

## Digitalizace signálu, digitální TV

Ing. Jiří Vlček

*Tento text je doplňkem publikace Moderní elektronika. Od jejího příštího vydání bude její součástí* Signály řeči, hudby nebo obrazu jsou signály spojité – analogové. Každý takový signál je směs signálů sinusového průběhu.

Přenosem signálu od vysílače (nahrávací studio, TV studio, film) k přijímači (k posluchači nebo divákovi) dochází ke ztrátě jeho kvality. Při použití gramodesek bylo hlavním problémem praskání. Hlavním problémem cívkových i kazetových magnetofonů byl šum pásku a kolísání rychlosti pásku. U telefonních hovorů docházelo vlivem opakovaného zesilování u dálkových hovorů rovněž ke zvýšení hladiny šumu. Taky mohlo docházet ke vzájemnému přeslechu jednotlivých hovorů.

U TV signálu se šum projevuje zrněním obrazu. Pokud anténa chytá kromě přímého signálu od vysílače i odrazy tohoto signálu od různých překážek (velké budovy, kopce), vzniká vícenásobný obraz, tzn. „duchy“. Anténa proto musí být úzce směrová, správně nastavená na vysílač. Pokojové prutové antény potřebnou kvalitu obrazu často nezaručí.

**Každý přenos analogového signálu s sebou nese ztrátu jeho kvality, nárůst šumu, zkreslení, přeslechy, rušení.** Zlepšování kvality má proto omezené možnosti (viz obr. 1a).

Řešení spočívá v digitalizaci původního analogového signálu, který potom přenášíme. Na přijímací straně jej (stejně jako analogový signál) dostaneme trochu poškozený šumem, zkreslením, rušením. Původně obdélníkové hrany jsou zaobleny (dojde k potlačení vyšších harmonických, kterých je u obdélníkového signálu teoreticky nekonečně mnoho). To nám ale nevadí. Pomocí jednoduchého tvarovače (komparátor s hysterezí, Schmittův obvod) z něj dokážeme snadno vytvořit obdélníkový signál stejné kvality jako na vysílací straně (viz obr. 1b). (Data z CD se ukládají do vyrovnávací paměti, ze které se čtou konstantní rychlostí. Kolísání otáček motorku nás proto netrápí.)

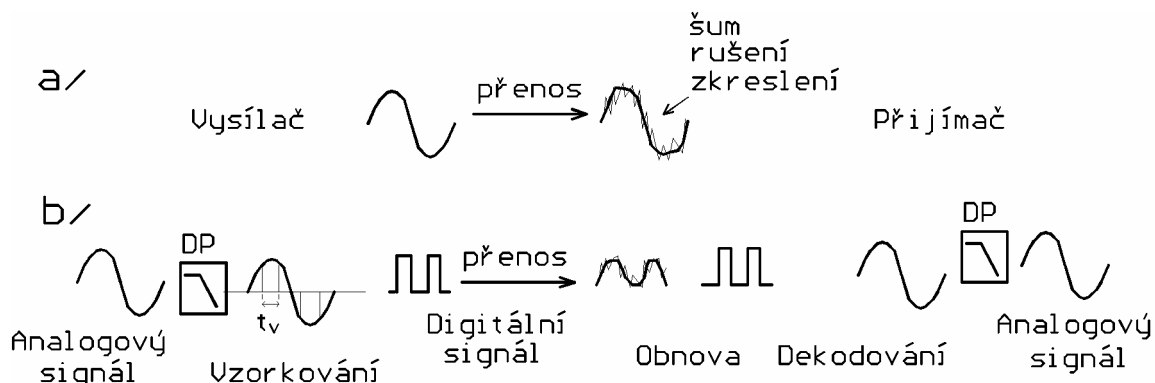
Další zvyšování kvality výše popsaného analogového přenosu (spojitý průběh) již není možné.

Digitální přenos umožňuje zejména zlepšit **odolnost proti rušení**. U analogového přenosu řeči, hudby nebo obrazu potřebujeme minimální odstup od rušivých signálů zhruba 40 dB, zatímco při digitálním přenosu stačí 6 až 10 dB. Pak jsou vždy správně vyhodnoceny úrovně 0 a 1 (viz obr. 1b) a **nedochází ke ztrátě kvality**. (U digitálního přenosu ale není možný příjem, má-li užitečný signál srovnatelnou amplitudu jako rušivý, u analogového ano).

V případě, že se malá část informace ztratí, existuje možnost **opravy signálu** nebo alespoň **detekce chyb**.

Například 7bitové slovo 0 1 1 1 0 0 1 na vysílací straně doplníme osmým **paritním** bitem o hodnotě 1 na lichou paritu. Počet jedniček ve všech 8bitových slovech musí být liché číslo. Na přijímací straně zkontrolujeme, jestli tomu tak skutečně je. Pokud ne, objeví se chybové hlášení.

Dokonalejší **samoopravné kódy** dovedou chyby nejen najít, ale i opravit. Pochopitelně za předpokladu, že jich není příliš mnoho. Rozsah přenášené zprávy se tím ale trochu zvětší.



Obrázek č.1

a/ Přenos analogového signálu

b/ přenos digitálního signálu

Digitalizaci analogového signálu provádíme **vzorkováním**. V pravidelných intervalech měříme jeho amplitudu, kterou převedeme na digitální číslo – kombinaci nul a jedniček. Musí platit podmínka, že vzorkovací kmitočet je více než dvakrát větší než maximální přenášený kmitočet – Shannon-

Kotělnikova věta.  $f_{\text{vzork}} > 2 f_{\text{max}}$ . Pokud například přenášíme kvalitní hudební signál, ve kterém se mohou vyskytnout signály o kmitočtu až 20 kHz, použijeme u CD přehrávačů vzorkovací kmitočet 44,1 kHz. Při přenosu telefonního signálu o maximálním kmitočtu 3 400 Hz používáme vzorkovací kmitočet 8 kHz.

Splnění této nezbytné podmínky zajistíme potlačením vyšších kmitočtů v digitalizovaném signálu pomocí **dolní propusti** na vysílací straně.

U dekódovaného signálu na přijímací straně pomocí stejné dolní propusti odstraníme zbytky vzorkovacího kmitočtu a další nežádoucí signály vzniklé digitalizací (viz obr. 1b).

**Počet bitů**, které vyjadřují amplitudu každého vzorku, určuje odstup přenášeného signálu od šumu a tím **dynamiku** signálu (rozdíl nejnižších a nejhlasitějších pasáží v decibelech). Pro kvalitní přenos hudebních signálů používáme 16bitové vzorkování. 16bitovým číslem můžeme vyjádřit  $2^{16}$  různých napěťových úrovní. Dosáhneme tak odstup signál/šumu přes 90 dB. Při telefonním přenosu řeči používáme 8bitové vzorkování s  $2^8$  rozlišovacími úrovněmi. Dynamika přes 40 dB nám zde stačí. Z těchto údajů pochopíme, že digitální signál potřebuje pro přenos větší kmitočtové pásmo. Hledáme proto úsporné způsoby přenosu dat.

Například při **digitálním přenosu řeči a hudby** se používají pro **zúžení šířky pásma** různé **kompresní algoritmy**. Nejznámější z nich je **MP-3**. Předpokladem je, že v hudebním signálu nejsou kmitočty vyšší než 2 kHz obsaženy s plnou amplitudou. Hudební signál se před zakódováním **rozdělí do několika kmitočtových pásem**, která se pak **samostatně vzorkují a digitalizují**.

Pásma nižších kmitočtů se vzorkují nižším kmitočtem (vzorkovací kmitočet musí být o něco větší než dvojnásobek maximálního kmitočtu signálu) s větším počtem vzorkovacích úrovní. Jejich počet udává dynamiku signálu (odstup od šumu, maximální rozdíl tichých a hlasitých pasáží). Vyšší kmitočty se vzorkují s menším počtem vzorkovacích úrovní, tím se zmenší množství přenášených informací. Určitá část zvukového signálu se přitom ztratí. Výsledná kvalita signálu se tak zhorší jen velmi málo při zhruba desetinásobném zmenšení objemu přenášených dat.

Digitalizaci umožnil rozvoj integrovaných obvodů. Jedná se totiž o velmi složitá zapojení, která by jinak nebylo možné ekonomickým způsobem realizovat.

Digitalizace se nejprve prosadila v oblasti klasické telefonní techniky (PCM- pulsní kódová modulace). Později nahradila gramofony a kazetové magnetofony CD přehrávači. První mobilní telefonní sítě začátkem devadesátých let pracovaly s analogovým signálem. Ten byl velmi rychle ale nahrazen digitálním signálem (GSM).

## Digitální televize

Při zpracování obrazu dochází k nahrazování videorekordérů VHS DVD přehrávačem. Dochází k propojování video a audiotechniky s PC – multimédia.

Digitalizace televizního přenosu je posledním krokem na této cestě, který je spojen s celou řadou problémů.

Vývoj dnešní televizní normy byl ukončen ve čtyřicátých letech minulého století, kdy začala televize vysílat. Odpovídal tehdejšímu stavu elektroniky (použití elektronek). Obraz se vytváří pomocí 625 řádek a 50 pulsů za sekundu. Od té doby bylo nutné při všech novinkách v oblasti TV techniky zajistit **kompatibilitu se stávající normou**. Barevné TVP musely být schopné zpracovat černobíle vysílaný signál. Černobíle TVP musely být schopné zpracovat barevně vysílaný signál. Obdobně tomu muselo být při zavádění stereofonního zvuku a teletextu. Špičkové analogové TVP mohou například přijatý signál zdigitalizovat a vypočítat rozdělení do dvojnásobného počtu pulsů (100 Hz televize) a podobným způsobem zvětšit i počet řádků. Je to ale jenom náhražka dokonalé kvality. Tím byly možnosti klasické televize vyčerpány. Nebylo již možné zvýšit rozlišovací schopnost obrazu a přidávat k němu vícejazyčný zvukový doprovod nebo vícekanálový prostorový zvuk.

Komerčnímu zavedení digitální TV předcházela složitá jednání mezi výrobci z USA, Evropy a Dálného východu.

Digitální signál můžeme **vysílat s menším výkonem** (úspora energie, minimalizuje se vliv na životní prostředí). Vysílače, které používají stejný kanál mohou být k sobě blíže. K pokrytí signálem potom stačí menší počet kmitočtových pásem. **Snižují se požadavky na směrovost antény**, častěji

vystačíme s náhražkovou prutovou anténou. (Vícenásobné odrazy od překážek jsou také rušivým signálem, způsobují rozostření nebo zdvojení obrazu. Digitální přijímač je snáze potlačí.)

Co se týká antén a rozvodů TV signálu, neznamená digitalizace pro uživatele žádné změny. Stávající antény bude možné používat beze změny. Při instalaci nových antén budou menší požadavky na jejich kvalitu. Televizní signál bude možné kvalitně přijímat i na prutovou náhražkovou anténu, rovněž i v pohyblivých se dopravních prostředcích bude příjem televize možný.

Analogový TV signál zabere zhruba šířku pásma 8 MHz (obraz a zvukový doprovod). Při digitalizaci obrazového signálu způsob řádkového a pulsnímkového rozkladu nevyhovuje. Přenášený objem dat a tím i potřebná šířka pásma by se digitalizací neúnosně zvětšily (místo napětíové úrovně se musí přenést kombinace nul a jedniček, která udává její velikost).

**Analogový přenos TV signálu vyžaduje nadbytečné množství informací.** Přenáší se 25krát za sekundu informace o každém bodu obrazovky.

Dá se ale předpokládat, že ve většině případů mají **sousední body** na obrazovce **stejnou barvu a stejná jas**. Proto se při digitalizaci **obraz rozděljuje na čtverce**, které se skládají zase z menších čtverců, atd, a ty z jednotlivých bodů. Má-li celý čtverec stejnou barvu a jas, není už zapotřebí přenášet informace o všech jeho bodech, případně o menších čtvercích, ze kterých se skládá.

Při pohybu se většinou v jednotlivých snímcích **mění** (pohybuje) jen malá **část obrazu** (lidé, zvířata), pozadí zůstává delší dobu stejné. Není třeba 25krát za sekundu přenést informaci o celém obrazu. Stačí přenést vždy pouze část obrazu a rozdílové složky změn mezi jednotlivými snímky. Navíc dochází-li k rychlým změnám celého obrazu, nesoustředí se divák na vnímání ostrosti.

Touto **kompresí dat** se podařilo přenést při šířce pásma 2 MHz kvalitní digitální signál s vyšší rozlišovací schopností (větším počtem bodů na obrazovce) než klasická televize (HDTV). Kvalitu digitálního přenosu u těchto komprimačních algoritmů při snímání kamerou, nahrávání na DVD nebo při TV přenosu nejlépe prověří scény, kde se současně mění celý obraz (padající listy, rozbouřené moře, tráva vlnící se ve větru, apod). Tehdy dochází k rozostření, někdy i k úplnému rozpadu obrazu na čtverce. S tímto jevem se setkáváme např. při natáčení sportovních akcí méně kvalitní kamerou. Digitální televize umožňuje přenášet filmy ve formátu 16 : 9, přenést na obrazovku několik programů současně, zvětšit detaily, zpomalit nebo zastavit obraz, dobře spolupracuje s PC nebo s digitálním fotoaparátem.

HDTV má 780 řádek, v každém řádku je 1280 bodů. Existuje ale také norma, podle které je 1080 řádků a v každém řádku 1920 bodů. Větší rozlišovací schopnost ale využijeme pouze u velkých obrazovek.

Digitální TV lépe podporuje **přenos dat** než analogová, je zde možnost jejich rychlejšího přenosu (teletext, propojení s PC, internet, multimédia)

Zatímco analogová TV může přenášet pouze dva zvukové kanály (jeden stereofonní), u digitální TV může být přenášeno současně až 8 nezávislých zvukových kanálů. To znamená, že u mnoha filmů si můžeme vybrat **zvukový doprovod** z většího počtu jazyků.

Digitální TV umožňuje kvalitní přenos hudby s prostorovým vjemem – **domácí kino**. Při vícekanálovém přenosu zvuku se obvykle používají 2 přední, 1 střední, 2 zadní reproduktory, které ještě doplňuje subwoofer. Jeho výkon je výrazně větší než výkon ostatních reproduktorů. Využívá se pro speciální efekty (např. výstřel z děla).

Místo jednoho programu přenášeného analogovým signálem s šířkou pásma 8 MHz je možné přenášet 4 programy v mnohem vyšší kvalitě.

K pokrytí určitého území signálem jednoho programu je potřeba větší počet vysílačů. Signály sousedních vysílačů nesmí vysílat na stejném kmitočtu, i když vysílají stejný program. Pokud by se signály takových dvou vysílačů dostaly na vstup TVP, způsobily by dvojitý obraz. (Každý signál by urazil cestou k přijímači jinou dráhu a měl by jinou fázi.) K dispozici je 60 kanálů o šířce pásma 8 MHz.

Digitalizací vzroste počet programů, kterými bude možné pokrýt celé území naší republiky. Nebude k tomu potřeba kabelová televize nebo satelitní příjem.

Po určitou dobu musí vedle sebe existovat analogová a digitální televize. Pak budou analogové vysílače vypnuty. Do té doby si budou majitelé analogových TVP koupit zhruba za 2 000 Kč tzn set-top box, který digitálně vysílaný signál převede na analogový. Ten se potom přivede do původního

analogového TVP. Nahradí tak digitální TVP těm, kteří si jej do té doby nekoupí. Trh na tuto skutečnost zareagoval snížením cen analogových TVP.

Těm, kteří neuvažují zatím o koupi digitálního TVP (IDTV), lze doporučit koupi set-top boxu. Získají tak část výhod digitální televize, kvalita příjmu signálu se rozhodně zvýší.

K příjmu digitální televize bude rovněž možné využívat PC, do kterého stačí zakoupit speciální televizní kartu. Na harddisk je možné nahrát přijímané programy.

Naše republika v digitalizaci televize zaostává za sousedními státy. Původně se předpokládalo, že analogové vysílače budou vypnuty v r. 2013. V sousedním Německu dochází k nahrazování analogového signálu digitálním již nyní. Na Plzeňsku a Domažlicku to působí našim uživatelům problémy, analogový signál je digitálním rušen. Ukazuje se, že tempo digitalizace bude nutné zrychlit. V současné době je možný příjem digitální TV pouze v okolí Prahy, Brna, Ostravy a Plzně.

K dispozici je 9 televizních a rozhlasových programů. Předpokládá se, že většina analogových vysílačů bude vypnuta v průběhu roku 2008. Není to tak daleko, potom bude nákup set-top boxu nevyhnutelný. Přesný harmonogram a další aktuální a podrobné informace o této problematice najdete na [www.digitalnitelevize.cz](http://www.digitalnitelevize.cz).

## Nové typy zobrazovacích jednotek

**Klasická obrazovka s elektromagnetickým vychylováním (CRT)** již přestala být jedinou možností vytváření obrazu. Její nevýhodou je **velká hmotnost, velká hloubka**, která určuje rozměry celého přístroje, a **omezená rozlišovací schopnost** (dána maskou). To vadí hlavně u velkých obrazovek. Problémem je ostření v rozích. Není příliš vhodná pro zobrazení textů, je citlivá na vnější magnetické pole. V malé míře je zdrojem rentgenového záření.

**Plazmový displej (PDP)** má **velkou zobrazovací plochu při malé tloušťce**. Princip jeho činnosti tak trochu připomíná zářivku nebo malou výbojku. Základem je přední sklo s vodorovnými a průhlednými páry elektrod - **sběrnice s řídicími elektrodami**. Protilehlý (zadní) kus tvoří sklo s **adresními elektrodami**, které jsou kolmé na sběrnice s řídicími elektrodami. **V průsečíku adresních a řídicích elektrod** jsou jednotlivé **body** obrazovky. Každý bod obsahuje červený, zelený a modrý luminofor, které tvoří dohromady jeden **pixel**. Obrazovka obsahuje zředěnou atmosféru tvořenou neonem nebo xenonem.

**Střídavé napětí** se přivádí **na řídicí elektrody** – řádky. Pokud se přivede **současně napětí na adresovou elektrodu** (pro každou barvu separátně, ale ve stejném okamžiku), nastává **v bodě jejich průsečíku výboj**. Ten generuje ultrafialové světlo, které vybudí příslušný luminofor. Výboj není stálý, opakuje se v rytmu střídavého napětí po dobu, kdy je na adresní elektrodě napětí.

Jas jednotlivých bodů je určen dobou a intenzitou hoření výboje.

Připojit takovou obrazovku k TVP by vyžadovalo obrovský počet konektorů. Proto se vyrábí už s řídicími obvody a se sériovým vstupem dat.

Výhody: vysoký jas a kontrast, velká zobrazovací plocha, malá hmotnost a hloubka. Dobré barevné rozlišení.

Nevýhody: vyšší spotřeba (maximální spotřeba je při plném jasu), složitější řídicí obvody, kratší životnost.

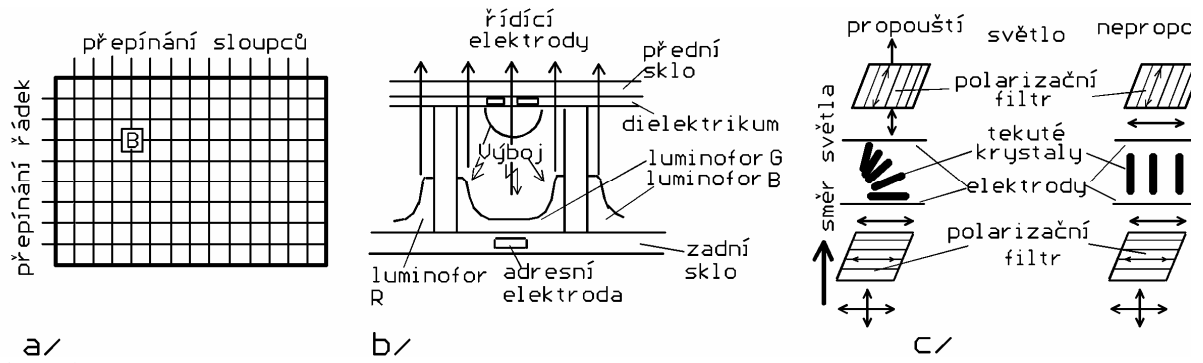
## Displej LCD – TFT

Nevytváří světlo, pouze **řídí propustnost světla z externího zdroje**. Základem jsou **dva polarizační filtry** otočené proti sobě o 90°. Ve vypnutém stavu tekuté krystaly vytvářejí jakési šroubovice otáčející polarizaci právě o 90°. Světlo v takovém případě pak prochází. Po připojení řídicího napětí jsou krystaly orientovány jedním směrem – světlo neprochází.

Jednotlivé body jsou stejně jako v předcházejícím případě v **maticovém uspořádání**. K řízení se opět používá **dvou sběrnic na sebe kolmých**. Dobu, kdy světlo prochází, musíme prodloužit tranzistorem a paměťovým kondenzátorem, abychom dosáhli dostatečného jasu.

Výhody: malá hmotnost, malá a stálá spotřeba (dána jen zdrojem zadního světla), velká spolehlivost a životnost.

Oba výše uvedené typy displejů prodělávají bouřlivý vývoj, jejich parametry se stále zlepšují. Jsou perspektivní pro velké formáty obrazů.



a/  
 Obrázek 11.27  
 a/ Maticově uspořádané zobrazovací body  
 b/ Princip plasmového displeje  
 c/ Princip LCD displeje  
**Literatura:** AR 2A/2005