

Trenažer pro digitální komunikace EC-796

Michal Málek

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal MÁLEK**
Osobní číslo: **A10223**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Trenažer pro digitální komunikaci EC-796**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte problematiku digitální komunikace.
2. Analyzujte přiloženou dokumentaci k danému zařízení.
3. Vyberte důležité pasáže z hlediska realizace úloh na digitální komunikaci.
4. Přeložte podklady a zpracujte příručku pro obsluhu a nastavování parametrů.
5. Vypracujte zadání úloh včetně instruktáže a stručného popisu souvisejícího technického principu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. KOCOUREK, Petr. Přenos informace. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1994. 241 s. ISBN 80-01-01169-0.
2. JIROUŠEK, Radim, et al. Principy digitální komunikace . Voznice : Leda, 2006. 309 s. ISBN 80-7335-084-X
3. SÝKORA, Jan. Teorie digitální komunikace . Praha : Vydavatelství ČVUT, 2003. 329 s. ISBN 8001024784
4. IVÁNEK, Jiří, Radim JIROUŠEK, Petr MÁŠA, Jan TOUŠEK a Robert VANĚK. Principy digitální komunikace. In: [online]. Dostupné z: <http://www1.osu.cz/>

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Skočík

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

7. března 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

10. června 2014

Ve Zlíně dne 7. března 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- Že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato práce je složena z teoretické a praktické části. V teoretické části jsou obsaženy znalosti nutné k porozumění digitálních komunikací, jako je jejich rozdělení, modulace a přenosová media.

V praktické části je uveden stručný popis využití digitálního komunikátoru EC-796. Dále jsou tam zpracovány laboratorní úlohy, které jsou postaveny na znalostech z teoretické části

Klíčová slova: Digitální komunikace, modulace,

ABSTRACT

This bachelor thesis is divided of theory and practical part. The theoretical part contains of knowledge about digital communication such as their distribution, modulations and transmission media.

In the practice part there is main explanation about digital comunicater EC-796. There are also processed laboratory tasks, that are based on knowledge from theretical part.

Keywords: Digital communication, modulation

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Petru Skočíkovi, který mi podával cenné rady a připomínky během zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Bc. Jakubu Pospíšilovi, který mi podával cenné rady ke kompletaci bakalářské práce.

Table of Contents

ÚVOD	9
TEORETICKÁ ČÁST	10
1 KOMUNIKACE	11
1.1 EIA/TIA 232.....	11
1.2 EIA/TIA 485.....	12
1.3 SATELITNÍ KOMUNIKACE	12
1.4 ETHERNET.....	13
1.5 GSM.....	14
2 DIGITÁLNÍ KOMUNIKACE	15
3 ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU	16
3.1 PRINCIP DIGITALIZACE	16
3.1.1 URČENÍ VZORKOVACÍ FREKVENCE.....	17
3.1.2 FOURIEROVA TRANSFORMACE.....	17
3.1.3 SHANNONOVA VZORKOVACÍ FREKVENCE	18
3.2 REKONSTRUKCE DIGITÁLNÍHO SIGNÁLU	18
4 MODULACE	19
4.1 POSTUPNOST A PERIODICITA	19
4.2 PAMĚŤ MODULACE.....	19
4.3 DIMENZE DAT, MODULACE A KANÁLOVÁ DIMENZE MODULACE.....	20
4.4 LINEARITA	20
4.5 KÓDOVANÉ MODULACE.....	21
4.5.1 BLOKOVÉ KÓDY	21
4.5.2 MŘÍŽKOVÉ KÓDY	21
4.6 ORTOGONALITA MODULACE.....	22
4.7 ENERGIE SYMBOLU	22
4.8 IMPULSY.....	23
4.8.1 OBDÉLNÍKOVÝ IMPULS	23
4.9 LINEÁRNÍ MODULACE	24
4.9.1 PSK – PHASE SHIFT KEYING	24
4.9.2 ASK - AMPLITUDE SHIFT KEYING	25
4.10 NELINEÁRNÍ MODULACE	25
4.10.1 FSK - FREQUENCY SHIFT KEYING.....	25
5 PŘENOSOVÁ MEDIA	26
5.1 KOAXIÁLNÍ KABEL	26
5.2 KROUCENÁ DVOJLINKA.....	26
5.3 OPTICKÁ VLÁKNA	27
5.4 RADIOVÉ SPOJENÍ	27
5.5 INFRAČERVENÉ SPOJENÍ.....	28

PRAKTICKÁ ČÁST	29
6 LABORATORNÍ CVIČENÍ	30
7 MODULACE A DEMODULACE V ASK.....	32
7.1 TEORIE	32
7.2 POUŽITÉ NÁSTROJE.....	32
7.3 NASTAVENÍ PARAMETRŮ	32
7.3.1 VYSÍLAČ.....	32
7.3.2 PŘIJÍMAČ	32
7.4 MODULÁTOR	33
7.5 DEMODULÁTOR.....	33
8 FSK MODULACE, DVOU FILTROVÁ DEMODULACE (DFD)	34
8.1 TEORIE	34
8.2 POUŽITÉ NÁSTROJE.....	34
8.3 NASTAVENÍ PARAMETRŮ	34
8.3.1 VYSÍLAČ.....	34
8.3.2 PŘIJÍMAČ	34
8.4 MODULÁTOR	35
8.5 DEMODULÁTOR.....	35
8.5.1 ASK A FSK SIGNÁLY	35
9 POROVNÁNÍ ASK A FSK (DFD).....	36
9.1 TEORIE	36
9.2 POUŽITÉ NÁSTROJE.....	36
9.3 NASTAVENÍ PARAMETRŮ	36
9.3.1 VYSÍLAČ.....	36
9.3.2 PŘIJÍMAČ	37
9.4 KOMUNIKAČNÍ KANÁLY	37
9.5 AUDIO SIGNÁLY	37
10 ZKOUŠENÍ PLL	38
10.1 TEORIE	38
10.2 POUŽITÉ NÁSTROJE.....	38
10.3 NASTAVENÍ PARAMETRŮ	38
10.3.1 VYSÍLAČ.....	38
10.3.2 PŘIJÍMAČ	38
10.4 OPERACE V UZAVŘENÉM OBVODU.....	39
10.4.1 MĚŘENÍ OPERAČNÍHO ROZPĚTÍ	39
ZÁVĚR	40
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	41
SEZNAM OBRÁZKŮ	42

ÚVOD

Jako téma mé bakalářské práce jsem si vybral trenažér pro digitální komunikaci EC - 796. Tento přístroj se používá pro simulaci AD převodu a následném převodu DA.

Komunikace se rozděluje podle způsobu přenosu dat na analogovou a digitální.

V teoretické části mé práce jsem popisoval základní principy digitální komunikace, způsoby zpracování signálu, druhy přenosových médií pro přenos digitálního signálu mezi vysílačem a přijímačem.

V praktické části jsem navrhl laboratorní úlohy pro studenty FAI UTB. Podle jejich návrhu jsem naměřil výsledky které jsem uvedl. Všechna měření probíhala v mikropočítačových laboratorních místnostech budovy FAI UTB.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KOMUNIKACE

Komunikaci jako takovou můžeme rozdělit na 2 základní typy digitální a analogovou.

Analogová komunikace je definovaná jako vlnění definované ve spojitě amplitudě a čase. Je to typ komunikace, kde jsou zprávy nebo signály (informace) přenášeny analogově všude kolem nás. To znamená, že v analogové komunikaci modulovaný signál (Base Band – BB) je analogový signál. Tento analogový signál může být získán z mnoho zdrojů například řeč, video natáčení apod.

Naproti tomu u digitální komunikace dochází k přeměně analogového signálu za pomoci digitalizace na digitální signál, který se pak v této formě přenáší.

Vzhledem k tomu, že se v mé práci zabývám digitální komunikací jsem v několika podkapitolách popsal vybrané druhy digitálních komunikací používaných v dnešní době. [1][4]

1.1 EIA/TIA 232

Známa také pod názvem RS 232C. Jedná se o nejrozšířenější komunikační rozhraní pro komunikaci mezi dvěma zařízeními. Toto rozhraní podporuje jak synchronní tak asynchronní komunikaci. Nejčastější je používána asynchronní komunikace mezi počítači, ale v poslední době je používána mezi většinou elektronických zařízení.

Rozlišujeme 2 typy zařízení DTE (Data Terminal Equipment) a DCE (Data Circuit terminating Equipment). Propojení těchto prvků je zobrazeno na obrázku.



Obr. 1 Seriová komunikace dle EIA/TIA 232

Přenos dat nebo informací je zde realizován pomocí GSTN (veřejná telefonní síť), rádiovými kanály.

1.2 EIA/TIA 485

Často uváděné jako RS 485. Jedná se o sériové symetrické rozhraní, které je velmi odolné vůči rušivým vlivům. Elektrické parametry jsou dány a specifikovány standardem. Přijímače zde fungují jako komparátory, které fungují tak, že logická hodnota jejich výstupu je dána rozdílem napětí na vstupech do přijímače. Vysílače pracují na stejném principu. Přijímač i s vysílačem jsou většinou obsaženy ve stejném obvodu, kde sdílí signálové linky.

1.3 Satelitní komunikace

Využívají družicových spojů, které používají pro přenos informací elektromagnetické vlny. Začaly se využívat v 80. letech dvacátého století.

Mají široké možnosti využití:

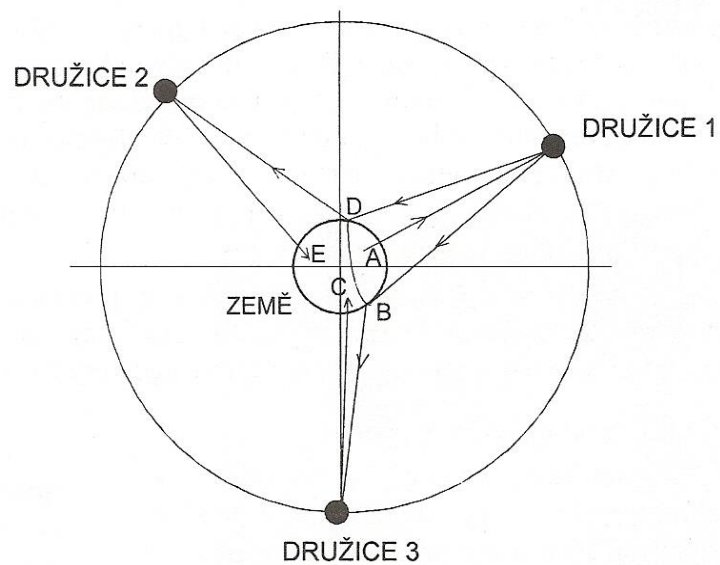
- *Komerční vysílání rozhlasu a televize*
- *Telefonní hovory*
- *Datové přenosy*
- *Navigace aut, letadel*

Družicové spoje mají velkou výhodu v nezávislosti na kabelovém spojení. Pro přenos mezi družicí a anténou je zapotřebí parabolická anténa s průměrem několika metrů.

Družice vypuštěné do gravitačního pole Země vykonávají kolem ní periodický pohyb, což znamená, že se musí pohybovat po elipse nebo po kružnici. Životnost družic udává jejich výška nad Zemí ve které obíhají.[3]

Podle umístění družic je rozdělujeme na:

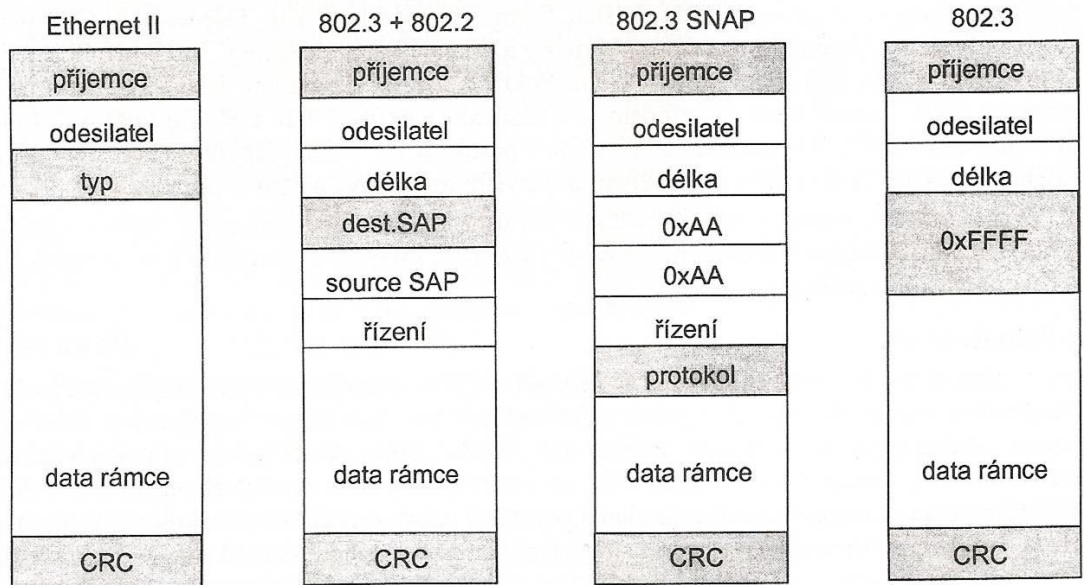
- Geostacionární (GEO), satelit má stejnou úhlovou rychlost jako Země.
- Negeostacionární (LEO), nízkoorbitová.



Obr. 2 Přenos informace pomocí geostacionárních satelitů

1.4 Ethernet

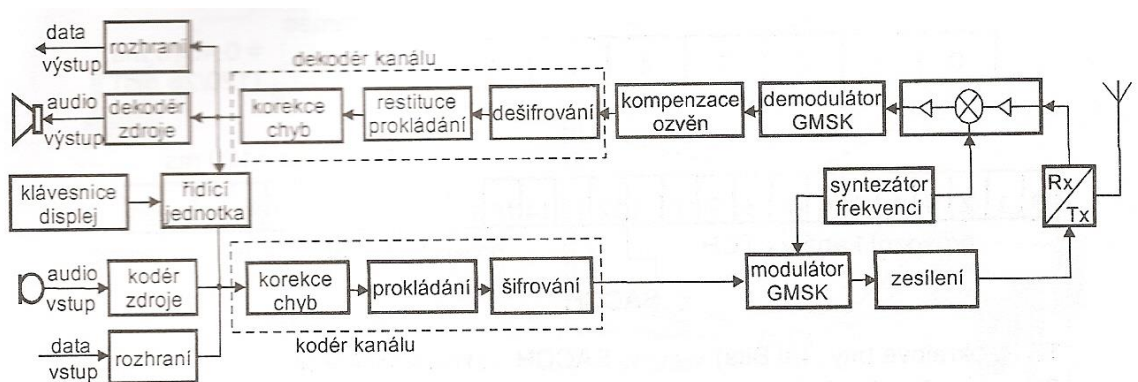
Vznikl v 70. letech dvacátého století. V dnešní době se uvádí pod názvem IEEE 802.3. Je to síť s přístupovou metodou CSMA/CD. V případě kolize je na sběrnici vyslán signál (JAM). Vysílací uzly poté přestanou vysílat a po náhodně zvoleném časovém úseku se opět pokusí o vysílání. Při opakování kolizí se tento časový interval navyšuje. Postupem času se vyvíjel a dal za vznik modifikacím (rámcům) (Ethernet_II, Ethernet_Snap, Ethernet 802.2, Ethernet 802.3). Rozdíl mezi nimi byl v hlavičce MAC vrstvy.



Obr. 3 Varianty rámce ethernet

1.5 GSM

Mobilní telekomunikační sítě se začaly vyvíjet po roce 1982. Princip byl, že na vstup obvodu se dostane audio signál, ten se maximálně kmitočtově omezí a pak se zakóduje. Na ochranu proti chybám a odposlechu se signál časově a kmitočtově přepíná.



Obr. 4 Blokové schéma mobilního terminálu

2 DIGITÁLNÍ KOMUNIKACE

Digitální komunikace nejsou přirozeně kontinuální, ale spíše představují informace jako řadu jednotlivých napětí nebo běžné vlnění. Obojí se odlišuje v rozsahu amplitud, kde nejsou všechny hodnoty možné, pouze jejich omezené množství. Změna z jedné hodnoty na druhou je dělána po krocích. Na druhou stranu analogové signály mohou mít jakoukoliv hodnotu, která je mezi funkčním rozpětím a změna z jedné hodnoty na druhou může bez neočekávaných změn pokračovat ve svém průběhu.

Nejběžnější digitální signály jsou binární, což jsou signály, které mají pouze dvě hodnoty „1“ a „0“. Máme mnoho různých zařízení, která pracují na stejném principu, například: světlo (svítí, nesvítí), zvonek (zvoní, nezvoní), funguje u nich přepínač který rozlišuje tyto 2 stavy.

Výhoda využívání digitálních metod místo analogových je založena na využívání dvou stavů. Digitální obvody využívají integrované obvody, které pracují přepínáním tranzistorů mezi nasyceným stavem a uzavřeným stavem, bez nutnosti generování či detekování přesné hodnoty. Toto je důvod proč jsou digitální obvody levné a masově vyráběny. Navíc, digitální obvody jsou zpravidla spolehlivější než analogové, tak jak je obtížné aby nastala porucha díky změnám hodnot v komponentech.

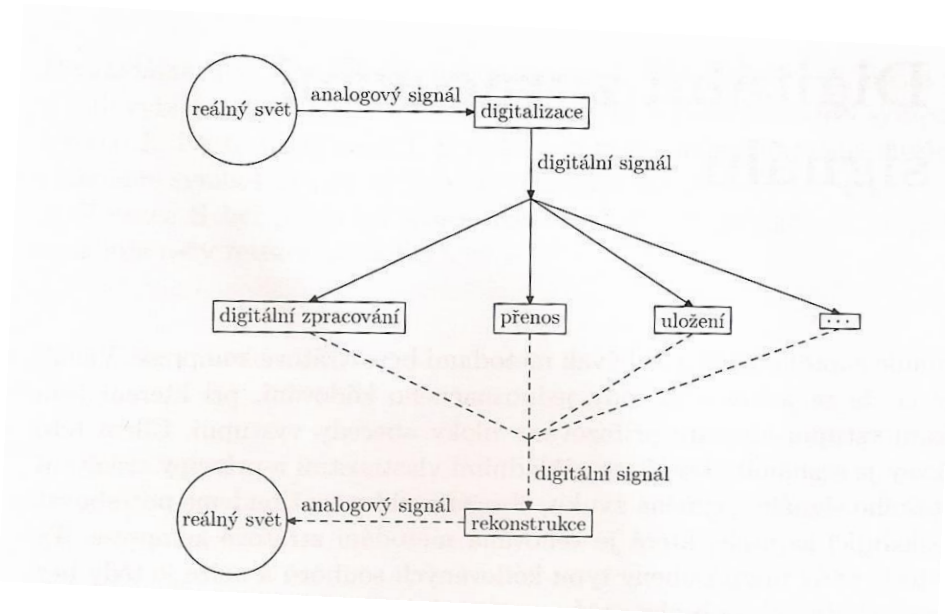
V digitálních systémech efekty jako jsou hluk a interference jsou značně redukovány, stejně tak digitální vlnění může reprodukovat sebe bez většího rizika nastání chyby. Analogové systémy to tak jednoduché nemají, nechtěný signál může znamenat, že je permanentně špatný.

Výhodou přenosu či uložení digitálního signálu oproti analogovému signálu je, že nemusí dojít ke zkreslení během přenosu (má možnost detekce a oprav chyb vzniklých při přenosu díky samoopravným kódům). Další výhodou je možnost vytvoření naprosto identických kopií. Přenos přes digitální kanály včetně internetu patří mezi hlavní výhody. S tím úzce souvisí i možnost zašifrování pomocí šifrovacích algoritmů.[5]

3 ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU

Signály, ať už analogové či digitální jsou přítomny všude kolem nás. Z biologického hlediska se dá říct, že lidské ucho či oko je schopno vnímat analogové signály. Na druhou stranu digitální signály mohou být zpracovány pouze díky počítačům a jiným zařízením. Z tohoto důvodu jsme nuceni převádět analogový signál na digitální. Převod analogového signálu na digitální se nazývá digitalizace signálu. Opačný převod z digitálního signálu na analogový se nazývá rekonstrukce signálu.

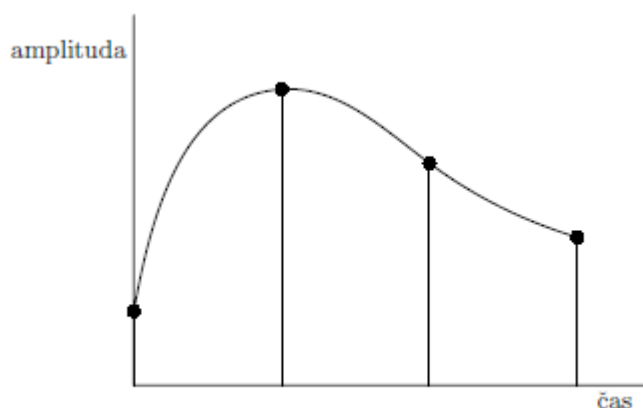
Při přenosu a zpracování digitálního systému můžeme veškeré ztráty informace, ke kterým dochází při digitalizaci signálu, ovlivnit výběrem parametrů jednotlivých procesů. Proto jsou digitálně zpracované signály v mnohem lepší kvalitě než analogové.[6][5]



Obr. 5 Analogový a digitální signál

3.1 Princip digitalizace

Digitalizace se definuje jako převod, jehož vstupem je spojitá funkce (analogový signál) a výstupem je diskrétní funkce (digitální signál). Digitální signál obsahuje hodnoty z konečné abecedy (většinou jsou to čísla), která charakterizují průběh analogového signálu určeného pro digitální zpracování či přenos.



Obr. 6 Převod signálu do digitální podoby

Na uvedeném obrázku je ukázána digitalizace analogového signálu. Je zapotřebí určit význačné body, které pokryjí určitý časový interval a zjistíme v nich hodnoty. Počet těchto hodnot za vteřinu se nazývá vzorkovací frekvence, je udávána v Hz (Hertz). Čím vyšší je vzorkovací frekvence tím vyšší je kvalita rekonstrukce původního signálu.[2]

3.1.1 Určení Vzorkovací frekvence

Signál obsahující speciální vlastnosti může mít vzorkovací frekvenci takovou, že je z něj možné plně rekonstruovat původní analogový signál. Navyšování jeho frekvence by bylo pak zbytečné. Určením frekvence se zabývá Shannonova vzorkovací věta, která vychází z Fourierovy transformace. V případě, že je zvolena nižší frekvence, než uvádí Shannonova věta, je zde možnost podvzorkování (aliasu).

3.1.2 Fourierova transformace

Umožňuje převod jedné funkce (spojitého signálu) na jinou. Princip je, že máme funkci $f(t)$, která je složena z tónů různých výšek a s různou intenzitou. Každý tón je zobrazen jako sinusová nebo kosinusová křivka s danou amplitudou a frekvencí. Při převodu na Fourierův obraz rozepisujeme původní funkci $f(t)$ jako součet sinusových a kosinusových křivek s odlišnými frekvencemi (odpovídají výšce tónů) a amplitudami (odpovídají intenzitě tónů). Tento součet může být nekonečný. Dále pak vytvoříme funkci $F(\omega)$, která jednotlivým frekvencím ω sinusových a kosinusových křivek přiřadí jejich amplitudy. Funkce $F(\omega)$ se ve výsledku nazývá Fourierův obraz funkce $f(t)$. Převod původní funkce $f(t)$ na Fourierův obraz $F(\omega)$ se nazývá Fourierova transformace funkce $f(t)$.

3.1.3 Shannonova vzorkovací frekvence

Tato věta říká, že pokud máme vstupní signál, který je frekvenčně omezenou funkcí, lze pro něj nalézt hodnotu vzorkovací frekvence, ze které již lze původní signál plně rekonstruovat. Další zvyšování vzorkovací frekvence nemá smysl.[1]

3.2 Rekonstrukce digitálního signálu

Rekonstrukce signálu znamená převod z digitální podoby zpět do analogové tak aby mohl být vnímán lidskými vjemy (sluchem či zrakem). Používám se k tomu tzv. Rekonstrukční filtr. Jednotlivé vzorky digitálního signálu označíme $J(m_k)$. Rekonstrukce signálu v bodě x je dána konvolučním vztahem.

$$f(x) = \sum_{k=1}^N J(m_k) * \theta(x - m_k) \quad 3.1$$

Funkce θ určuje, jak daleko bude mít hodnoty vzorku v čase vliv na rekonstruovaný signál. Jednotlivé hodnoty rekonstruovaného signálu mohou být tím pádem ovlivňovány všemi hodnotami digitalizovaného signálu $J(m_1), \dots, J(m_n)$. Normálně se filtr θ volí tak, že v daném bodě ovlivňují hodnotu rekonstruovaného signálu nejbližší hodnoty digitálního signálu, nebo předem daný omezený počet digitálních hodnot.

4 MODULACE

Je zobrazení datové zprávy reprezentované vektorem diskrétních datových symbolů do množiny modulovaných signálů ve spojitém čase.[2]

$$\{\vec{d}\} \mapsto \{s(t)\} \quad 4.1$$

Zařízení využívající tento druh zobrazení je *digitální modulátor*. U digitálních modulací získávají datové symboly diskrétní hodnoty a zároveň jsou i diskrétní v čase. Vektor těchto symbolů $\vec{d} = [\dots, d_n, \dots]^T$. Každý datový symbol má přiřazenu hodnotu z množiny datových symbolů $d_n \in \{d^i\}_{i=1}^{M_d}$. M_d se nazývá *Mohutnost*, což je počet prvků množiny dat. Indexování datových symbolů je na intervalu $n = -\infty, \dots, +\infty$.[2]

$$\vec{d} = [\dots, d_n, \dots]^T \xrightarrow{\text{Digitální modulátor}} s(t)$$

4.1 Postupnost a periodičita

Jedná se o příchod datových symbolů na vstup digitálního modulátoru. Příkladem může být digitalizace dat zvukových nebo obrazových signálů. Je důležité, abychom se k datům chovali jakoby přicházela periodicky a postupně. Perioda příchodu datových signálů se nazývá *symbolová perioda* (T_s). Počet symbolů za sekundu je potom *symbolová rychlost*. Bd (Baud) je jednotkou symbolové rychlosti.

$$r_s = \frac{1}{T_s} [Bd] \quad 4.2$$

Z postupnosti a periodicity vyplývá, že modulátor si zpracovává přichodící data sám postupně a periodicky. Z toho plyne, že matematický zápis modulovaného signálu se bude skládat z řady *dílčích periodicky generovaných příspěvků*. Jednotlivé příspěvky jsou indikací příchodu dalšího datového symbolu do modulátoru. Jejich sloučení z matematického hlediska se provádí součtem.

4.2 Paměť modulace

O paměti modulace můžeme říct, že nemá paměť v momentě kdy modulátor má pouze jeden stav $M_\sigma = 1$ a *modulační funkce je nyquistovská pro reálné signály*. V případě, že $M_\sigma > 1$ nebo nejsou splněny *nyquistovi podmínky* lze ji považovat jako modulaci s pamětí.

Může vzniknout dvěma způsoby. První způsob je na úrovni diskrétního zpracování datových symbolů, kdy před tím než modulátor vybere odezvu ve spojitém čase, která je pak poslána na výstup, je ovlivněna historií dat na vstupu. Druhý způsob se odvíjí od vlastního tvaru časového průběhu odezvy jednotlivých příspěvků modulátoru.

4.3 Dimenze dat, modulace a kanálová dimenze modulace

Podle N_d (dimenze datových symbolů) rozlišujeme modulace se skalárními nebo vektorovými datovými symboly. U vektorových datových symbolů je používán pojem *Bloková data*, který slouží k popsání bloku za sebou jdoucích datových symbolů. Rozdělení podle dimenze dat se, ale ve většině případů nijak neprojevuje na názvu modulace. To znamená, že stejná modulace může být stejně popsána jak pro skalární tak vektorová data. Modulační funkce generující prostor:

$$\{\mathbf{h}(\mathbf{q}_n^{(i)}, t - nT_s)\}_i \quad 4.3$$

$$N_{\{\mathbf{h}\}} = \dim(\{\mathbf{h}\}) = \dim\left(\left\{\mathbf{h}(\mathbf{q}_n^{(i)}, t - nT_s)\right\}_i\right) \quad 4.4$$

$N_{\{\mathbf{h}\}}$ (dimenze modulace). Podle hodnoty $N_{\{\mathbf{h}\}}$ mluvíme o jednodimenzionální nebo multidimenzionální modulaci.

$$N_{q, \min} = N_{\mathbf{h}} \quad 4.5$$

Z výše uvedeného vzorce je patrné, že $N_{q, \min}$ (minimální dimenze kanálových symbolů) potřebných k vyjádření modulovaného signálu musí být stejná jako dimenze modulace.

Podle N_s (kanálové dimenze modulovaného signálu rozlišujeme modulace *jednokanálové* (skalární) a *multikanálové* (vektorové).

4.4 Linearita

Modulaci můžeme nazvat lineární v případě, že je vztah mezi $s(t)$ (modulovaným signálem) a $\vec{\mathbf{d}}$ (vstupními daty) lineární:

$$s(t) = A_s \sum_n \mathbf{q}_n^T \mathbf{h}(t - nT_s), \quad \mathbf{q}_n = \mathbf{B}_d \mathbf{d}_n + \mathbf{B}_\sigma \boldsymbol{\sigma}_n \quad 4.6$$

$$\boldsymbol{\sigma}_{n+1} = \mathbf{C}_d \mathbf{d}_n + \mathbf{C}_\sigma \boldsymbol{\sigma}_n \quad 4.7$$

$B_d, B_\sigma, C_d, C_\sigma$ jsou matice.

Po dosazení rekurzivních vztahů vznikne výraz:

$$q_n = B_d d_n + B_\sigma \sum_{i=1}^n C_\sigma^{i-1} C_d d_{n-i} \quad 4.8$$

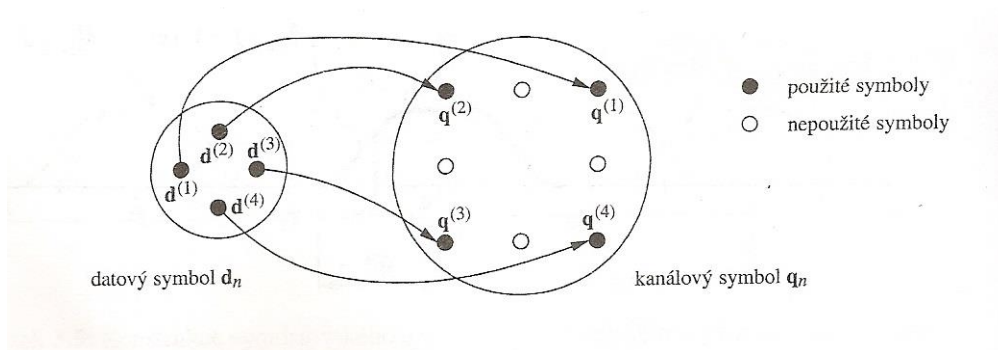
Z výše uvedeného vzorce pak plyne, že $s(t)$ modulovaný signál je kombinací d_n datových symbolů.

4.5 Kódované modulace

U tohoto druhu modulace, pracujeme s určitými vlastnostmi modulace jako jsou ve většině případů *spektrální výkonová hustota* a *odolnost proti chybám při detekci* za pomoci vhodné volby diskrétní části modulátoru. Tato část se v tomto případě nazývá kodér.

4.5.1 Blokové kódy

Tady se jedná o zobrazení kanálových symbolů z datových symbolů v rámci bloku bez návaznosti na ostatní bloky.

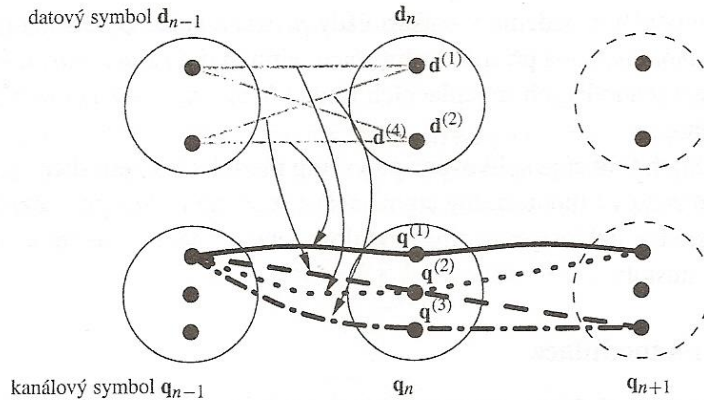


Obr. 7 Redundance u blokových kódů

4.5.2 Mřížkové kódy

Oproti blokovým kódům dosahuje redundance jiným způsobem. Množiny kanálových signálů jsou totožné $M_q = M_d^{N_q}$. Redundance je tedy zajištěna tak, že některé sekvence kanálových symbolů jsou použity na sekci dat. Samozřejmě díky tomu jsou některé sekvence nepoužité. Pro dosažení redundance je nezbytné aby $M_d < M_q$.

Díky tomu bude počet kanálových sekvencí větší, než počet datových zpráv.



Obr. 8 Redundance u mřížkových kódů

4.6 Ortogonalita modulace

Modulaci nazveme ortogonální pokud množina všech modulovaných signálů $\{s(\overline{d^{(i)}})\}_i$ odpovídajících všem možným datovým zprávám tvoří ortogonální systém.

$$\int_{-\infty}^{\infty} s(\overline{d^{(i)}}) * s(\overline{d^{(i')}}) dt = 0, \text{ pro } i \neq i' \quad 4.9$$

O modulaci ortogonální vůči reálným signálům mluvíme tehdy, pokud je splněna podmínka, která odpovídá ortogonalitě reálných signálů na nosném kmitočtu.

4.7 Energie symbolu

Je definována jako střední energie symbolu $\bar{\epsilon}_s$ vztažena na jeden symbol modulovaného reálného signálu nesoucího velmi dlouhou zprávu o L datových symbolech.

$$\bar{\epsilon}_s = \frac{1}{2} \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{1}{L} E \left[\int_{-\infty}^{\infty} |s_L(t)|^2 dt \right], \quad 4.10$$

Kde

$$s_L(t) = A_s \sum_{n=n_0}^{n_0+L-1} h(d_n, \sigma_n, t - nT_s) \quad 4.11$$

$s_L(t)$ je modulovaný signál, který nese L symbolů. Konstantu n_0 není podstatná a její hodnotu volíme tak aby byl jednoduchý.

$$\varepsilon_s(\mathbf{d}_n, \sigma_n) = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} |A_s h(\mathbf{d}_n, \sigma_n, t)|^2 dt \quad 4.12$$

Výše uvedený vztah slouží pro *energii symbolu*. Používá se k popisu *energie reálného modulačního signálu*, který odpovídá danému stavu modulátoru a datovému symbolu.

4.8 Impulsy

Se dají charakterizovat jako funkce času s konečnou energií z určité částečně omezené množiny. Pak zastávají impulsy funkce jako modulační impulsy nebo impuls řídicí průběh nějaké jiné veličiny. U modulačních impulsů jsou zvoleny *multiplikatивní konstanty*, aby impuls obsahoval *jednotkovou energii*.

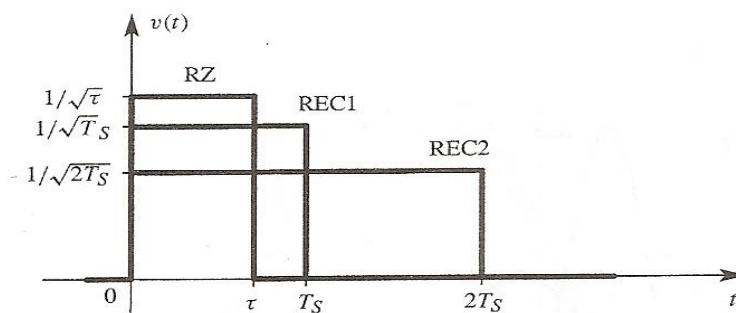
4.8.1 Obdélníkový impuls

Z matematického hlediska se jedná o nejjednodušší impuls. Můžeme ho použít u modulačních impulsů i u impulsů řídicích veličin. U modulačního impulsu je impuls normován na jednotkovou energii. V případě jiného využití je většinou normován na plochu, většinou $\frac{1}{2}$ nebo 1.

$$v(t) = \frac{1}{\sqrt{\tau}} (\mathcal{U}(t) - \mathcal{U}(t - \tau)) \quad 4.13$$

Ve výše uvedené rovnici je τ (délka impulsu). Při normování na plochu je definice upravená o $\frac{1}{2}$.

$$v'(t) = \frac{1}{2\tau} (\mathcal{U}(t) - \mathcal{U}(t - \tau)) \quad 4.14$$



Obr. 9 Obdélníkový impuls s normovanou energií

4.9 Lineární modulace

4.9.1 PSK – phase shift keying

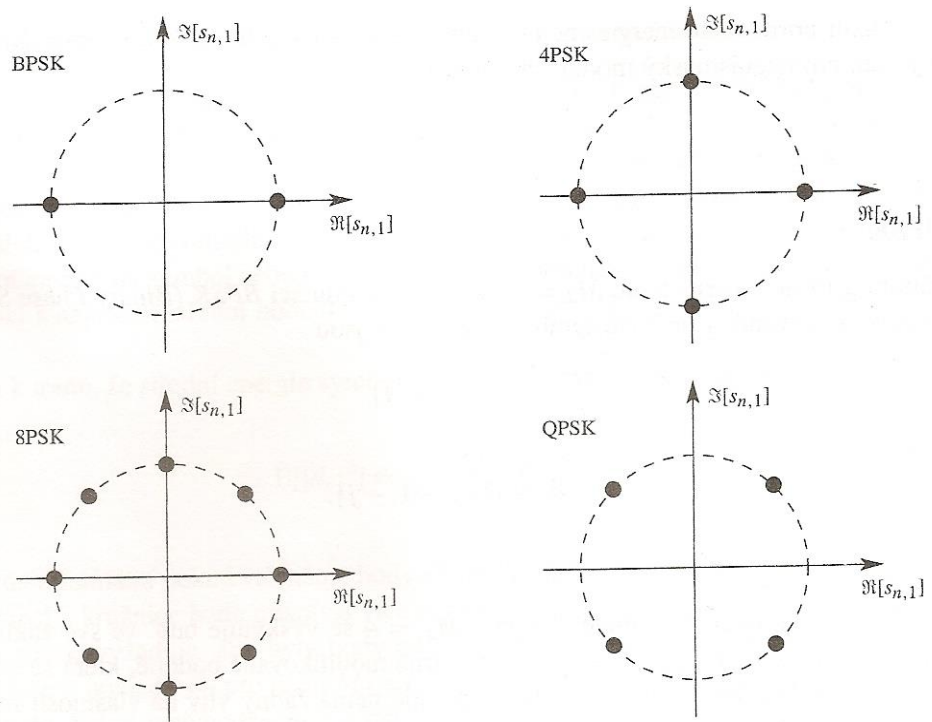
Neboli fázové klíčování je jednou z nejběžnějších modulací. Většinou se používá s přídatkem M (MPSK), kde M zastupuje M_d (počet datových symbolů), pak vznikají 4PSK, 8PSK apod. Ovládanou veličinou je v této modulaci fáze bodu. Průběh fáze $\phi_s(t)$ je závislý na tvaru modulačního impulsu.

Pro řešení s vektorovými daty se původní 4PSK musí rozdělit na 2×2 PSK. Kde množina kanálových symbolů:

$$\mathbf{d}_n = [d_{n,1}, d_{n,2}]^T \quad 4.15$$

$$d_{n,1}, d_{n,2} \in \{-1, 1\} \quad 4.16$$

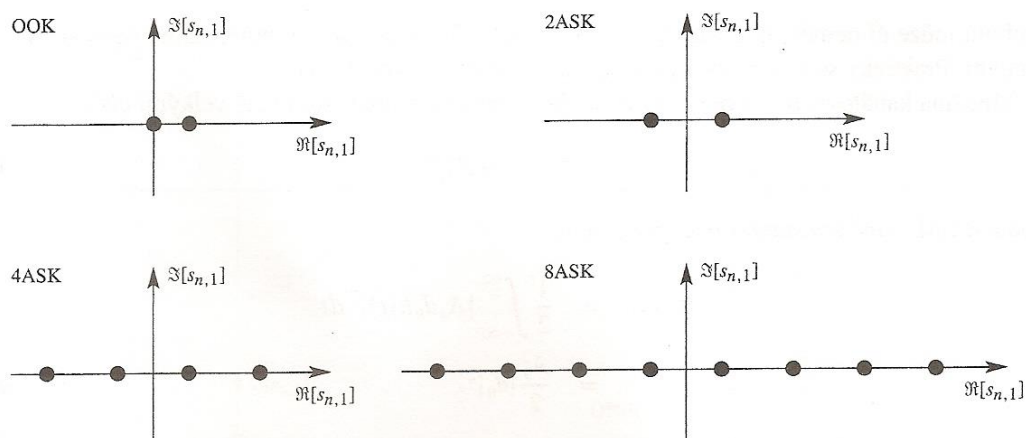
$$s(t) = \frac{A_s}{\sqrt{2}} \sum_n (d_{n,1} + jd_{n,2}) h(t - nT_s) \quad 4.17$$



Obr. 10 Konstelace modulací PSK

4.9.2 ASK - amplitude shift keying

Neboli amplitudové klíčování je další bezpaměťovou modulací u níž je ovládanou veličinou *velikost vektoru signálového bodu*. Pro tuto modulaci se můžeme setkat i s pojmenováním PAM (Pulse Amplitude Modulation). Obdobně jako u PSK i tady se využívá M_d (počtu datových symbolů), pak tedy vzniknou modulace s označením 4ASK, 8ASK apod. Nicméně množiny kanálových symbolů musí být tvořeny *ryze reálnými různě velikými čísly*.



Obrázek 1

Obr. 11 Konstelace modulací ASK

4.10 Nelineární modulace

4.10.1 FSK - Frequency Shift Keying

Neboli frekvenční klíčování je modulace u níž je ovládanou veličinou frekvence signálu. U tohoto typu modulace předpokládáme, že $|s(t)|$. Jediný parametr, který lze měnit je fáze signálu. Tato modulace je definována vztahem

$$s(t) = A_s \sum_n \exp\left(j\left(2\pi d_n \frac{\Delta f}{2}(t - nT_s) + \varphi(d_n)\right)\right) v_{rsc1}(t - nT_s) \quad 4.18$$

$$v_{rsc1}(t) = \frac{1}{\sqrt{T_s}} (\mathcal{U}(t) - \mathcal{U}(t - T_s)) \quad 4.19$$

Množina datových symbolů

$$d_n \in \{\pm 1, \pm 3, \dots, \pm(M_d - 1)\} \quad 4.20$$

5 PŘENOSOVÁ MEDIA

Je zde chápáno jako spojení mezi vysílačem a přijímačem. Vybavení, které se používá má 5 přenosových kanálů a to jsou: koaxiální kabel, dvojlinka, optické vlákno, infračervené záření a radiové záření.

5.1 Koaxiální kabel

Jedná se o přenos elektrické komunikace pomocí kabelu. Je to nejstarší cesta jak převádět analogový signál telefonem či telegrafem (digitálně).

Dvojlinka je tvořena dvěma paralelními vodivými dráty. Jeho největší výhodou je cena. Jednou z nevýhod je jeho citlivost vůči elektromagnetickému rušení (elektrická a magnetická pole). Magnetické rušení může být sníženo v případě, že smyčka tvořená dvěma kabely je malá, zajišťuje zde malý prostor mezi nimi. Udržení vodičů dohromady snižuje elektrické rušení. Další nevýhodou tohoto kanálu je podpora malé šířky pásma a udržování ohmické kontinuity mezi vysílačem a přijímačem, který může způsobit problémy, protože dva systémy nejsou nezávislé. Ve srovnání s koaxiálním vedením to má výhodu nižší parazitní kapacity.

5.2 Kroucená dvojlinka

Na rozdíl od symetrické dvojlinky, které jsou v zásadě používány v systémech s malou přenosovou kapacitou, koaxiální kabel je používán v systémech vyžadujících větší kapacitu (větší počet kanálů pro přenos).

Koaxiální kabel se skládá ze dvou soustředných vodičů oddělených izolačním materiálem vnitřní vodič nese informaci a vnější je obvykle připojen do referenční napětí obvodu a formuje elektrostatické clonu kolem vnitřního vodiče. Koaxiální kabel je mnohem odolnější proti elektrickému rušení důvodu clonění, ale je citlivý na magnetické rušení, ačkoli toto je sníženo vzdáleností dvou vodičů.

Parazitní schopnost je mnohem větší než u dvojlinky kvůli kondenzátoru umístěného mezi vnitřním a vnějším vodičem, který je v rozpětí 50 až 100 pF/m, v závislosti na rozměrech a vzdálenosti mezi vodiči. Stejně jako u dvojlinky, je udržena ohmická kontinuita mezi vysílačem a přijímačem.

5.3 Optická vlákna

Přenos elektro-optické komunikace pomocí optického vlákna má hodně technických a ekonomických výhod.

Optické vlákno je vyrobeno z lehkého materiálu pokrytého různými materiály. Mezi levnými vlákny je materiál ze kterého jsou vyrobeny většinou plast.

Výhody optických vláken:

- Nízká ztrátovost
- Veliký vlnový rozsah, větší než u koaxiálního kabelu
- Malá velikost
- Nízká cena
- Odolná proti teplotním změnám

5.4 Radiové spojení

Toto je nejběžnější metoda používaná pro komunikaci a komerční využití v dnešní době.

Přístroj může přenášet až 27MHz, v amplitudové modulaci. Tento způsob stejně jako infračervené spojení má za následek znehodnocení přenášených informací. Jelikož nepotřebuje žádné fyzické spojení je obecně levné a využívá se na delší vzdálenosti.

Je náchylné k elektromagnetickému vlnění, které je způsobováno zařízeními nebo dokonce vysílačem používajícím podobné vysílací pásmo.

5.5 Infračervené spojení

Na rozdíl od optického vlákna, které je emisí záření vedeného uvnitř vlákna, infračervené záření je ve volném prostoru. Toto produkuje velké zeslabení mezi vysílačem a přijímačem. Kvůli zeslabení, které toto spojení vykazuje je účinné pouze na krátkou vzdálenost a navíc je relativně levná a praktická. Mezi vysílačem a přijímačem nesmí být žádná překážka, jelikož infračervené záření nedokáže procházet všemi druhy prostředí.

Není náchylné k elektromagnetickému vlnění, ani k ohmické kontinuitě mezi vysílačem a přijímačem. Nicméně kvůli mnoha variacím infračerveného světla v atmosféře může nastat interference nebo šum.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 LABORATORNÍ CVIČENÍ

Jedná se o soubor praktických cvičení pro komunikační soupravu EC-796.

Souprava zahrnuje od základní (ovšem podstatné) koncepce vzorkování a kvantování analogových signálů pro následný digitální přenos až po všechny základní modulace a demodulace, u nichž může také dojít ke znehodnocujícímu vlivu kanálu vlivem útlumu, šumu nebo rušení. Cvičení pokrývají alternativní formy vizualizace specifické pro digitální komunikace, jako jsou „eye“ diagramy a konstelační diagramy.

Použití audio subsystémů (mikrofon, sluchátka) je uvedeno již od zahajovacích cvičení, takže každý student může během kurzu experimentovat nasloucháním různým typům signálů, ať už hlasovým, nebo generovaným pomocí FG a pak přenesených digitálně (dokonce lze provádět i audio-metrické testy).

Praktické úlohy byly navrženy tak, aby bylo možné využít vybavení běžných laboratoří elektroniky. Dále se předpokládalo, že použité osciloskopy budou analogové. Pokročilejší osciloskopy se nevyžadují, ačkoliv pokud jsou k dispozici digitální typy, umožní v některých případech snadnější vizualizaci. Tam, kde je v některých úlohách řečeno, že se má vypnout FG v zájmu zlepšení synchronizace osciloskopu, lze v případě použití digitálního osciloskopu pouze stisknout tlačítko stop. Navíc v novějších laboratořích se spektrálními analyzátory, lze k časově závislým vizualizacím přidat odpovídající kmitočty.

Pořadí úloh bylo zvoleno s ohledem na uživatele, kteří nejsou s danou problematikou obeznámeni, takže by měli pořadí striktně dodržovat. Znalosti poskytované jednotlivými úlohami se opírají o znalosti získané v teoretické části.

Úlohy jsou koordinovány doprovodným textem, ačkoliv bylo úmyslem poskytnout studentovi i určitou nezávislost jako příležitost použít znalosti získané v předchozích cvičeních.

Mějte na paměti, že existuje široká škála obvodů pro realizaci různých typů modulací a demodulací, z nichž jsme vybrali některé pro koncepci komunikační soupravy. V některých případech, s ohledem na výukovou povahu soupravy, jsme nepoužili složité obvodové struktury, ale rozhodli jsme se pro varianty se snadnějším pochopením principu. Všechny obvody jsou založeny na běžných zapojeních bez použití mikroprocesorů (program by ukryl informaci bez možnosti zobrazení na osciloskopu) nebo signálových

procesorů (DSP), které jsou nicméně běžné v profesionálních zapojeních. Je tedy výhodou studenta samotného, pokud sám umí programovat DSP. Berte tyto skutečnosti do úvahy při formulaci závěrů z jednotlivých cvičení a nepřičítejte omezení, vyplývající z konstrukce soupravy, samotné modulaci.

Při realizaci úloh doporučujeme používat kompenzované sondy 1:10, abyste se vyhnuli nepřesným výsledkům, zbytečným chybám a zpožděním. Mějte na paměti, že sondy minimalizují vliv zátěže, chrání signály proti vnějšímu rušení (osový vodič je koaxiálně stíněn, čímž téměř eliminuje veškeré vnější rušení) a zlepšuje některé charakteristiky osciloskopu.

Při infračerveném přenosu fázových modulací mohou nastat kritické podmínky pro komunikaci vlivem několika faktorů, mezi něž lze počítat omezení šířky pásma infračerveného LED vysílače a přijímače.

7 MODULACE A DEMODULACE V ASK

V této úloze budeme pracovat s nejjednoduššími druhy modulací a demodulací ASK. Budeme zobrazovat vlnění modulací a zapisovat naměřené hodnoty.

7.1 Teorie

Teoretické znalosti nutné k vypracování této úlohy jsou:

- Digitální modulace a přenos (ASK)
- Demodulace (ASK)

7.2 Použité nástroje

- Dvojlinka
- Koaxiální kabel
- 2× sonda
- Generátor vlnění
- Osciloskop

7.3 Nastavení parametrů

7.3.1 Vysílač

- Vstup signálu (sig)
- Antialiasing (ON), Compressor (OFF)
- Modulace (ASK)
- Kanálový simulátor (direct)
- Výstup dvojlinka

7.3.2 Přijímač

- Dvojlinka vstup
- Demodulace ASK
- Rekonstrukce (ON), Expander (OFF)
- Výstup signál (sig)

Funkční generátor se nastaví na SINE $2V_{pp}$ a 1kHz. Sledujte jak přenášený signál na TPE1 z kanálu 1 na osciloskopu a signál získaný na přijímači TPR41 na kanálu 2.

7.4 Modulátor

Po zkontrolování funkčnosti komponentů připojte generátor na TPE4 (Test Point Emitter 4) a osciloskop na TPE24 obojí na emitter (vysílač). Na osciloskopu uvidíte průběh signálu TPE4 a modulovaný signál TPE24. Vypněte generátor pro lepší zobrazení obou kanálů. Změřte frekvenci na vysílači TPE7.

7.5 Demodulátor

Připojte generátor na vstup TTL a na emitteru nastavte TTL input a BB. Tímto způsobem jsou generované TTL pulsy přímo do přijmače (je to to samé jako kdyby byl generátor napojený přímo na přijímač). Výstup low-pass filtru, který zlepšuje ASK je TPR3. Změnou frekvence TTL generátoru najdi rezonanční frekvenci filtru (maximální amplitudu). Od tohoto bodu zvyšuj a snižuj frekvenci za účelem nalezení šířky pásma 3dB. Dolů zapište výsledky.

Resonance frequency:

Lower cut-off frequency (3 dB)

Upper cut-off frequency (3 dB)

Filter bandwidth (at 3 dB)

Demodulace signálu

Přepojte generátor na vstup BNC1 a nastavte vstup signálu ($2V_{pp}$ a 1kHz) a ASK modulace.

Nyní zobrazte výstup demodulačního filtru TPR3, a porovnejte ho s modulovaným signálem na TPE24. Další krok demodulace je signál viděný na TPR3. Připojte sondu na vysílač do bodu TPR6. Signál je později formován na pulsy pomocí komparátoru, jehož výstup je na TPR36 (může být také měřen na TPR10). Přepojte sondu z TPR3 do TPR36 za účelem zobrazení vstupního signálu na přijmači. Ověřte zdali je signál stejný jako ten co je generování na vysílači v bodě TPE4.

8 FSK MODULACE, DVOU FILTROVÁ DEMODULACE (DFD)

V tomto cvičení budeme experimentovat s DFD signály modulací a demodulací, za použití základních měřicích filtrů. Použité demodulaci jsou na bázi DFD.

8.1 Teorie

- Digitální modulace jejich přenos FSK
- Demodulace FSK (DFD)

8.2 Použité nástroje

- Dvojlinka
- 2× sonda
- BNC-BNC kabel
- Funkční generátor
- osciloskop

8.3 Nastavení Parametrů

Vysílač s přijímačem propojen dvojlinkou, poté se zapnou oba moduly a nastaví příslušné parametry:

8.3.1 Vysílač

- Vstup signálu (sig)
- Antialiasing (ON), Compressor (OFF)
- Modulace FSK
- Kanálový simulátor direct
- Výstup dvojlinka

8.3.2 Přijímač

- Dvojlinka vstup
- Demodulace FSK (DFD)

- Rekonstrukce (ON), Expander (OFF)
- Výstup signál

Funkční generátor se nastaví na SINE $2V_{pp}$ a 1kHz. Sledujte jak přenášený signál na TPE1 z kanálu 1 na osciloskopu a signál získaný na přijímači TPR41 na kanálu 2.

8.4 Modulátor

Připojte sondy k TPE4 a TPR2 (FSK modulovaný signál). Manuálně upravte osciloskop pro synchronní propouštění přes hranici, uvidíte, že je tam vysoká frekvence když UART výstup na vysílači je nula a nižší frekvenci když je jedna. Všimněte si, že je zde rozdílná amplituda pro každou frekvenci. Tyto frekvence je obtížné měřit bez propracovaných osciloskopů. Pokud takový není k dispozici přepojte generátor do TTL a vyberte velmi nízkou frekvenci okolo 0,1 – 0,2 Hz. Nyní bude možno změřit přenosovou frekvenci pro vstupní signál na vysoké a nízké úrovni. Najděte jejich hodnoty:

„Nulová“ frekvence:

„Jednotková“ frekvence:

8.5 Demodulátor

Výstupy dual filtrů jsou TPR3 a TPR4 (generátor nechejte vypnutý). TPR3 je výstup pro 390kHz filtr. TPR4 je výstup nastavený pro nejvyšší frekvenci FSK. Všimněte si, že výstupní úroveň každého filtru jsou doplňující. Signál na TPR3, který přešel přes filtr, je signál na TPR6, kdežto TPR4 má signál na TPR5. Oba tyto vstoupí na vstup komparátoru, aby vygenerovali UART signál na vstupu přijímače, který se může změřit v bodě TPR36.

8.5.1 ASK a FSK signály

Jedna ze dvou frekvencí vytvořených modulem generujícím FSK je identický jako ten použitý u ASK. Ověřte zda-li je ASK modulátor schopen detekovat FSK modulované signály. K tomu je zapotřebí nastavit modulátor jako FSK a demodulátor jako ASK, poté zobrazte signál TPE1 a TPR41.

9 POROVNÁNÍ ASK A FSK (DFD)

Po úlohách s ASK a FSK modulacemi je nyní budeme porovnávat v oblastech senzitivity na hluk a šířku pásma.

9.1 Teorie

- Digitální modulace a její přenos ASK, FSK
- Porovnávání modulací
- Demodulace ASK, FSK-DFD
- Přenosové kanály

9.2 Použité nástroje

- Dvojlinka
- 2× BNC-BNC kabel
- Optické vlákno
- 2×anténa
- Mikrofon
- Sluchátka
- Funkční generátor
- Osciloskop

9.3 Nastavení Parametrů

Zapněte vysílač a přijímač

9.3.1 Vysílač

- Vstup signálu
- Antialiasing: (ON), Compressor: (OFF)
- Modulace: ASK
- Kanálový simulátor: přepnout na degradující kanál
- Dvojlinka výstup

9.3.2 Přijímač

- Dvojlinka vstup
- Demodulace: ASK
- Rekonstrukční filtr: (ON), expander: (OFF)
- Výstup signál

Ujistěte se, že hluk a interference jsou vypnuté a není tam zeslabení. Připojte generátor na vstup signálu (BNC1), se $\sin 2V_{pp}$ a amplitudou 1kHz. Zobrazte vstup signálu na TPE1 pomocí jedné sondy a druhou připojte na TPR41.

Sledujte signál v bodě TPR41 na osciloskopu, zvyšujte hluk potenciometru dokud jeho efekt nepůjde vidět na rekonstruovaném signálu. Změňte na FSK modulaci a demodulaci. Zjistěte která modulace je odolnější na hluk.

Vypněte hluk (potenciometr úplně doprava) a nastavte modulátor a demodulátor na ASK. Nastavte interferenci na 390kHz potenciometrem (pamatujte tato frekvence se používá jak pro ASK tak FSK), dokud nevidíte čistou degradaci rekonstruovaného signálu na TPR41. Nyní přepněte na FSK modulaci a demodulaci. Zjistěte, která modulace je méně citlivá na interferenci.

9.4 Komunikační kanály

Vyberte přímé spojení vedeného rušivým modulem na vysílači. Díky tomu nebude kanál degradován. V ASK modulaci a demodulaci s jednou sondou na TPR41 a druhou na TPE1 porovnejte kvalitu přijatého signálu s tím jak měníte komunikační kanál (pamatujte, že volíte kanál pro přijímač podle kanálu vybraného pro vysílač).

Opakujte pro FSK (DFD) modulaci a demodulaci.

9.5 Audio signály

Připojte mikrofon na vstup a sluchátka na výstup pomocí příslušných tlačítek. Hrajte si s rušivým modulem během toho co váš partner mluví do mikrofonu a porovnávejte kvalitu zvuku pomocí signálu zobrazeného na osciloskopu (TPR41). Pamatujte, že oproti analogu je digitální modulační degradace náhlá (modul přestane fungovat z minuty na minutu).

10 ZKOUŠENÍ PLL

Cílem této úlohy je seznámit se s PLL. Budeme porovnávat jak to funguje v otevřeném či uzavřeném obvodu a budeme měřit operační rozmezí.

10.1 Teorie

- Operační principy PLL
- PLL charakteristiky

10.2 Použité nástroje

- Dvojlinka
- BNC-BNC koaxiální kabel
- 2× sonda
- Funkční generátor
- Osciloskop

10.3 Nastavení parametrů

Propojíme vysílač s přijímačem pomocí dvojlinky a zapneme.

10.3.1 Vysílač

- Vstup: TTL
- Modulace: BB
- Simulátor kanálu: Direct
- Výstup: Dvojlinka

10.3.2 Přijímač

- Vstup: Dvojlinka
- Demodulace: FSK (PLL)
- Výstup signál

Připojte funkční generátor, který bude dodávat TTL signál (BNC2). Otevřete na přijímači switch (SW4), aby se odpojil vstup a také otevřete SW1, aby se nechalo PLL

v otevřeném okruhu. Jednu sondu umístěte na TPR4 a druhou na TPR43. Nastavte generátor okolo 400kHz, a postupně měňte frekvenci generátoru, ověřte zda VCO PLL nemůže sledovat frekvenci vstupu.

Synchronizací s druhou sondou změřte oscilační frekvenci VCO:

Central frequency VCO:

Zavřete switch SW4 a změnou generátoru okolo VCO centrální frekvence sledujte, jak to špatně sleduje variace.

Zavřete PLL obvod (switch SW1), přednastavením generátoru okolo centrální frekvence PLL a ověřte v úzkém frekvenčním rozpětí, že VCO sleduje frekvence vstupu signálu. Ověřit to můžete tak, že budete sledovat VCO pravidelný signál na výstupu je synchronní s frekvencí na vstupu.

10.4 Operace v uzavřeném obvodu

10.4.1 Měření operačního rozpětí

Nastavte generátor frekvence na VCO centrální frekvenci. Postupně zvyšujte frekvenci dokud nebudete detekovat VCO signál zajišťující vstupní signál na osciloskopu. Zapište hodnoty frekvence. Opakujte operaci snižování frekvence. Interval mezi frekvencemi je sledovací rozpětí PLL.

Vyšší frekvence:

Nižší frekvence:

Sledovací rozpětí PLL:

Sledovací rozpětí je míra vzatá na PLL se zajištěným VCO. Nyní budete měřit zachycené rozpětí (parametr vzatý z PLL nezajištěného na vstupu signálu.

Nastavte generátor na 100kHz. Zkontrolujte jestli VCO není zajištěné. Pomalu navyšujte frekvenci generátoru dokud není VCO zajištěné a zapište frekvenci, u které se to stalo.

Opakujte tento proces tentokrát na 900kHz. Zapište kdy byla frekvence zajištěná. Interval mezi těmito frekvencemi se nazývá PLL zachycené rozmezí:

Zachycené rozmezí: od: kHz

do: kHz

ZÁVĚR

V teoretické části jsem definoval komunikaci, shrnul základní principy digitální komunikace, metody zpracování signálu, také jsem charakterizoval přenosová média, která se používají pro přenos digitálního signálu.

Praktická část obsahuje mnou navržené čtyři laboratorní úlohy, které jsou sestaveny za účelem využití trenažeru pro digitální komunikaci EC – 796 při jejich zpracování. Tyto laboratorní úlohy byly zhotoveny aby sloužily jako studijní materiály studentům FAI. První úloha se zabývá principem ASK modulace. Druhá úloha popisuje princip FSK modulace. Ve třetí úloze se porovnávají ASK a FSK modulace. Čtvrtá úloha charakterizuje PLL modulace. Všechny úlohy byly zpracovány co nejpřehledněji pro jednoduché pochopení.

Příloha mé bakalářské práce obsahuje manuál k obsluze trenažeru pro digitální komunikaci, který jsem zpracoval a byl použit při zpracování praktické části.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] IVÁNEK, Jiří, Radim JIROUŠEK, Petr MÁŠA, Jan TOUŠEK a Norbert VANĚK. *Principy Digitální komunikace*. LEDA, 2006. ISBN 978-80-7335-084-0.

[2] KOCOUREK, Petr a Jiří NOVÁK. *Přenos Informace*. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-01169-0.

[3] SÝKORA, Jan. *Teorie digitální komunikace*. Dotisk 1. vyd. Praha: ČVUT, 2005, xiii, 329 s. ISBN 80-010-2478-4.

[4] PETERKA, Jiří. Co to znamená, když se řekne ... : Analogový, digitální. CHIPweek. 13. prosince 1995, 33/95, s. 33. Dostupný také z WWW: <<http://www.earchiv.cz/a95/a533k130.php3>>.

[5] KUČEROVÁ, Helena. Vyšší odborná škola informačních služeb [online]. 2010, Datum poslední aktualizace: 22. 2. 2010. Komunikace. Obecné zákonitosti vzniku, transformování a přenosu zpráv. Dostupné z WWW: <<http://web.sks.cz/users/ku/ZIZ/komunika.htm>>.

[6] Analog vs Digital. [online]. [cit. 2014-06-10]. Dostupné z: http://www.diffen.com/difference/Analog_vs_Digital

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Seriová komunikace dle EIA/TIA 232	11
Obr. 2 Přenos informace pomocí geostacionárních satelitů	13
Obr. 3 Varianty rámce ethernet.....	14
Obr. 4 Blokové schéma mobilního terminálu.....	14
Obr. 5 Analogový a digitální signál.....	16
Obr. 6 Převod signálu do digitální podoby	17
Obr. 7 Redundance u blokových kódů.....	21
Obr. 8 Redundance u mřížkových kódů	22
Obr. 9 Obdelníkový impuls s normovanou energií.....	23
Obr. 10 Konstelace modulací PSK	24
Obr. 11 Konstelace modulací ASK.....	25