

Analýza vlivu Hammingova kódu na přenosový kanál mezi ultrazvukovým vysílačem a přijímačem

Ondřej Lufinka

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

lufinkao@kae.zcu.cz

Analysis of the Hamming Code Influence on the Transmission Channel between the Ultrasonic Transmitter and the Receiver

Abstract – In this paper, analysis of the influence of the Hamming code on the ultrasonic channel is described. In the beginning, the paper briefly explains the design of the ultrasonic transceivers used for the experiment. Then the measurement of the channel without the code is performed. After that the appropriate code is designed, the channel is measured again and the code influence is analyzed. The conclusion summarizes parameters of the transmission (such as an error rate) that can be improved with the Hamming code.

Keywords – Channel Error Rate; Hamming Code; Ultrasonic Transceiver.

I. ÚVOD

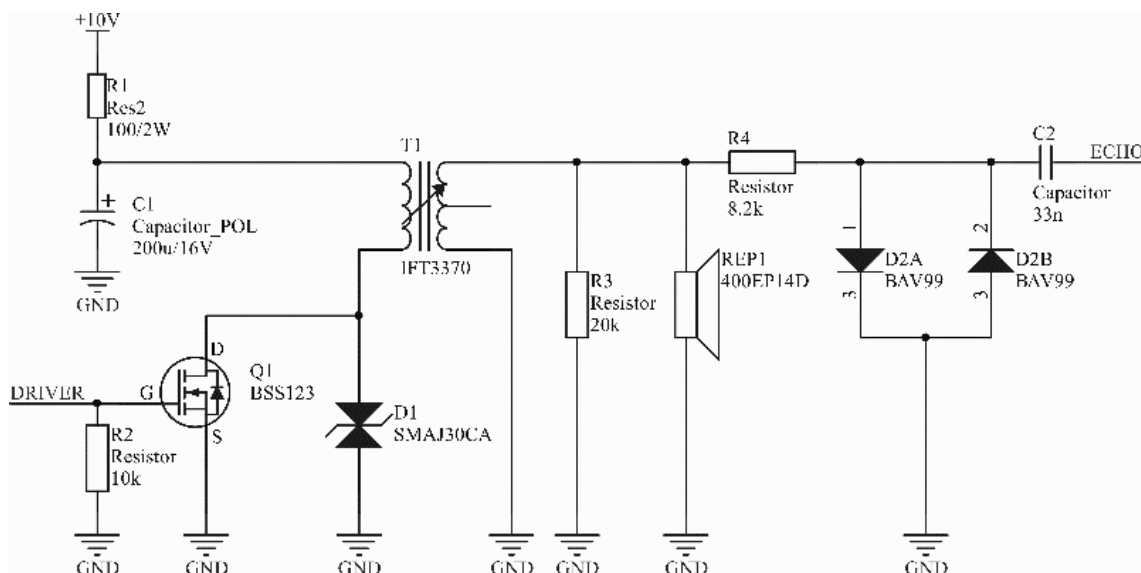
V předchozí práci [1] byl popsán ultrazvukový vysílač a přijímač s možností komunikace a měření vzdálenosti do 5 m. Dosažená přenosová rychlost byla 100 bit/s. Tento článek se dále zabývá možností využití Hammingova kódu k vylepšení chybovosti komunikace, přičemž však dochází ke snížení přenosové rychlosti vlivem přidání paritních bitů. Článek postupně popisuje princip ultrazvukového přenosu, který je detailněji popsán v předchozí práci. Dále se zabývá měřením přenosového kanálu a vyhodnocením jeho chybovosti. Následně je navržen Hammingův kód (7, 4), aplikován na předešlý prototyp a opět vyhodnocen výsledek tentokrát kódovaného přenosu. Úkolem je zjistit zlepšení chybovosti a zároveň limitní podmínky pro použití kódu. Závěrem jsou porovnané oba typy komunikace z hlediska přenosové rychlosti a chybovosti.

II. PRINCIP ULTRAZVUKOVÉHO VYSÍLAČE A PŘIJÍMAČE

Hardwarové řešení je navrženo tak, aby bylo možné využít jeden kombinovaný reproduktor/mikrofon pro obousměrný přenos. Řízení vysílače a zpracování signálu z přijímače je poté prováděno v připojeném mikroprocesoru. Princip umožňuje využití i více jednotek a jejich multiplex, což bylo dále popsáno v předchozí práci. Pro účely tohoto článku postačí dvě jednotky, kde jedna vysílá předem danou sekvenci zpráv („master“) a druhá je přijímá již bez další odpovědi („slave“). V jednotce „slave“ zároveň probíhá vyhodnocování přenosového kanálu nejprve bez kódu a poté s kódem. Následuje stručný popis hardwaru vysílací a přijímací části a dále se práce zabývá samotným návrhem kódu.

A. Vysílací část

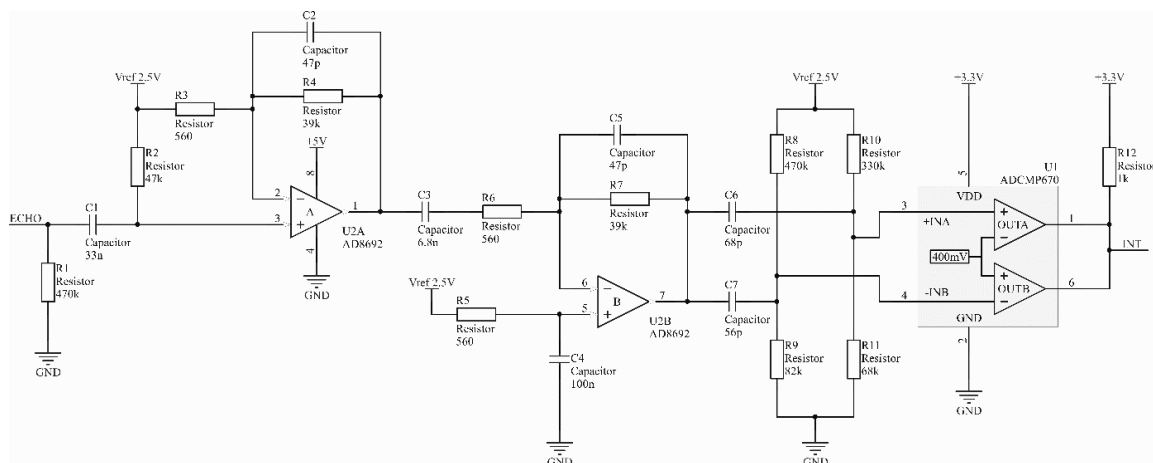
Vysílač (viz obrázek 1) je tvořen transformátorem T1 s přenosem 1:10, který je vyráběn přímo pro buzení použitého reproduktoru REP1. Přivedením obdélníkového signálu o požadované frekvenci (~40 kHz) na signál DRIVER dochází ke spínání primární větve transformátoru přes tranzistor Q1. Při přivedení napájecího napětí 10 V vzniká na primární větvi transformátoru mírně deformovaný sinusový průběh o amplitudě ±10 V a na sekundární větvi transformátoru nalezneme důsledkem převodu sinusový signál o amplitudě až ±100 V. Tento signál je využitý pro buzení reproduktoru. Zapojení je inspirováno z [2].



Obrázek I. Schéma zapojení ultrazvukového vysílače

B. Přijímací část

Přijímač (viz obrázek 2) je zde navržen jako dvoustupňový zesilovač a následný komparátor. Zesilovací část je tvořena dvěma operačními zesilovači (U2A a U2B) zapojenými v invertujícím zapojení. Přivedená reference 2,5 V posouvá střední hodnotu signálu v každém stupni na tuto hodnotu, což umožňuje zpracovávat kladný i záporný rozkmit generovaný mikrofonem při současném nesymetrickém napájení operačních zesilovačů (0 – 5 V). Komparátor má hysterezní charakter. Výstupy obou větví komparátoru jsou typu open-drain. Zapojení přijímače je inspirováno z [3], kde je dále rozvedeno také nastavení děličů.



Obrázek II. Schéma zapojení ultrazvukového přijímače

III. MĚŘENÍ PŘENOSOVÉHO KANÁLU

Na prototypu byla provedena měření v bezodrazové komoře za různých podmínek a byla zjištěna chybovost kanálu a typ chyb. Každé měření obsahuje 256 přenesených zpráv, zhoršování podmínek bylo provedeno natáčením vysílače vůči přijímači od 0° do 45° a vzdálenost obou zařízení byla 1,73 m. Zde jsou uvedeny celkové výsledky pro tři vybraná měření (ideální podmínky, zhoršené podmínky a zcela nevyhovující konfigurace) v tabulce 1.

TABULKA I. VÝSLEDKY MĚŘENÍ PŘENOSOVÉHO KANÁLU

Měření	Počet n-bitových chyb					
	1	2	3	4	Ztracené zprávy	Celkem
Úhel vysílače						
0°	5	2	1	0	4	12 (4,69 %)
30°	40	17	4	3	15	79 (30,86 %)
45°	6	5	2	0	132	145 (56,64 %)

Z tabulky je vidět, že při ideálním rozpoložení je přenos téměř bez chyb. Pouze 4 zprávy byly ztraceny. Dále se vyskytlo malé množství n-bitových chyb. Těchto zpráv je přibližně 4,7 %. Při zhoršování podmínek se začínají více objevovat zprávy s n-bitovými chybami. Celková chybovost je 30,9 %. Další zhoršování podmínek (natočení vysílače až o 45°) vede k rychlému nárůstu ztracených zpráv a tento přenos již nebude kódováním efektivně opraven. Měření ukazuje jako vhodné nasazení Hammingova kódu (7, 4).

IV. PRINCIP HAMMINGOVA KÓDU A JEHO NÁVRH

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3, pro daný kanál mezi ultrazvukovým vysílačem a přijímačem byl nasazen Hammingův kód (7, 4). Hammingovy kódy obecně náleží do skupiny lineárních dvojkových (n, k) kódů, kde n je celková délka slova a k počet informačních bitů bez bitů paritních. Hammingův kód (7, 4) umožňuje zaručenou detekci dvou chybných bitů a opravu jednoho chybného. Vícebitové chyby jsou detekovány, pokud se chybné slovo nenalézá v kódovém prostoru. Na tuto detekci se však nelze spolehnout. V tabulce 2 je generující matice použitého Hammingova kódu.

TABULKA II. GENERUJÍCÍ MATICE POUŽITÉHO HAMMINGOVA KÓDU (7, 4)

7 (MSB)	6	5	4	3	2	1 (LSB)
a_4	a_3	a_2	p_3	a_1	p_2	p_1
1	0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0	1
0	0	0	0	1	1	1

V. MĚŘENÍ KÓDOVANÉHO PŘENOSU

Na prototypu byla znovu provedena měření za stejných podmínek jako v kapitole 3. Následně byly chyby opraveny nebo detekovány za použití Hammingova kódu popsaného v kapitole 4. Zde jsou v tabulce 3 uvedeny celkové výsledky pro vybraná měření, jako v kapitole 3.

TABULKA III. VÝSLEDKY MĚŘENÍ PŘENOSOVÉHO KANÁLU S KÓDEM

Měření	Počet n-bitových chyb (z toho neopravené/nedetekované)							
	1	2	3	4	5	6	7	Ztrac. zprávy
0°	14 (0)	6 (0)	4 (3)	2 (2)	4 (0)	1 (0)	0 (0)	5 (5)
30°	62 (0)	30 (0)	13 (11)	10 (8)	4 (0)	2 (0)	5 (5)	13 (13)
45°	24 (0)	13 (0)	17 (11)	15 (8)	7 (0)	5 (0)	14 (14)	111 (111)

Měření	Celkem chyb	Chyb po opravě	Chyb po detekci	Zbýlých chyb
1	32 (12,50 %)	18 (7,03 %)	10 (3,91 %)	10 (3,91 %)
2	139 (54,30 %)	77 (30,08 %)	37 (14,45 %)	37 (14,45 %)
3	206 (80,47 %)	182 (71,09 %)	144 (56,25 %)	144 (56,25 %)

Z tabulky je vidět, že při prvním a druhém měření (malé a střední chybovosti kanálu) Hammingův kód úspěšně snižuje chybovost kanálu (v porovnání s tabulkou v kapitole 3) o 0,78 % respektive 16,41 %. Při malé chybovosti je oprava zanedbatelná, jelikož většinu chyb tvoří zcela ztracené zprávy. Při střední chybovosti dosahuje Hammingův kód nejlepších výsledků. Bylo zjištěno, že natočení vysílače o 30° začíná být limitní pro použití Hammingova kódu, jak je poté vidět při třetím měření (vysoké chybovosti), kdy je většina zpráv zcela ztracena a kód již nemá žádný vliv. Cenou za zlepšení chybovosti použitím Hammingova kódu je ovšem snížení přenosové rychlosti o 37,5 % (slovo obsahuje více bitů).

VI. ZÁVĚR

V práci byly probrány možnosti optimalizace chybovosti ultrazvukového vysílače a přijímače prostřednictvím Hammingova kódu. Z výsledků měření bez kódu a s ním je vidět, že má smysl používat Hammingův kód (7, 4) pro daný ultrazvukový přenosový kanál, jelikož zlepšuje chybovost kanálu, pokud není zhoršená přenosová rychlost limitující. Zároveň bylo zjištěno, že při překročení určité meze zhoršování podmínek již kód přestává být efektivní a tuto mez je nutné hlídat, jinak přenos nebude spolehlivý.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2017-008 a projektu SGS-2015-002: Moderní metody řešení, návrh a aplikace elektronických a komunikačních systémů.

LITERATURA

- [1] O. Lufinka: Ultrasonic transceiver with the possibilities of the data communication and the two-point distance measurement, 2016 International Conference on Applied Electronics (AE), Pilsen, 2016, pp. 153-156.
- [2] Pro-Wave Electronics Corporation: Sonar ranging modules – SRM400 [online], © 2005, Pro-Wave Electronic Corp., poslední změna říjen 2013 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z <http://www.prowave.com.tw/english/item/download.htm>.
- [3] Analog Devices: Ultrasonic distance measurement [online], © 2014-2015, Analog Devices, Inc., poslední změna srpen 2015 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.analog.com/en/design-center/reference-designs/hardware-reference-design/circuits-from-the-lab/cn0343.html#rd-overview>.