

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická**

LABORATORNÍ ÚLOHA Č. 2

**Digitální přenosové systémy a  
účastnické přípojky ADSL**

**Vypracovali:** Jan HLÍDEK & Lukáš TULACH

**V rámci předmětu:** Telekomunikační systémy a sítě (X32TSS)

**Měřeno:** 26.3.2007 12:45 až 14:15

# 1. ÚVOD

V tomto měření je cílem proměřit vlastnosti ADSL přípojky a to pro různé varianty – ADSL, ADSL 2 a ADSL 2+.

Měření probíhá pomocí diagnostického softwaru na internetu pro daný ADSL přístupový multiplexor ZyXEL IES-1000. Další podrobnější informace jsou k dispozici v návodu k této úloze.

## 2. TEORETICKÝ ROZBOR

Přenos signálu u ADSL probíhá v tomto případě (měření) na principu frekvenčního dělení. Je tedy k dispozici 255 či 511 nosných frekvencí, na kterých je vždy přenášeno maximálně 15 bitů. Nosné v nižším frekvenčním pásmu jsou vyhrazené pro upstream a výše položené pro downstream.

ADSL se také vyznačuje značnou „nesymetričností“ přenosu (od uživatele / k uživateli). V této úloze proměříme pouze směr k uživateli (downstream).

## 3. NAMĚŘENÉ HODNOTY

Zpracování hodnot je v tabulkách umístěných jako příloha (níže v tomto dokumentu)

**Příklad výpočtu přenosových rychlostí a  $SNR_i$ :**

$$b_i = \log_2 \left( 1 + \frac{SNR_i}{38} \right) \quad \Rightarrow \quad SNR_i = 38 \cdot (2^{b_i} - 1)$$

$$SNR_i = 38 \cdot (2^{13} - 1)$$

$$SNR_i [\text{dB}] = 10 \cdot \log_{10}(SNR_i) = 54,93 \text{ dB}$$

$b_i$ ...	počet přenesených bitů na dané nosné frekvenci
$SNR_i$ ...	odstup signál – šum
$v_p$ ...	přenosová rychlost pro data zjištěná z diagnostiky ADSL modemu
$v_p''$ ...	přenosová rychlost vypočtená z alokace nosných (data + záhlaví a FEC)
$v_p'$ ...	přenosová rychlost vypočtená z alokace nosných (data + záhlaví a FEC + TC)
$v_m$ ...	modulační rychlost
$n$ ...	255 pro ADSL a ADSL 2 ; 511 pro ADSL 2+
$k$ ...	počet nenulových $b_i$ v daném intervalu sčítání...

$$v_m = 4 \text{ kBd}$$

$$v_p' = v_m \cdot \sum_{i=64}^n b_i$$

$$v_p'' = v_m \cdot \left( \sum_{i=64}^n b_i - \frac{k}{2} \right)$$

Příslušná vyčíslení výše uváděných součtů jsou k dispozici v původním souboru Excelu, který je na vyžádání plně k dispozici. V závěru je pak uvedeno porovnání výsledků (rychlostí) pro jednotlivé přípojky.

## 4. GRAFY

Grafické znázornění je umístěno níže (jako příloha). Jedná se o dva grafy, přičemž každý obsahuje tři průběhy závislostí pro tři typy přípojky ADSL.

## 5. ZÁVĚR

Měřením různých variant ADSL jsme měli možnost jasně ověřit vlastnosti jednotlivých přípojek. V následující tabulce je možné vidět porovnání různých variant z hlediska dosahovaných přenosových rychlostí. Významy jednotlivých  $v_p$  jsou uvedeny v bodu 3.

	ADSL	ADSL 2	ADSL 2+
$v_p'$ [kbit/s]	8560	10944	22512
$v_p''$ [kbit/s]	8180	10564	21618
$v_p$ [kbit/s]	8128	10421	20992

Jako nejrychlejší se tedy ukazuje varianta ADSL 2+. Je ale nutno si uvědomit, že také pracuje s dvojnásobnou šířkou pásma (do 2,2 MHz). Na některých starších vedeních by proto použití ADSL 2+ již nebylo možné kvůli vysokému útlumu na vyšších frekvencích. Jak je totiž vidět i například z grafu – na vyšších frekvencích dochází ke snižování odstupů signálu od šumu, čímž klesá i možnost počtu přenášených bitů na dané nosné frekvenci.

Z výše uvedené tabulky také plyne ověření správnosti našeho měření a zpracování dle teoretických předpokladů, že:  $v_p' > v_p'' > v_p$ .

Z grafů je také jasně vidět, že „obyčejné“ ADSL při našem měření ani na „příhodných“ frekvencích nevyužije plně možnost přenášení 15 bitů na jedné nosné. Tento jev se již neobjevuje u ADSL 2, které lze v tomto smyslu označit za skutečně vylepšené.

## 6. PŘÍLOHY

# TABULKY

## FDD ADSL over ISDN

downstream:

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
64	4	4	276,0	27,56
65	5	5	280,3	30,71
66	6	6	284,6	33,79
67	7	7	288,9	36,84
68	8	8	293,3	39,86
69	9	9	297,6	42,88
70	a	10	301,9	45,90
71	b	11	306,2	48,91
72	c	12	310,5	51,92
73	c	12	314,8	51,92
74	c	12	319,1	51,92
75	c	12	323,4	51,92
76	d	13	327,8	54,93
77	d	13	332,1	54,93
78	d	13	336,4	54,93
79	d	13	340,7	54,93
80	d	13	345,0	54,93
81	d	13	349,3	54,93
82	e	14	353,6	57,94
83	d	13	357,9	54,93
84	d	13	362,3	54,93
85	d	13	366,6	54,93
86	e	14	370,9	57,94
87	d	13	375,2	54,93
88	d	13	379,5	54,93
89	e	14	383,8	57,94
90	d	13	388,1	54,93
91	d	13	392,4	54,93
92	d	13	396,8	54,93
93	d	13	401,1	54,93
94	d	13	405,4	54,93
95	d	13	409,7	54,93

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
96	0	0	414,0	-
97	d	13	418,3	54,93
98	d	13	422,6	54,93
99	d	13	426,9	54,93
100	d	13	431,3	54,93
101	d	13	435,6	54,93
102	d	13	439,9	54,93
103	d	13	444,2	54,93
104	d	13	448,5	54,93
105	d	13	452,8	54,93
106	c	12	457,1	51,92
107	d	13	461,4	54,93
108	d	13	465,8	54,93
109	d	13	470,1	54,93
110	d	13	474,4	54,93
111	c	12	478,7	51,92
112	c	12	483,0	51,92
113	d	13	487,3	54,93
114	d	13	491,6	54,93
115	c	12	495,9	51,92
116	d	13	500,3	54,93
117	d	13	504,6	54,93
118	d	13	508,9	54,93
119	d	13	513,2	54,93
120	d	13	517,5	54,93
121	d	13	521,8	54,93
122	d	13	526,1	54,93
123	d	13	530,4	54,93
124	d	13	534,8	54,93
125	d	13	539,1	54,93
126	d	13	543,4	54,93
127	d	13	547,7	54,93

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
128	d	13	552,0	54,93
129	d	13	556,3	54,93
130	d	13	560,6	54,93
131	d	13	564,9	54,93
132	d	13	569,3	54,93
133	d	13	573,6	54,93
134	d	13	577,9	54,93
135	d	13	582,2	54,93
136	d	13	586,5	54,93
137	c	12	590,8	51,92
138	c	12	595,1	51,92
139	d	13	599,4	54,93
140	c	12	603,8	51,92
141	c	12	608,1	51,92
142	c	12	612,4	51,92
143	c	12	616,7	51,92
144	c	12	621,0	51,92
145	c	12	625,3	51,92
146	c	12	629,6	51,92
147	c	12	633,9	51,92
148	c	12	638,3	51,92
149	c	12	642,6	51,92
150	c	12	646,9	51,92
151	c	12	651,2	51,92
152	c	12	655,5	51,92
153	c	12	659,8	51,92
154	c	12	664,1	51,92
155	b	11	668,4	48,91
156	b	11	672,8	48,91
157	b	11	677,1	48,91
158	b	11	681,4	48,91
159	b	11	685,7	48,91

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
160	b	11	690,0	48,91
161	b	11	694,3	48,91
162	b	11	698,6	48,91
163	b	11	702,9	48,91
164	b	11	707,3	48,91
165	b	11	711,6	48,91
166	b	11	715,9	48,91
167	b	11	720,2	48,91
168	b	11	724,5	48,91
169	b	11	728,8	48,91
170	b	11	733,1	48,91
171	b	11	737,4	48,91
172	b	11	741,8	48,91
173	b	11	746,1	48,91
174	b	11	750,4	48,91
175	b	11	754,7	48,91
176	b	11	759,0	48,91
177	b	11	763,3	48,91
178	b	11	767,6	48,91
179	b	11	771,9	48,91
180	b	11	776,3	48,91
181	b	11	780,6	48,91
182	b	11	784,9	48,91
183	b	11	789,2	48,91
184	b	11	793,5	48,91
185	b	11	797,8	48,91
186	b	11	802,1	48,91
187	c	12	806,4	51,92
188	c	12	810,8	51,92
189	c	12	815,1	51,92
190	c	12	819,4	51,92
191	c	12	823,7	51,92

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
192	c	12	828,0	51,92
193	c	12	832,3	51,92
194	c	12	836,6	51,92
195	c	12	840,9	51,92
196	b	11	845,3	48,91
197	c	12	849,6	51,92
198	c	12	853,9	51,92
199	c	12	858,2	51,92
200	c	12	862,5	51,92
201	b	11	866,8	48,91
202	b	11	871,1	48,91
203	b	11	875,4	48,91
204	b	11	879,8	48,91
205	b	11	884,1	48,91
206	b	11	888,4	48,91
207	b	11	892,7	48,91
208	b	11	897,0	48,91
209	a	10	901,3	45,90
210	a	10	905,6	45,90
211	a	10	909,9	45,90
212	a	10	914,3	45,90
213	a	10	918,6	45,90
214	a	10	922,9	45,90
215	a	10	927,2	45,90
216	a	10	931,5	45,90
217	9	9	935,8	42,88
218	9	9	940,1	42,88
219	a	10	944,4	45,90
220	9	9	948,8	42,88
221	9	9	953,1	42,88
222	9	9	957,4	42,88
223	9	9	961,7	42,88

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
224	9	9	966,0	42,88
225	9	9	970,3	42,88
226	9	9	974,6	42,88
227	9	9	978,9	42,88
228	9	9	983,3	42,88
229	9	9	987,6	42,88
230	9	9	991,9	42,88
231	9	9	996,2	42,88
232	9	9	1000,5	42,88
233	9	9	1004,8	42,88
234	9	9	1009,1	42,88
235	9	9	1013,4	42,88
236	9	9	1017,8	42,88
237	9	9	1022,1	42,88
238	9	9	1026,4	42,88
239	9	9	1030,7	42,88
240	9	9	1035,0	42,88
241	9	9	1039,3	42,88
242	9	9	1043,6	42,88
243	9	9	1047,9	42,88
244	9	9	1052,3	42,88
245	9	9	1056,6	42,88
246	9	9	1060,9	42,88
247	9	9	1065,2	42,88
248	9	9	1069,5	42,88
249	9	9	1073,8	42,88
250	9	9	1078,1	42,88
251	9	9	1082,4	42,88
252	9	9	1086,8	42,88
253	8	8	1091,1	39,86
254	8	8	1095,4	39,86
255	8	8	1099,7	39,86

Vypočteno z alokace nosných (data + záhlaví a FEC + TC):

$$v_p' = 8560 \text{ kBit/s}$$

Vypočteno z alokace nosných (data + záhlaví a FEC):

$$v_p'' = 8180 \text{ kBit/s}$$

Z diagnostiky modemu:

$$v_p = 8128 \text{ kBit/s}$$

**FDD ADSL2 over ISDN**

downstream:

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
64	7	7	276	36,84
65	7	7	280,3	36,84
66	9	9	284,6	42,88
67	9	9	288,9	42,88
68	a	10	293,3	45,90
69	b	11	297,6	48,91
70	c	12	301,9	51,92
71	d	13	306,2	54,93
72	e	14	310,5	57,94
73	e	14	314,8	57,94
74	f	15	319,1	60,95
75	f	15	323,4	60,95
76	f	15	327,8	60,95
77	f	15	332,1	60,95
78	f	15	336,4	60,95
79	f	15	340,7	60,95
80	f	15	345	60,95
81	f	15	349,3	60,95
82	f	15	353,6	60,95
83	f	15	357,9	60,95
84	f	15	362,3	60,95
85	f	15	366,6	60,95
86	f	15	370,9	60,95
87	f	15	375,2	60,95
88	f	15	379,5	60,95
89	f	15	383,8	60,95
90	f	15	388,1	60,95
91	f	15	392,4	60,95
92	f	15	396,8	60,95
93	f	15	401,1	60,95
94	f	15	405,4	60,95
95	f	15	409,7	60,95

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
96	f	15	414	60,95
97	f	15	418,3	60,95
98	f	15	422,6	60,95
99	f	15	426,9	60,95
100	f	15	431,3	60,95
101	f	15	435,6	60,95
102	f	15	439,9	60,95
103	f	15	444,2	60,95
104	f	15	448,5	60,95
105	f	15	452,8	60,95
106	f	15	457,1	60,95
107	0	0	461,4	-
108	f	15	465,8	60,95
109	f	15	470,1	60,95
110	f	15	474,4	60,95
111	f	15	478,7	60,95
112	f	15	483	60,95
113	f	15	487,3	60,95
114	f	15	491,6	60,95
115	f	15	495,9	60,95
116	f	15	500,3	60,95
117	f	15	504,6	60,95
118	f	15	508,9	60,95
119	f	15	513,2	60,95
120	f	15	517,5	60,95
121	f	15	521,8	60,95
122	f	15	526,1	60,95
123	f	15	530,4	60,95
124	f	15	534,8	60,95
125	f	15	539,1	60,95
126	f	15	543,4	60,95
127	f	15	547,7	60,95

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
128	f	15	552	60,95
129	f	15	556,3	60,95
130	f	15	560,6	60,95
131	e	14	564,9	57,94
132	f	15	569,3	60,95
133	f	15	573,6	60,95
134	f	15	577,9	60,95
135	f	15	582,2	60,95
136	f	15	586,5	60,95
137	f	15	590,8	60,95
138	f	15	595,1	60,95
139	f	15	599,4	60,95
140	f	15	603,8	60,95
141	f	15	608,1	60,95
142	f	15	612,4	60,95
143	f	15	616,7	60,95
144	f	15	621	60,95
145	f	15	625,3	60,95
146	f	15	629,6	60,95
147	f	15	633,9	60,95
148	f	15	638,3	60,95
149	f	15	642,6	60,95
150	f	15	646,9	60,95
151	f	15	651,2	60,95
152	f	15	655,5	60,95
153	f	15	659,8	60,95
154	f	15	664,1	60,95
155	f	15	668,4	60,95
156	f	15	672,8	60,95
157	f	15	677,1	60,95
158	f	15	681,4	60,95
159	f	15	685,7	60,95

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
160	f	15	690	60,95
161	f	15	694,3	60,95
162	f	15	698,6	60,95
163	f	15	702,9	60,95
164	f	15	707,3	60,95
165	f	15	711,6	60,95
166	f	15	715,9	60,95
167	f	15	720,2	60,95
168	f	15	724,5	60,95
169	f	15	728,8	60,95
170	f	15	733,1	60,95
171	f	15	737,4	60,95
172	f	15	741,8	60,95
173	f	15	746,1	60,95
174	f	15	750,4	60,95
175	f	15	754,7	60,95
176	f	15	759	60,95
177	e	14	763,3	57,94
178	f	15	767,6	60,95
179	f	15	771,9	60,95
180	f	15	776,3	60,95
181	f	15	780,6	60,95
182	f	15	784,9	60,95
183	f	15	789,2	60,95
184	f	15	793,5	60,95
185	f	15	797,8	60,95
186	f	15	802,1	60,95
187	f	15	806,4	60,95
188	f	15	810,8	60,95
189	e	14	815,1	57,94
190	f	15	819,4	60,95
191	f	15	823,7	60,95

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
192	f	15	828	60,95
193	f	15	832,3	60,95
194	f	15	836,6	60,95
195	f	15	840,9	60,95
196	f	15	845,3	60,95
197	f	15	849,6	60,95
198	f	15	853,9	60,95
199	f	15	858,2	60,95
200	f	15	862,5	60,95
201	f	15	866,8	60,95
202	f	15	871,1	60,95
203	f	15	875,4	60,95
204	f	15	879,8	60,95
205	f	15	884,1	60,95
206	f	15	888,4	60,95
207	f	15	892,7	60,95
208	f	15	897	60,95
209	f	15	901,3	60,95
210	f	15	905,6	60,95
211	e	14	909,9	57,94
212	e	14	914,3	57,94
213	e	14	918,6	57,94
214	e	14	922,9	57,94
215	e	14	927,2	57,94
216	e	14	931,5	57,94
217	e	14	935,8	57,94
218	e	14	940,1	57,94
219	e	14	944,4	57,94
220	e	14	948,8	57,94
221	e	14	953,1	57,94
222	d	13	957,4	54,93
223	d	13	961,7	54,93

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
224	d	13	966	54,93
225	d	13	970,31	54,93
226	d	13	974,63	54,93
227	d	13	978,94	54,93
228	d	13	983,25	54,93
229	d	13	987,56	54,93
230	d	13	991,88	54,93
231	d	13	996,19	54,93
232	d	13	1000,5	54,93
233	d	13	1004,8	54,93
234	d	13	1009,1	54,93
235	d	13	1013,4	54,93
236	d	13	1017,8	54,93
237	d	13	1022,1	54,93
238	d	13	1026,4	54,93
239	d	13	1030,7	54,93
240	d	13	1035	54,93
241	d	13	1039,3	54,93
242	d	13	1043,6	54,93
243	d	13	1047,9	54,93
244	d	13	1052,3	54,93
245	d	13	1056,6	54,93
246	d	13	1060,9	54,93
247	d	13	1065,2	54,93
248	d	13	1069,5	54,93
249	d	13	1073,8	54,93
250	d	13	1078,1	54,93
251	d	13	1082,4	54,93
252	d	13	1086,8	54,93
253	c	12	1091,1	51,92
254	c	12	1095,4	51,92
255	c	12	1099,7	51,92

Vypočteno z alokace nosných (data + záhlaví a FEC + TC):

$$v_p' = 10944 \text{ kBit/s}$$

Vypočteno z alokace nosných (data + záhlaví a FEC):

$$v_p'' = 10564 \text{ kBit/s}$$

Z diagnostiky modemu:

$$v_p = 10421 \text{ kBit/s}$$

**FDD ADSL 2+ over ISDN**

downstream:

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
64	7	7	276,0	36,84
65	7	7	280,3	36,84
66	7	7	284,6	36,84
67	9	9	288,9	42,88
68	a	10	293,3	45,90
69	a	10	297,6	45,90
70	b	11	301,9	48,91
71	b	11	306,2	48,91
72	b	11	310,5	48,91
73	d	13	314,8	54,93
74	c	12	319,1	51,92
75	c	12	323,4	51,92
76	d	13	327,8	54,93
77	d	13	332,1	54,93
78	d	13	336,4	54,93
79	e	14	340,7	57,94
80	e	14	345,0	57,94
81	e	14	349,3	57,94
82	e	14	353,6	57,94
83	f	15	357,9	60,95
84	f	15	362,3	60,95
85	f	15	366,6	60,95
86	f	15	370,9	60,95
87	f	15	375,2	60,95
88	f	15	379,5	60,95
89	f	15	383,8	60,95
90	f	15	388,1	60,95
91	f	15	392,4	60,95
92	f	15	396,8	60,95
93	f	15	401,1	60,95
94	f	15	405,4	60,95
95	f	15	409,7	60,95

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
96	f	15	414,0	60,95
97	f	15	418,3	60,95
98	f	15	422,6	60,95
99	f	15	426,9	60,95
100	f	15	431,3	60,95
101	f	15	435,6	60,95
102	f	15	439,9	60,95
103	f	15	444,2	60,95
104	f	15	448,5	60,95
105	f	15	452,8	60,95
106	f	15	457,1	60,95
107	f	15	461,4	60,95
108	f	15	465,8	60,95
109	f	15	470,1	60,95
110	f	15	474,4	60,95
111	f	15	478,7	60,95
112	f	15	483,0	60,95
113	f	15	487,3	60,95
114	f	15	491,6	60,95
115	f	15	495,9	60,95
116	f	15	500,3	60,95
117	f	15	504,6	60,95
118	f	15	508,9	60,95
119	0	0	513,2	-
120	f	15	517,5	60,95
121	f	15	521,8	60,95
122	f	15	526,1	60,95
123	f	15	530,4	60,95
124	f	15	534,8	60,95
125	f	15	539,1	60,95
126	f	15	543,4	60,95
127	f	15	547,7	60,95

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
128	f	15	552,0	60,95
129	f	15	556,3	60,95
130	f	15	560,6	60,95
131	f	15	564,9	60,95
132	f	15	569,3	60,95
133	f	15	573,6	60,95
134	f	15	577,9	60,95
135	f	15	582,2	60,95
136	f	15	586,5	60,95
137	f	15	590,8	60,95
138	f	15	595,1	60,95
139	f	15	599,4	60,95
140	f	15	603,8	60,95
141	f	15	608,1	60,95
142	f	15	612,4	60,95
143	f	15	616,7	60,95
144	f	15	621,0	60,95
145	f	15	625,3	60,95
146	f	15	629,6	60,95
147	f	15	633,9	60,95
148	f	15	638,3	60,95
149	f	15	642,6	60,95
150	f	15	646,9	60,95
151	f	15	651,2	60,95
152	f	15	655,5	60,95
153	f	15	659,8	60,95
154	f	15	664,1	60,95
155	f	15	668,4	60,95
156	f	15	672,8	60,95
157	f	15	677,1	60,95
158	f	15	681,4	60,95
159	f	15	685,7	60,95



tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
160	f	15	690,0	60,95
161	f	15	694,3	60,95
162	f	15	698,6	60,95
163	f	15	702,9	60,95
164	f	15	707,3	60,95
165	e	14	711,6	57,94
166	f	15	715,9	60,95
167	f	15	720,2	60,95
168	e	14	724,5	57,94
169	e	14	728,8	57,94
170	e	14	733,1	57,94
171	e	14	737,4	57,94
172	f	15	741,8	60,95
173	e	14	746,1	57,94
174	e	14	750,4	57,94
175	e	14	754,7	57,94
176	e	14	759,0	57,94
177	f	15	763,3	60,95
178	e	14	767,6	57,94
179	e	14	771,9	57,94
180	e	14	776,3	57,94
181	e	14	780,6	57,94
182	e	14	784,9	57,94
183	f	15	789,2	60,95
184	f	15	793,5	60,95
185	f	15	797,8	60,95
186	f	15	802,1	60,95
187	f	15	806,4	60,95
188	f	15	810,8	60,95
189	f	15	815,1	60,95
190	f	15	819,4	60,95
191	f	15	823,7	60,95

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
192	f	15	828,0	60,95
193	f	15	832,3	60,95
194	f	15	836,6	60,95
195	f	15	840,9	60,95
196	f	15	845,3	60,95
197	f	15	849,6	60,95
198	f	15	853,9	60,95
199	e	14	858,2	57,94
200	e	14	862,5	57,94
201	f	15	866,8	60,95
202	e	14	871,1	57,94
203	e	14	875,4	57,94
204	e	14	879,8	57,94
205	e	14	884,1	57,94
206	e	14	888,4	57,94
207	e	14	892,7	57,94
208	e	14	897,0	57,94
209	e	14	901,3	57,94
210	e	14	905,6	57,94
211	d	13	909,9	54,93
212	e	14	914,3	57,94
213	e	14	918,6	57,94
214	d	13	922,9	54,93
215	c	12	927,2	51,92
216	d	13	931,5	54,93
217	d	13	935,8	54,93
218	d	13	940,1	54,93
219	d	13	944,4	54,93
220	d	13	948,8	54,93
221	d	13	953,1	54,93
222	d	13	957,4	54,93
223	d	13	961,7	54,93

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
224	d	13	966,0	54,93
225	d	13	970,3	54,93
226	d	13	974,6	54,93
227	c	12	978,9	51,92
228	d	13	983,3	54,93
229	d	13	987,6	54,93
230	d	13	991,9	54,93
231	d	13	996,2	54,93
232	d	13	1000,5	54,93
233	d	13	1004,8	54,93
234	d	13	1009,1	54,93
235	d	13	1013,4	54,93
236	d	13	1017,8	54,93
237	d	13	1022,1	54,93
238	d	13	1026,4	54,93
239	d	13	1030,7	54,93
240	d	13	1035,0	54,93
241	d	13	1039,3	54,93
242	d	13	1043,6	54,93
243	d	13	1047,9	54,93
244	d	13	1052,3	54,93
245	d	13	1056,6	54,93
246	d	13	1060,9	54,93
247	d	13	1065,2	54,93
248	d	13	1069,5	54,93
249	d	13	1073,8	54,93
250	d	13	1078,1	54,93
251	d	13	1082,4	54,93
252	d	13	1086,8	54,93
253	d	13	1091,1	54,93
254	e	14	1095,4	57,94
255	d	13	1099,7	54,93

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
256	e	14	1104,0	57,94
257	e	14	1108,3	57,94
258	e	14	1112,6	57,94
259	e	14	1116,9	57,94
260	e	14	1121,3	57,94
261	e	14	1125,6	57,94
262	e	14	1129,9	57,94
263	e	14	1134,2	57,94
264	e	14	1138,5	57,94
265	e	14	1142,8	57,94
266	e	14	1147,1	57,94
267	e	14	1151,4	57,94
268	e	14	1155,8	57,94
269	e	14	1160,1	57,94
270	e	14	1164,4	57,94
271	e	14	1168,7	57,94
272	e	14	1173,0	57,94
273	e	14	1177,3	57,94
274	d	13	1181,6	54,93
275	d	13	1185,9	54,93
276	d	13	1190,3	54,93
277	d	13	1194,6	54,93
278	d	13	1198,9	54,93
279	d	13	1203,2	54,93
280	d	13	1207,5	54,93
281	d	13	1211,8	54,93
282	d	13	1216,1	54,93
283	d	13	1220,4	54,93
284	d	13	1224,8	54,93
285	d	13	1229,1	54,93
286	c	12	1233,4	51,92
287	c	12	1237,7	51,92

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
288	c	12	1242,0	51,92
289	c	12	1246,3	51,92
290	c	12	1250,6	51,92
291	c	12	1254,9	51,92
292	c	12	1259,3	51,92
293	c	12	1263,6	51,92
294	c	12	1267,9	51,92
295	c	12	1272,2	51,92
296	c	12	1276,5	51,92
297	c	12	1280,8	51,92
298	c	12	1285,1	51,92
299	c	12	1289,4	51,92
300	c	12	1293,8	51,92
301	c	12	1298,1	51,92
302	c	12	1302,4	51,92
303	c	12	1306,7	51,92
304	c	12	1311,0	51,92
305	c	12	1315,3	51,92
306	c	12	1319,6	51,92
307	d	13	1323,9	54,93
308	d	13	1328,3	54,93
309	d	13	1332,6	54,93
310	d	13	1336,9	54,93
311	d	13	1341,2	54,93
312	d	13	1345,5	54,93
313	d	13	1349,8	54,93
314	d	13	1354,1	54,93
315	d	13	1358,4	54,93
316	d	13	1362,8	54,93
317	d	13	1367,1	54,93
318	d	13	1371,4	54,93
319	d	13	1375,7	54,93

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
320	d	13	1380,0	54,93
321	d	13	1384,3	54,93
322	d	13	1388,6	54,93
323	d	13	1392,9	54,93
324	d	13	1397,3	54,93
325	d	13	1401,6	54,93
326	d	13	1405,9	54,93
327	d	13	1410,2	54,93
328	c	12	1414,5	51,92
329	d	13	1418,8	54,93
330	d	13	1423,1	54,93
331	d	13	1427,4	54,93
332	c	12	1431,8	51,92
333	d	13	1436,1	54,93
334	d	13	1440,4	54,93
335	d	13	1444,7	54,93
336	d	13	1449,0	54,93
337	d	13	1453,3	54,93
338	d	13	1457,6	54,93
339	c	12	1461,9	51,92
340	d	13	1466,3	54,93
341	c	12	1470,6	51,92
342	d	13	1474,9	54,93
343	d	13	1479,2	54,93
344	d	13	1483,5	54,93
345	d	13	1487,8	54,93
346	d	13	1492,1	54,93
347	d	13	1496,4	54,93
348	c	12	1500,8	51,92
349	d	13	1505,1	54,93
350	c	12	1509,4	51,92
351	c	12	1513,7	51,92

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
352	c	12	1518,0	51,92
353	c	12	1522,3	51,92
354	c	12	1526,6	51,92
355	c	12	1530,9	51,92
356	c	12	1535,3	51,92
357	c	12	1539,6	51,92
358	c	12	1543,9	51,92
359	c	12	1548,2	51,92
360	c	12	1552,5	51,92
361	c	12	1556,8	51,92
362	c	12	1561,1	51,92
363	c	12	1565,4	51,92
364	c	12	1569,8	51,92
365	c	12	1574,1	51,92
366	c	12	1578,4	51,92
367	c	12	1582,7	51,92
368	c	12	1587,0	51,92
369	c	12	1591,3	51,92
370	c	12	1595,6	51,92
371	c	12	1599,9	51,92
372	c	12	1604,3	51,92
373	c	12	1608,6	51,92
374	c	12	1612,9	51,92
375	c	12	1617,2	51,92
376	c	12	1621,5	51,92
377	c	12	1625,8	51,92
378	c	12	1630,1	51,92
379	c	12	1634,4	51,92
380	c	12	1638,8	51,92
381	c	12	1643,1	51,92
382	c	12	1647,4	51,92
383	c	12	1651,7	51,92

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
384	c	12	1656,0	51,92
385	c	12	1660,3	51,92
386	c	12	1664,6	51,92
387	c	12	1668,9	51,92
388	c	12	1673,3	51,92
389	c	12	1677,6	51,92
390	c	12	1681,9	51,92
391	c	12	1686,2	51,92
392	c	12	1690,5	51,92
393	c	12	1694,8	51,92
394	c	12	1699,1	51,92
395	c	12	1703,4	51,92
396	c	12	1707,8	51,92
397	c	12	1712,1	51,92
398	c	12	1716,4	51,92
399	c	12	1720,7	51,92
400	c	12	1725,0	51,92
401	c	12	1729,3	51,92
402	c	12	1733,6	51,92
403	c	12	1737,9	51,92
404	d	13	1742,3	54,93
405	c	12	1746,6	51,92
406	c	12	1750,9	51,92
407	c	12	1755,2	51,92
408	c	12	1759,5	51,92
409	c	12	1763,8	51,92
410	c	12	1768,1	51,92
411	c	12	1772,4	51,92
412	c	12	1776,8	51,92
413	b	11	1781,1	48,91
414	c	12	1785,4	51,92
415	c	12	1789,7	51,92

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
416	c	12	1794,0	51,92
417	c	12	1798,3	51,92
418	c	12	1802,6	51,92
419	c	12	1806,9	51,92
420	c	12	1811,3	51,92
421	c	12	1815,6	51,92
422	c	12	1819,9	51,92
423	c	12	1824,2	51,92
424	c	12	1828,5	51,92
425	c	12	1832,8	51,92
426	c	12	1837,1	51,92
427	c	12	1841,4	51,92
428	c	12	1845,8	51,92
429	c	12	1850,1	51,92
430	c	12	1854,4	51,92
431	c	12	1858,7	51,92
432	c	12	1863,0	51,92
433	c	12	1867,3	51,92
434	c	12	1871,6	51,92
435	c	12	1875,9	51,92
436	c	12	1880,3	51,92
437	c	12	1884,6	51,92
438	b	11	1888,9	48,91
439	b	11	1893,2	48,91
440	b	11	1897,5	48,91
441	b	11	1901,8	48,91
442	b	11	1906,1	48,91
443	b	11	1910,4	48,91
444	b	11	1914,8	48,91
445	b	11	1919,1	48,91
446	b	11	1923,4	48,91
447	b	11	1927,7	48,91

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
448	b	11	1932,0	48,91
449	b	11	1936,3	48,91
450	b	11	1940,6	48,91
451	b	11	1944,9	48,91
452	b	11	1949,3	48,91
453	b	11	1953,6	48,91
454	b	11	1957,9	48,91
455	b	11	1962,2	48,91
456	b	11	1966,5	48,91
457	b	11	1970,8	48,91
458	a	10	1975,1	45,90
459	b	11	1979,4	48,91
460	a	10	1983,8	45,90
461	a	10	1988,1	45,90
462	a	10	1992,4	45,90
463	a	10	1996,7	45,90
464	a	10	2001,0	45,90
465	a	10	2005,3	45,90
466	a	10	2009,6	45,90
467	a	10	2013,9	45,90
468	a	10	2018,3	45,90
469	a	10	2022,6	45,90
470	a	10	2026,9	45,90
471	a	10	2031,2	45,90
472	a	10	2035,5	45,90
473	a	10	2039,8	45,90
474	9	9	2044,1	42,88
475	9	9	2048,4	42,88
476	9	9	2052,8	42,88
477	9	9	2057,1	42,88
478	9	9	2061,4	42,88
479	9	9	2065,7	42,88

tone:	bi	bi D	f [kHz]	SNR[dB]
480	9	9	2070,0	42,88
481	9	9	2074,3	42,88
482	9	9	2078,6	42,88
483	9	9	2082,9	42,88
484	9	9	2087,3	42,88
485	8	8	2091,6	39,86
486	8	8	2095,9	39,86
487	8	8	2100,2	39,86
488	8	8	2104,5	39,86
489	8	8	2108,8	39,86
490	8	8	2113,1	39,86
491	8	8	2117,4	39,86
492	8	8	2121,8	39,86
493	8	8	2126,1	39,86
494	8	8	2130,4	39,86
495	8	8	2134,7	39,86
496	7	7	2139,0	36,84
497	7	7	2143,3	36,84
498	7	7	2147,6	36,84
499	7	7	2151,9	36,84
500	7	7	2156,3	36,84
501	7	7	2160,6	36,84
502	7	7	2164,9	36,84
503	7	7	2169,2	36,84
504	7	7	2173,5	36,84
505	7	7	2177,8	36,84
506	7	7	2182,1	36,84
507	7	7	2186,4	36,84
508	6	6	2190,8	33,79
509	6	6	2195,1	33,79
510	7	7	2199,4	36,84
511	6	6	2203,7	33,79

Vypočteno z alokace nosných (data + záhlaví a FEC + TC):

$$v_p' = 22512 \text{ kBit/s}$$

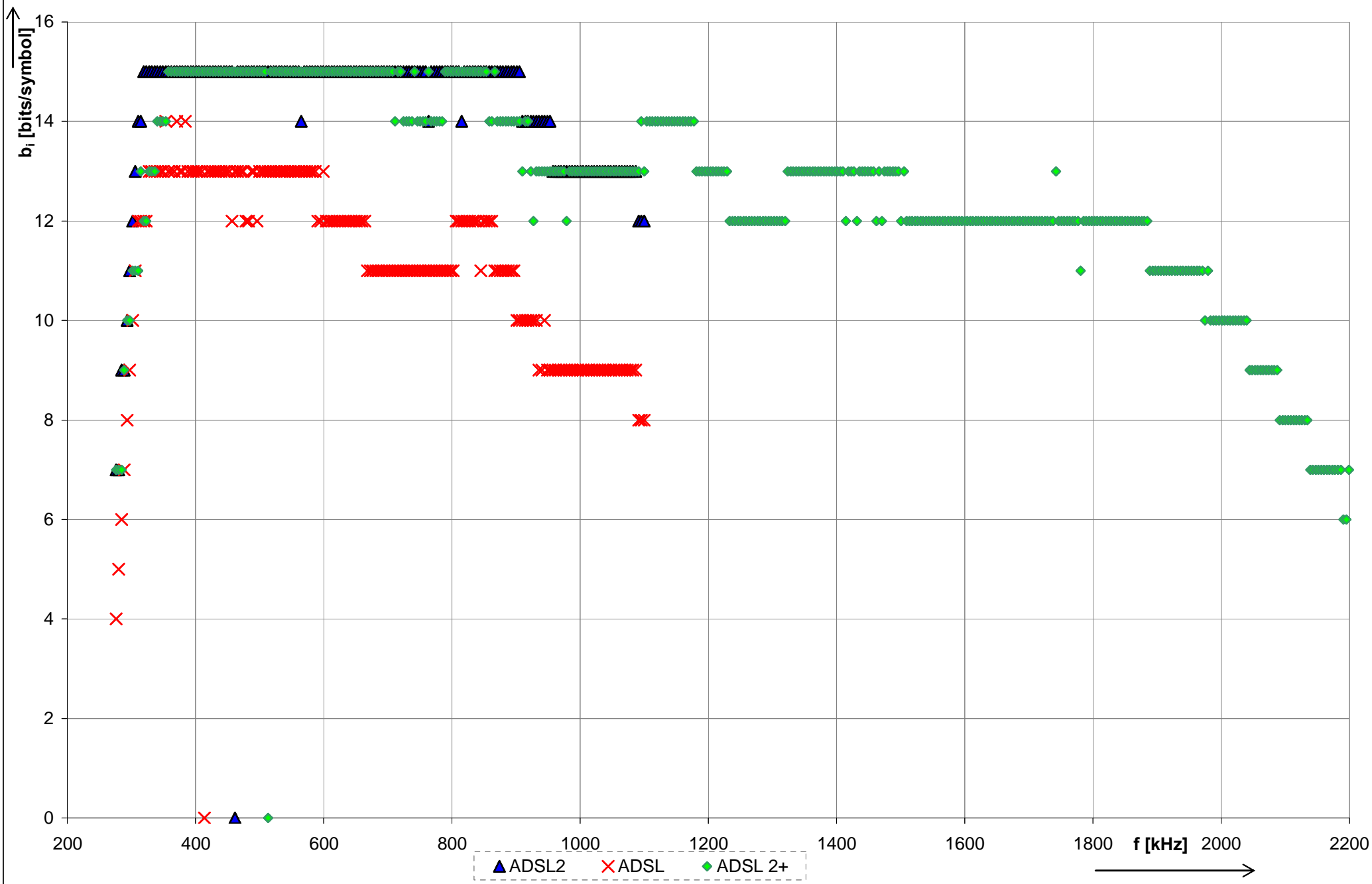
Vypočteno z alokace nosných (data + záhlaví a FEC):

$$v_p'' = 21618 \text{ kBit/s}$$

Z diagnostiky modemu:

$$v_p = 20992 \text{ kBit/s}$$

Závislost počtu bitů na symbol na frekvenci dané nosné vlny



Závislost SNR<sub>i</sub> na frekvenci dané nosné vlny

