ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

ÚLOHA Č. 1

Měření chybovosti a odolnosti proti jitteru

Vypracoval: Jan HLÍDEK

V rámci předmětu: Přenosové systémy (X32PSY)

Měřeno: 14. 4. 2008

Cvičení: pondělí od 14:30 do 16:00

1. CÍL ÚLOHY

Seznámit se s časovým průběhem signálu v HDB3 kódu.

Změřit závislost chybovosti na odstupu signálu od šumu.

Seznámit se s chybovými parametry podle ITU-T G.821.

Kontrolovat dodržení toleranční masky impulsu na výstupu opakovače.

Změřit odolnost opakovače proti rychlému fázovému chvění (jitter).

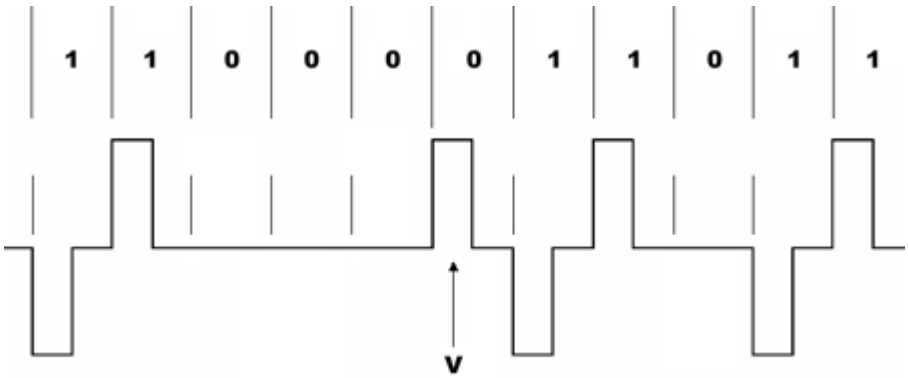
2. NAMĚŘENÉ HODNOTY

A) Vlastnosti kódu HDB3

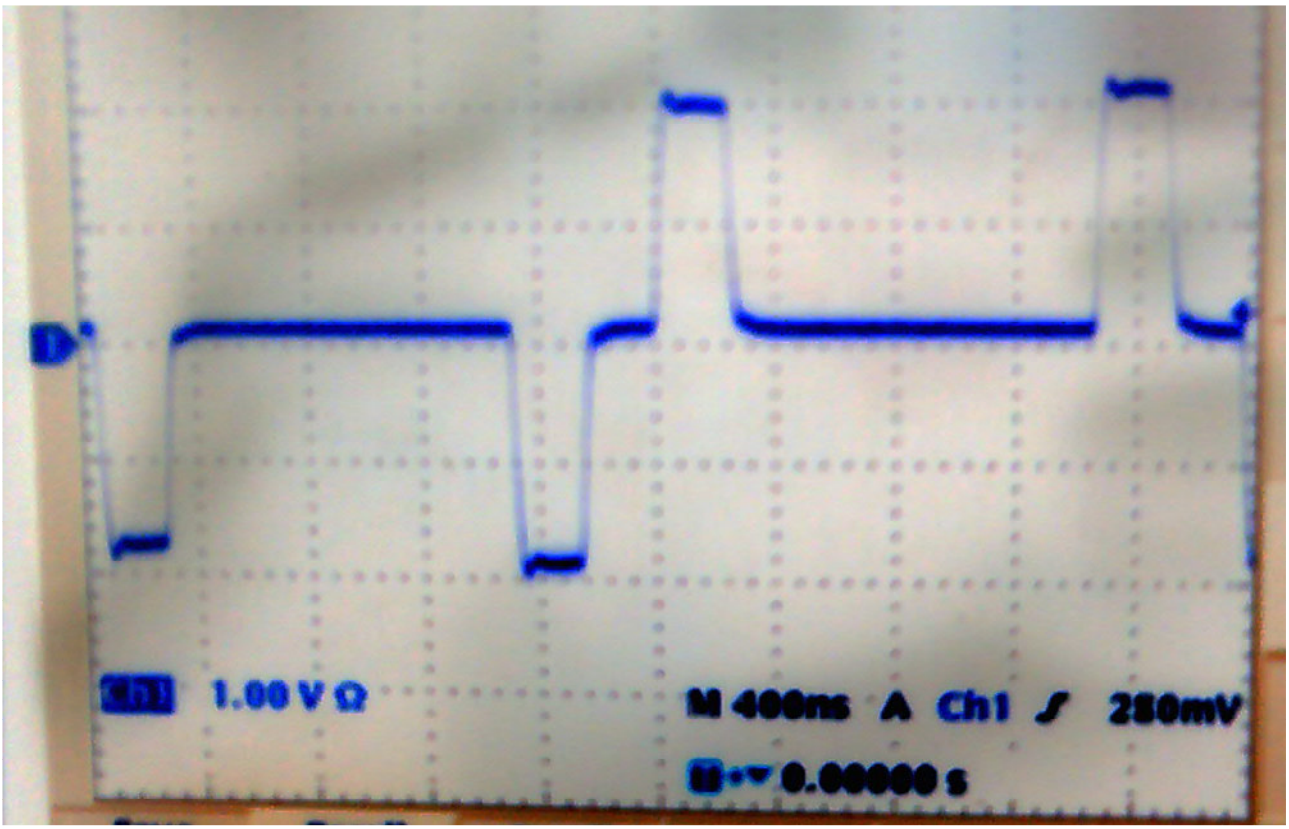
Pro ověření správné funkce kódování do HDB3 jsme použili posloupnosti 101010... a 000000... . Výstupy jsou uvedeny na následujících ilustrativních obrázcích. Vlivem nevhodného vyfocení jsou opravdu jen pro názornost.

Důležité hodnoty jsou tyto:

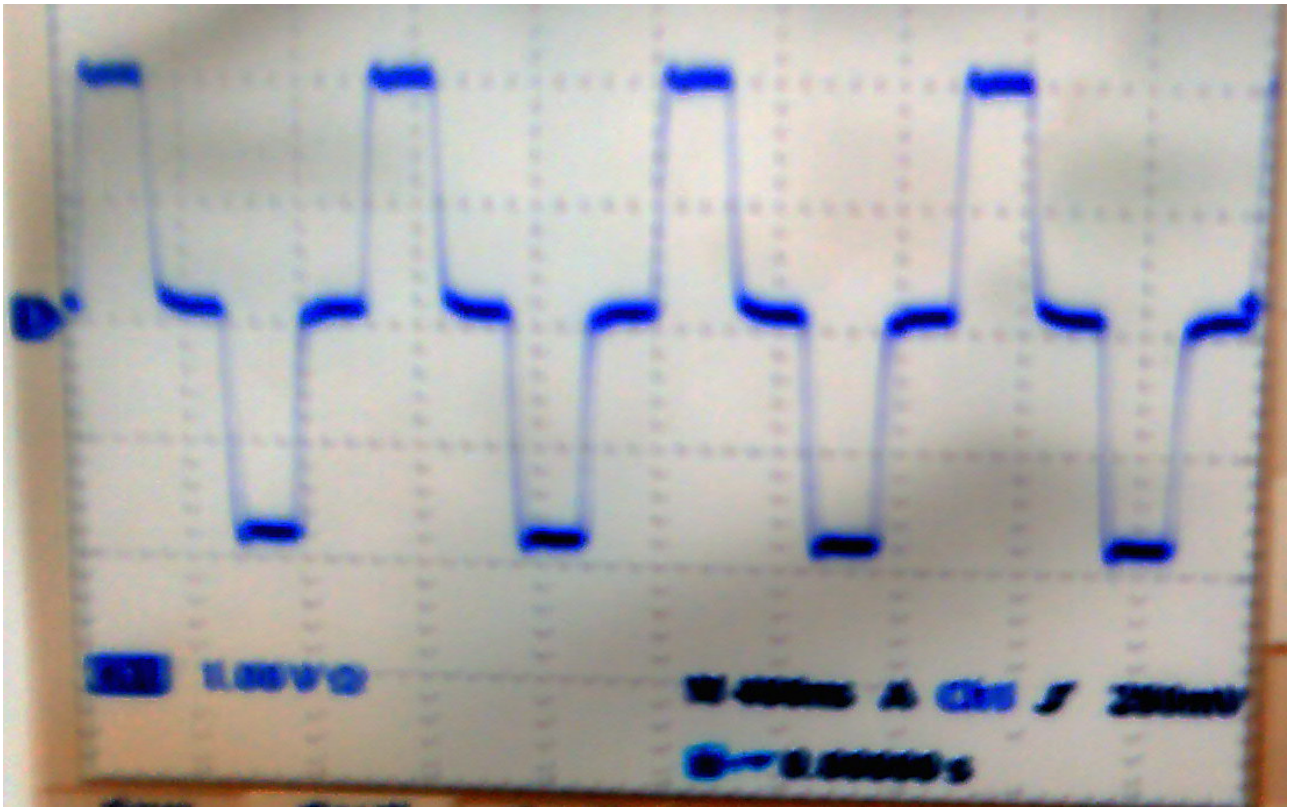
posloupnost nul	amplituda 2V
posloupnost jedniček	amplituda 2V
posloupnost 101010	amplituda 2V
šířka impulsu:	248 ns
šířka celého intervalu:	480 ns



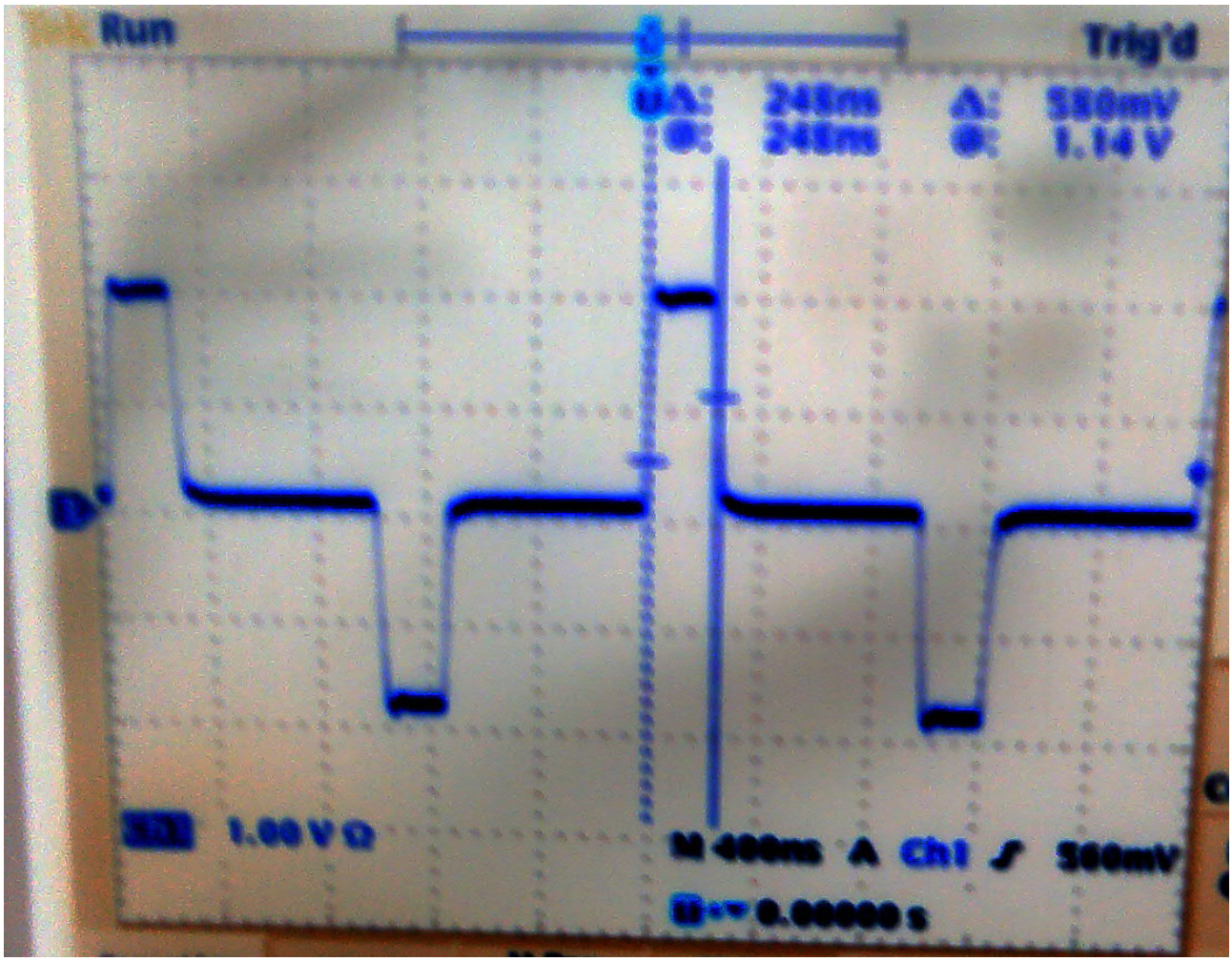
Obr. 1 Teoretický průběh HDB3 kódu



Obr. 2 Posloupnost nul přenášená linkovým kódem HDB3



Obr. 3 Posloupnost 1111... přenášená linkovým kódem HDB3



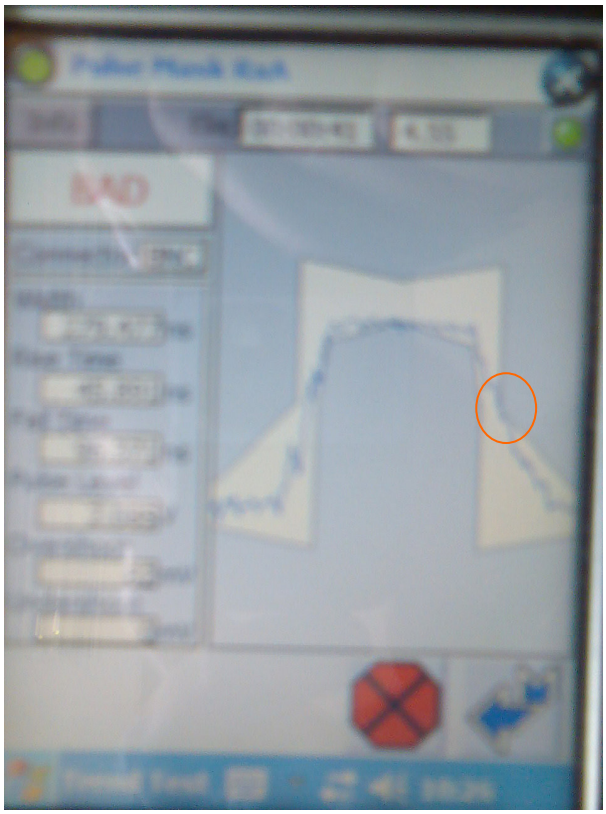
Obr. 4 Posloupnost 101010... přenášená linkovým kódem HDB3

B) Ověření tvaru impulzu

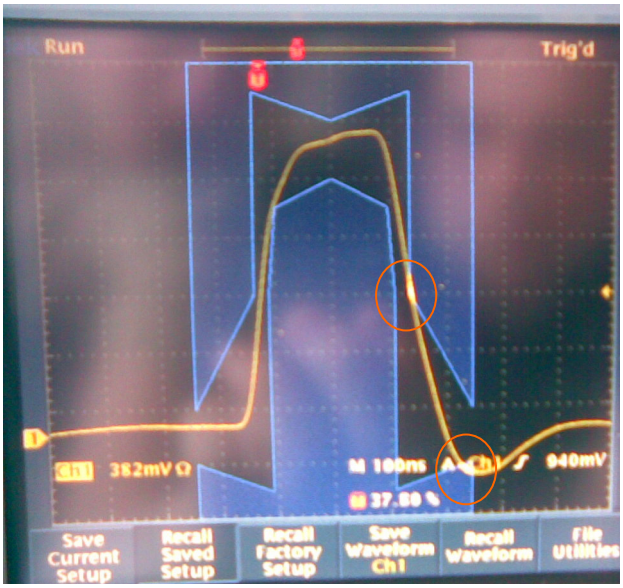
Hodnoty zjištěné na analyzátoru (šířka pulzu, doba náběhu a poklesu napětí atd.)

Width	279,42	ns
Rise Time	45,89	ns
Fall Time	96,371	ns
Pulse Level	2,085	V
Overshoot	82	mV
Undershoot	0	V

Z obrázků níže je vidět, že průběh impulsu lehce překračuje toleranční masku.



Obr. 5 Načrtnutý změřený průběh v toleranční masce z analyzátoru



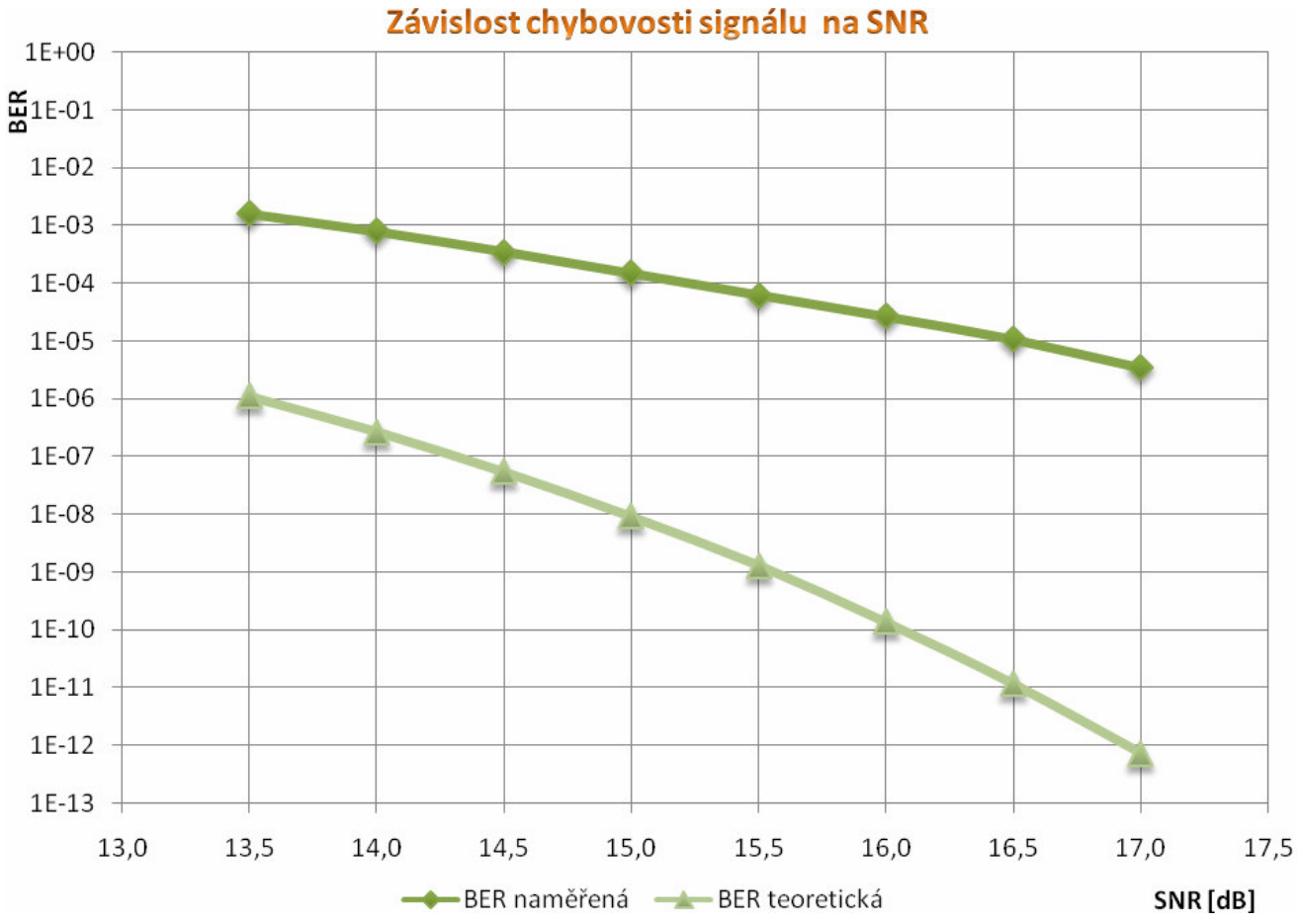
Obr. 6 Načrtnutý změřený průběh v toleranční masce osciloskopem

C) Měření četnosti chyb

Porovnáme teoreticky spočtenou a reálně naměřenou chybovost. Teoretická chybovost je platná pro Gaussovský charakter šumu.

Tabulka udává naměřené a vypočtené hodnoty, z nich pak také vychází graf.

SNR [dB]	SNR [-]	počet chyb	BER změřeno	BER vypočteno
17,0	50,12	426	3,47E-06	7,23588E-13
16,5	44,67	1300	1,06E-05	1,16699E-11
16,0	39,81	3323	2,70E-05	1,39903E-10
15,5	35,48	7629	6,21E-05	1,28753E-09
15,0	31,62	18304	1,49E-04	9,36104E-09
14,5	28,18	42368	3,45E-04	5,51612E-08
14,0	25,12	97504	7,94E-04	2,69515E-07
13,5	22,39	198638	1,62E-03	1,11426E-06
13,0	19,95	velká chybovost - rozpad		

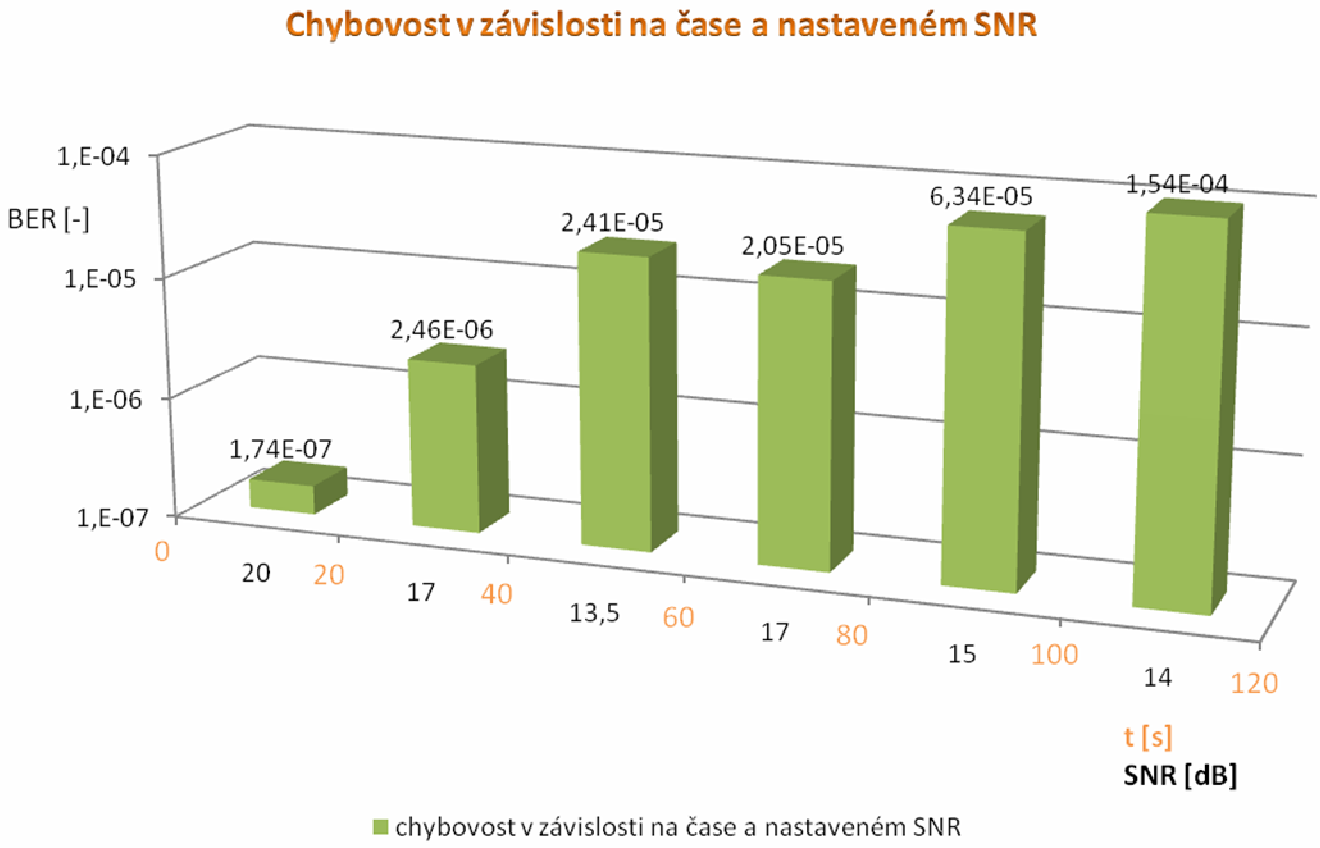


Obr. 7 Závislost chybovosti signálu 2048 kbit/s na SNR

D) Měření chybovosti dle G.821

Šum se měnil následujícím způsobem v čase:

		1. pokus	2. přesnější - lepší použít:
čas	SNR [dB]	BER	BER
0	20	4,65E-06	1,74E-07
20	17	5,25E-05	2,46E-06
40	13,5		2,41E-05
60	17	5,06E-05	2,05E-05
80	15	4,15E-04	6,34E-05
100	14	3,53E-04	1,54E-04
120			



Obr. 8 Chybovost v průběhu času při změnách SNR – měření dle G.821

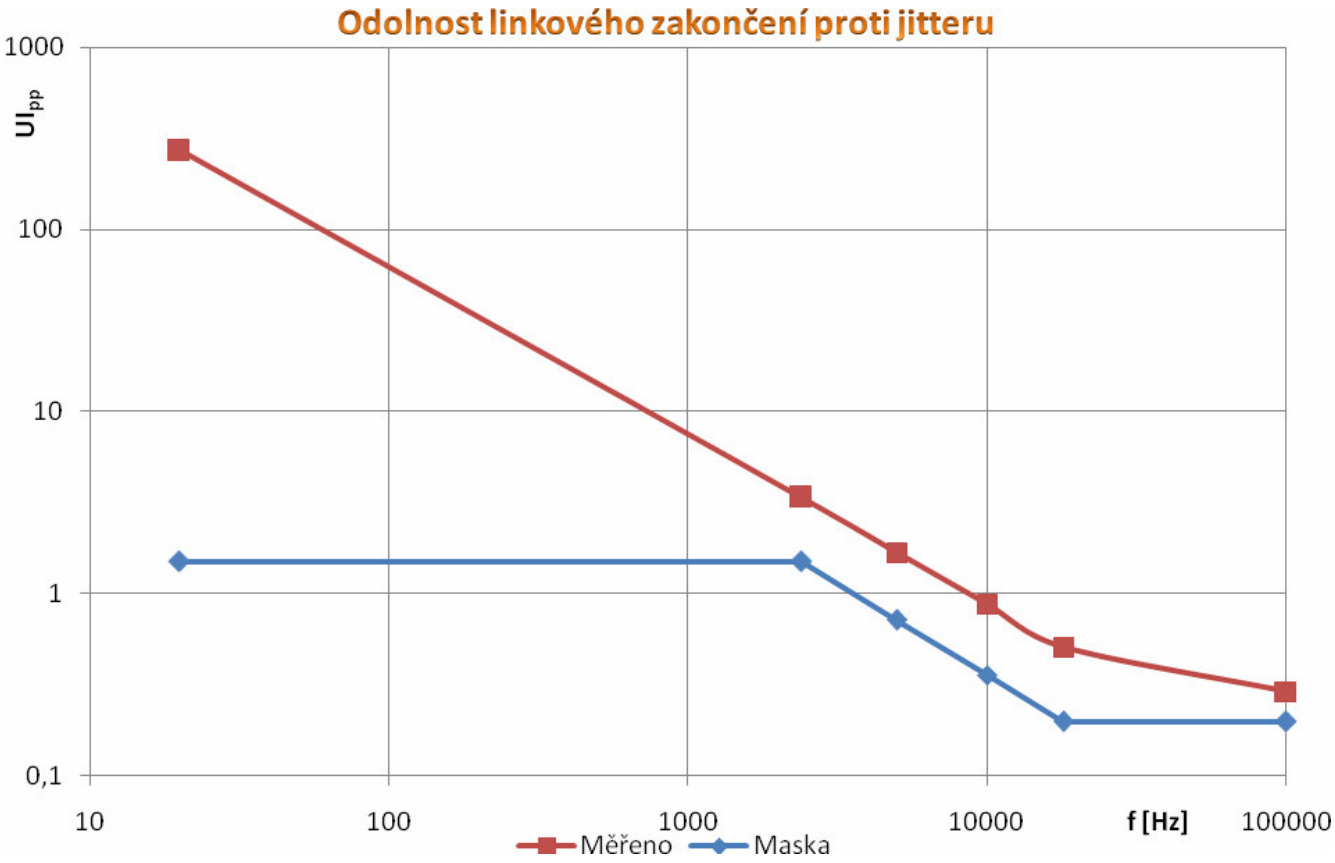
Během těchto dvou minut jsme změřili následující parametry:

ES	86	bad
SES	10	bad
DM	2	bad
UAS	16	bad
BE	32876	ok

E) Měření odolnosti linkového zakončení proti jitteru

Hodnoty UI_{pp} je vyjádření v násobcích jenotkového intervalu (UI). Jitter je zaznamenán jako špička/špička (pp).

f [Hz]	Uipp	Mask	Test
20	270,63	1,5	ok
2400	3,39	1,5	ok
5000	1,69	0,72	ok
10000	0,88	0,36	ok
18000	0,51	0,2	ok
100000	0,29	0,2	ok



Obr. 9 Porovnání odolnosti linkového zakončení proti jitteru s maskou dle normy G.823

3. ZÁVĚR

Zobrazení průběhů při použití kódu HDB3 na osciloskopu odpovídalo teoretickým předpokladům o tom, jak má tento kód vypadat. U posloupnosti samých nul je pěkně vidět, že dochází k narušení této posloupnosti po třech nulách impulzem stejné polarity, jako byl ten předchozí. Aby nebyla do signálu zavlečena stejnosměrná složka, je třeba hned ještě opačný impuls. U posloupnosti 101010... jsou nulové intervaly mezi „obdélníky“ z toho důvodu, že se jedná o kód s návratem k nule.

Impuls toleranční masce v podstatě odpovídal, vyhodnocen je ale jako špatný (bad). Opakovač tedy nevysílá dobrý impuls. Oranžově na Obr. 5 a 6 je znázorněno, kde by mohl být menší problém s dodržením toleranční masky

Jak jsme očekávali, tak chybovost klesá se zvyšujícím se odstupem signálu k šumu. Porovnáme-li vypočtenou teoretickou chybovost a naměřenou, tak zjišťujeme poměrně velký rozdíl. Způsoben může být např. některými přídavnými útlumy a šumy zařízení.

Ve „zrychleném“ měření chybovosti dle G.821 jsme modelovali měnící se odstup signálu od šumu. Analyzátor pak mohl vyhodnotit různé chybové parametry, které jsou výše uvedeny v tabulce. Jako zvláště „nepoužitelné“ bylo vyhodnoceno pouze 16 sekund, přičemž ale nízkou hodnotu SNR (13,5 dB) máme nastavenu 20s. Nevyskytuje se tak zde příliš mnoho „nepoužitelných dob“, protože se moc nedostáváme přes chybovost větší než 10^{-3}. V tabulce je také uveden parametr DM. Jak je ale uvedeno v doporučení G.821 z prosince 2002 v části „Background“, tak se tento parametr označovaný jako „Degraded Minute“ ukázal jako v praxi obtížně stanovitelný a byl z doporučení vypuštěn. Pokud sečteme všechny sekundy, ve kterých se vyskytla alespoň jedna chyba, získáme číslo větší než 100 (bez uvažování DM je to 112), což znamená, že ani pro SNR odpovídající 20 dB nebyl spoj naprosto bezchybný. Lze ale očekávat, že při tomto poměrně dobrém SNR se objevovaly jen chybové sekundy. Zvláště chybové sekundy lze přisoudit spíše SNR o 6,5 dB menšímu.

Linkové zakončení je odolné proti jitteru, protože splňuje toleranční masku dle G.823. Pozná se to tak, že naměřené hodnoty UI_{pp} (jednotky časových odchylek) jsou nad hodnotami toleranční masky a je to názorně vidět i z připojeného grafu.