovače (komparátory) a A/D převodníku určují stěžejní parametry digitálního osciloskopu. Vzorkování signálu zajišťuje u většiny digitálních osciloskopů přímý převodník nebo CCD technologie. Vzorkování signálů může probíhat v reálném nebo ekvivalentním čase, což je jeden za stěžejních parametrů digitálního osciloskopu.

U vzorkování v reálném čase jsou vzorky ze signálu odebírány během jednoho průběhu. Počet vzorků získaných z průběhu určuje věrnost zobrazeného průběhu. Vzorkování v ekvivalentním čase se používá především u periodických, opakujících se průběhů. Vzorky, ze kterých je rekonstruován signál jsou získávány postupně během několika period

Rychlost vzorkování (odběr vzorků) by měla být podle Nyquistova kritéria minimálně dvojnásobná ve vztahu k nejvyšším kmitočtům obsaženým ve spektru signálu. Z praktického hlediska je minimální počet bodů, ze kterých lze rekonstruovat signál deset (použitím sinusové interpolace lze



Obr. 5 Digitální osciloskop Siglent SHS 1000

počet bodů snížit). U impulsních a speciálních průběhů je i tento počet bodů určených k rekonstrukci signálu nedostatečný. Během rekonstrukce signálu se k pospojování bodů používá lineární nebo sinusová interpolace. Vybrané typy digitálních osciloskopů umožňují také zobrazení průběhu bez použití interpolace.

Analogové osciloskopy

Základní analogový osciloskop, na rozdíl od osciloskopu digitálního zobrazuje připojený signál nepřetržitě, bez vzorkování, matematických výpočtů a aproximací. Z tohoto důvodu jsou analogové osciloskopy používány i v dnešní době, kdy by se mohlo zdát, že jsou překonány osciloskopy digitálními. Např. ve vztahu k přesnosti, lze říci, že digitální osciloskop nemůže být přesnější než osciloskop analogový, protože před analogově digitálním převodníkem digitálního osciloskopu jsou stejné obvody jako u osciloskopu analogového a digitální osciloskopy mají většinou hardwarové rozlišení „pouze“ 8 bit.

Digitální osciloskopy

Mezi současné digitální osciloskopy předních světových výrobců lze zahrnout přístroje Agilent, Fluke, Siglent a Tektronix.

Jeden z největších výrobců osciloskopů společnost Siglent Technologies, kterou zastupuje v České republice AMT měřicí technika (www.amt.cz) se specializuje na dvou a čtyř kanálové přístroje a to jak s galvanicky spojenými, tak oddělenými kanály. Osciloskopy řady SDS 2000 CFL (obr. 4) pracují v kmitočtovém pásmu DC až 300MHz. Vzorkování v reálném čase může být až 2GS/s. Přístroje se vyznačují hloubkou paměti 6M vzorků, rozšířeným spouštěním (hrana, šířka impulzu, šířka hrany impulzu, alternativní), zabudovanými digitálními filtry, možností nahrávání průběhů, rozhraním USB, USBTMC a LAN apod.

Digitální osciloskopy s galvanicky oddělenými vstupy řady SHS 1000 (obr. 5) sdružují digitální osciloskop, multimetr a záznamník (ScopeTrendPlot, Multimeter Trend Plot, Scope Recorder). Přístroje s barevným TFT 5,7" displejem, se vyrábějí v 60MHz a 100MHz verzi v dvou kanálovém provedení. Rychlost vzorkování v reálném čase až 1GS/s, hloubka paměti 2M vzorky, automatická měření, včetně matematických funkcí, FFT analýzy, měření fázových poměrů, volitelné digitální filtry, tři režimy kurzorů, zařazují přístroje, při optimálních pořizovacích nákladech, do nejvyšší třídy současných osciloskopů s galvanicky oddělenými kanály. Komunikace s prostředím probíhá po rozhraní USB Device, USB Host.

Ruční multifunkční digitální osciloskopy Siglent řady SHS 800 pracují v kmitočtovém pásmu DC až 200MHz. Přístroje vycházející z koncepce řady SHS 1000 sdružují jak digitální osciloskop včetně záznamu, tak digitální multimetr. Osciloskopy se vyznačují hloubkou paměti 2M vzorky (např. Scope Recorder až s 18 hodinovým záznamem), rozšířeným spouštěním (hrana, šířka impulzu, šířka hrany impulzu, alternativní), automatickým měřením 32 parametrů, FFT analýzou, zabudovanými digitálními filtry, rozhraním USB Device, USB Host apod. Digitální multimetr s měřením True RMS střídavých hodnot a čítáním 6000 měří napětí,