

Zkušební laboratoř Fakulty dopravní
ČVUT v Praze

Měření eurobalíz ETCS aneb využití MATLABu pro automatizaci měření

8. 9. 2016, Brno

Ing. Jindřich Sadil, Ph.D.

Ing. Dušan Kamenický



Činnosti Fakulty dopravní ČVUT v Praze



- Certifikační orgán pro výrobky při Fakultě dopravní
<http://www.cov.fd.cvut.cz>
 - Posuzování shody železničních zabezpečovacích zařízení s požadavky normy nebo jiného dokumentu
 - Posuzování shody součástí interoperability
 - Ověřování subsystémů evropského železničního systému
- Zkušební laboratoř Fakulty dopravní
<http://www.zl.fd.cvut.cz/>
 - Základní elektrické veličiny: napětí, proud, kmitočet, fázový posun
 - Měření střídavých složek zpětných trakčních proudů
 - Zkouška Eurobalise

Akreditace u Českého institutu pro akreditaci, o.p.s, ČVUT v Praze autorizováno Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) pro posuzování shody prvků interoperability konvenčního i vysokorychlostního systému pro subsystém „Řízení a zabezpečení“



Balíza

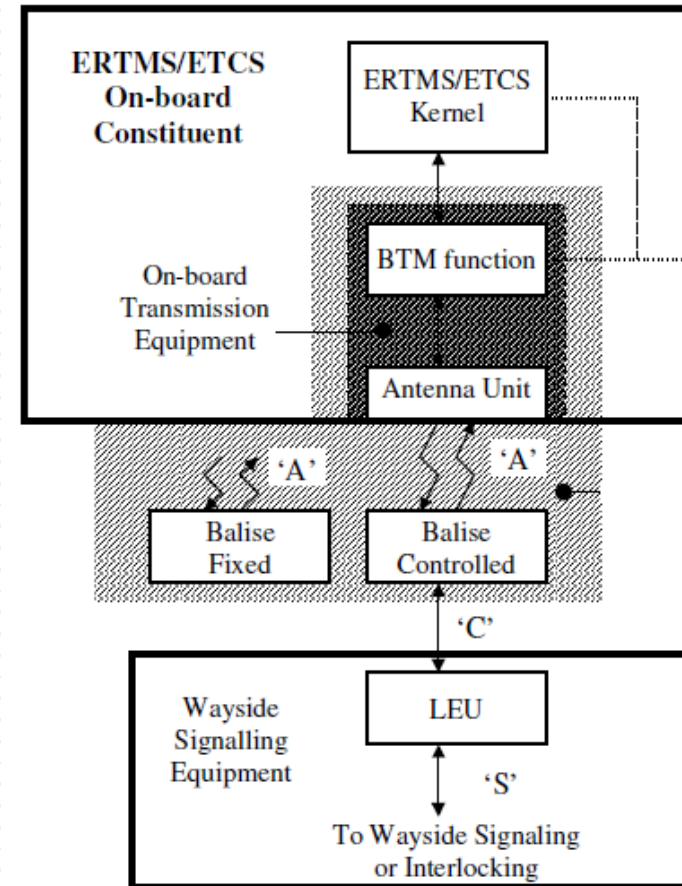
- Základní prvek interoperability subsystému „Řízení a zabezpečení“ TSI 2012/88/EU
- SUBSET-036 FFFIS for Eurobalise
- SUBSET-085 Test Specification for Eurobalise FFFIS



Balíza - princip



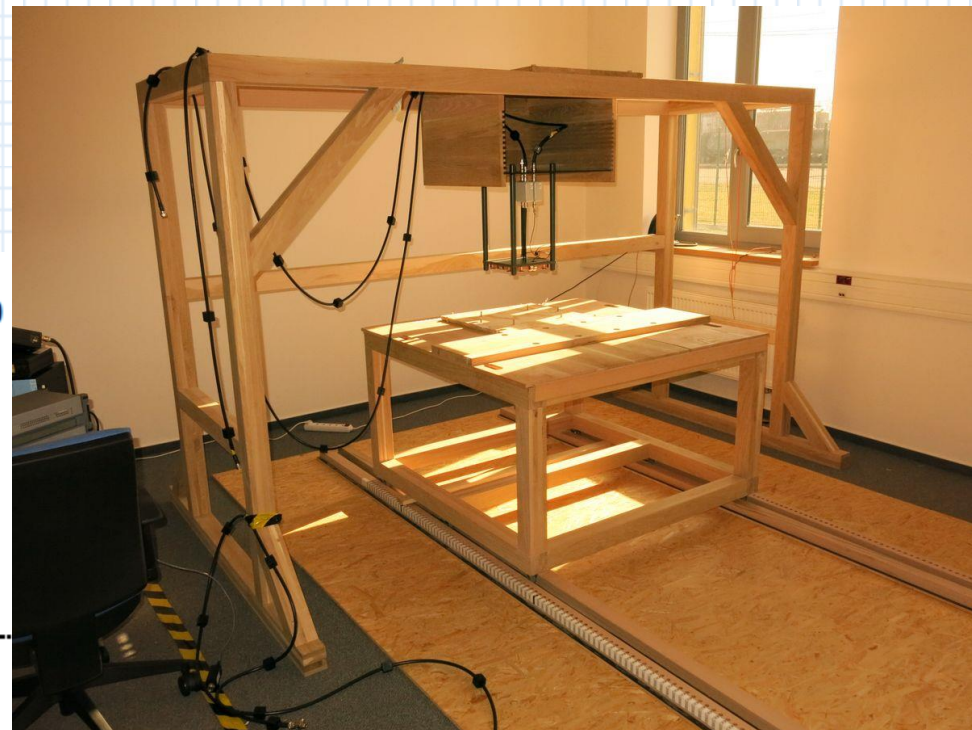
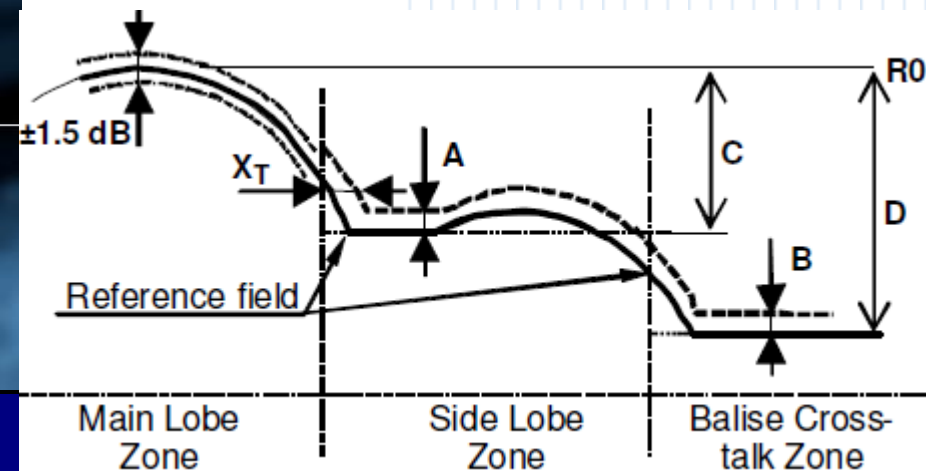
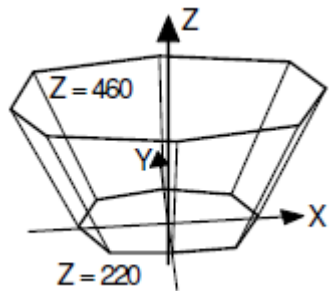
- Napájecí signál 27,095 MHz
 - konstantní amplituda
 - amplitudová modulace se změnou délky pulzu
 - Modulace 50 kHz
 - Hloubka modulace 50 %
 - Délka pulzu 2,0 μ s až 3,5 μ s
 - Minimální rozdíl délky pulzu 1,2 μ s
- Komunikační signál
 - FSK modulace
 - Středí frekvence 4,234 MHz
 - logická „0“: 3,951 MHz
 - logická „1“: 4,516 MHz
 - Přenosová rychlost 564,48 kbit/s
 - Délka telegramu
 - 341 bitů
 - 1023 bitů



Požadované testy pro ověření shody



- Testování přenosového pole napájecího signálu
Měří se hodnota vysílaného výkonu v každém bodě **kontaktní a postranní zóny** tak, aby byl zachován požadovaný magnetický tok napájecí balízu
- Testování přenosového pole komunikačního signálu
Měří se hodnota přijímaného výkonu v každém bodě **kontaktní, postranní i chráněné zóny**, který vysílá balíza aktivovaná definovaným napájecím magnetickým tokem



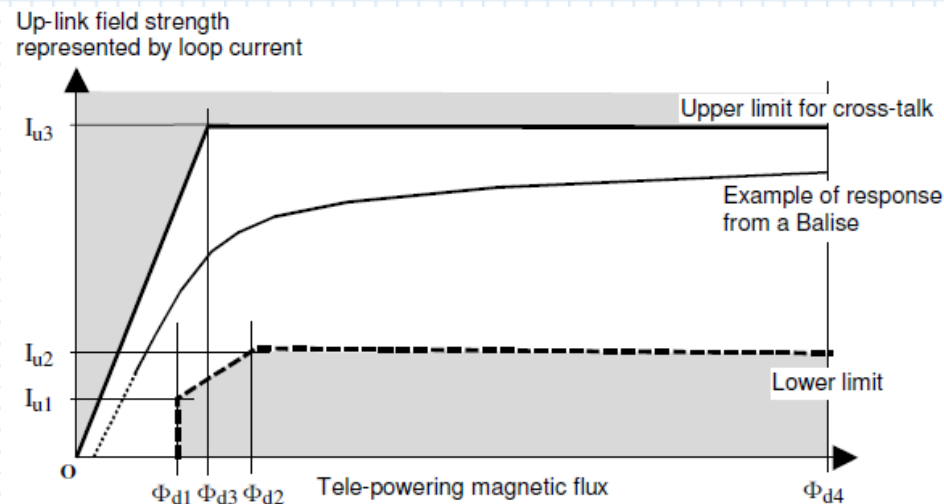
Požadované testy pro ověření shody

- Testování vstupní a výstupní charakteristiky

Ověřuje se velikost indukovaného proudu komunikačního signálu, který je přijímán testovací anténou, v závislosti na vyzařovaném napájecím magnetickém toku, způsobující aktivaci balízy.

Měření probíhá za rozdílných testovacích podmínek přenosového pole, např.:

- Destilovaná voda
- Slaná voda 0,1 % NaCl
- Vrstva železné rudy 92,5 % až 97,5 % Fe₃O₄,
- Kovová deska pod balízou
- Extrémně nízká/vysoká teplota $T < -40^{\circ}\text{C}$, resp. $T > 85^{\circ}\text{C}$



Požadované testy pro ověření shody

- Testování charakteristiky komunikačního signálu
 - Střední frekvence a odchylka
 - Rychlost přenosu dat
 - Maximum time interval error
 - Kolísání amplitudy (během náběžné hrany, v ustáleném stavu)
 - Šířka pásma
 - Zpoždění na rozhraní s LEU
 - Kompatibility – nereaguje na napájecí signál Non-Toggling AM
 - Start balízy za různých modifikací napájecího signálu:
 - Doba trvání náběžných a sestupných hran napájecího signálu
 - Doba trvání náběžných a sestupných hran jednotlivých pulzů
 - Hloubka modulace



Využití MATLABu - přehled

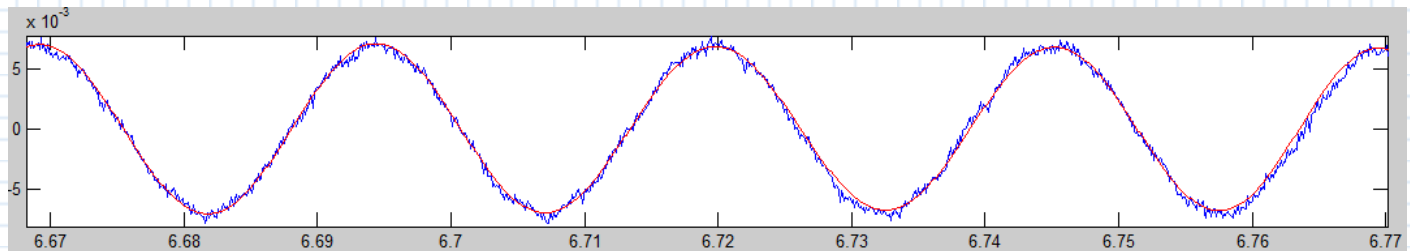


- Zpracování postupů provádění zkoušky
 - Zkoušky referenční x testovací, neprovedené x splněné
 - Výzva k jednotlivým úkonům podle daného postupu
- Regulace výkonu zesilovače testovací antény
 - Dvoustupňová regulace výkonu
 - Skoková odezva regulovaného výkonu
- Nastavení měřících přístrojů a pořizování dat:
sběrnice GPIB, visa-tcpip
 - Wattmetr (výkon)
 - Osciloskop (zaznamenání průběhu signálu pro jeho další zpracování)
 - Spektrální analyzátor (spektrum, výkon v části spektra)
 - Síťový analyzátor (impedance, útlum)
- Vyhodnocení naměřených dat a posouzení s požadavky SUBSETu-036, resp. 085
- Správa datových souborů a vytvoření protokolu z měření ve formátu LaTeX

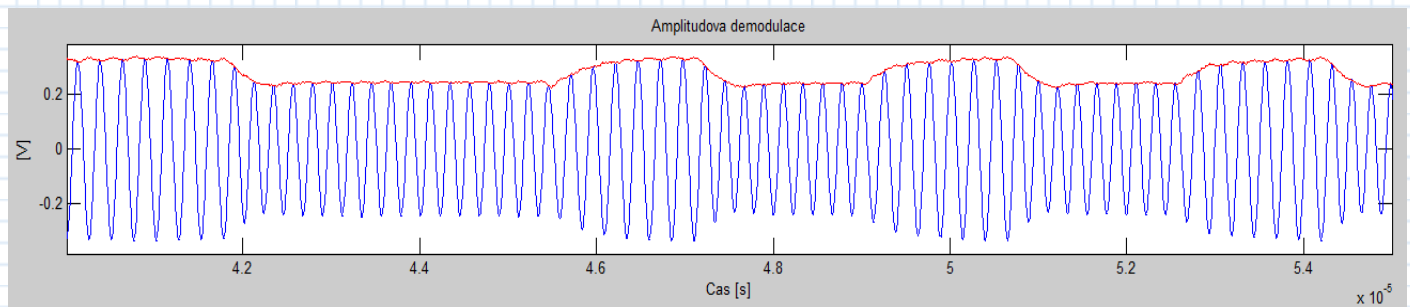


Využití MATLABu - zpracování signálu

- Návrh a aplikace digitálního filtru

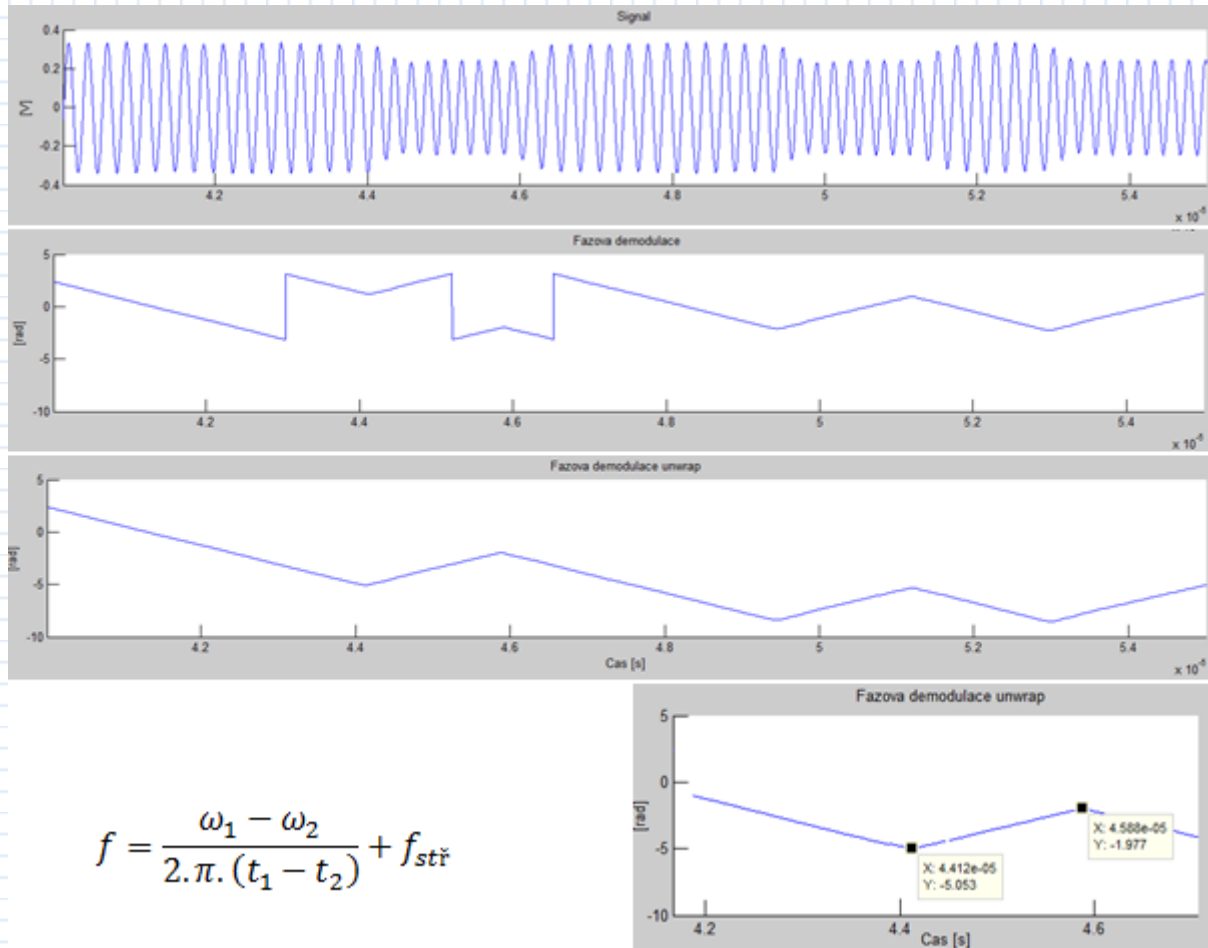


- Amplitudová demodulace



Využití MATLABu - zpracování signálu

- Fázová demodulace

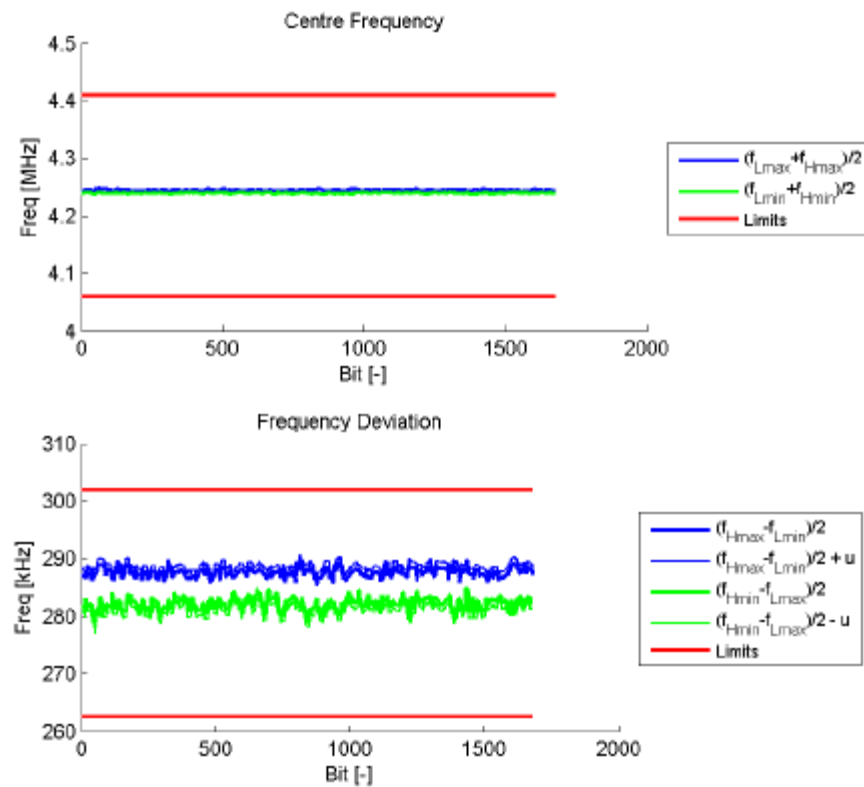


$$f = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2 \cdot \pi \cdot (t_1 - t_2)} + f_{stř}$$



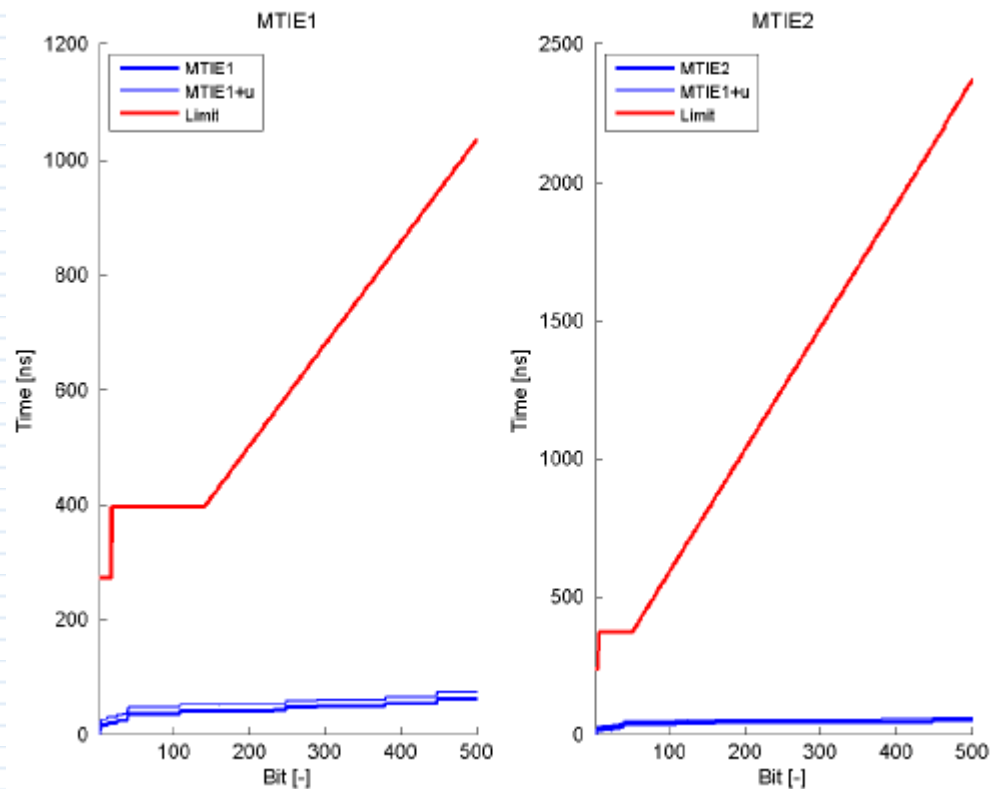
Využití MATLABu – vyhodnocení signálu

- Vyhodnocení střední frekvence a odchylky komunikačního signálu



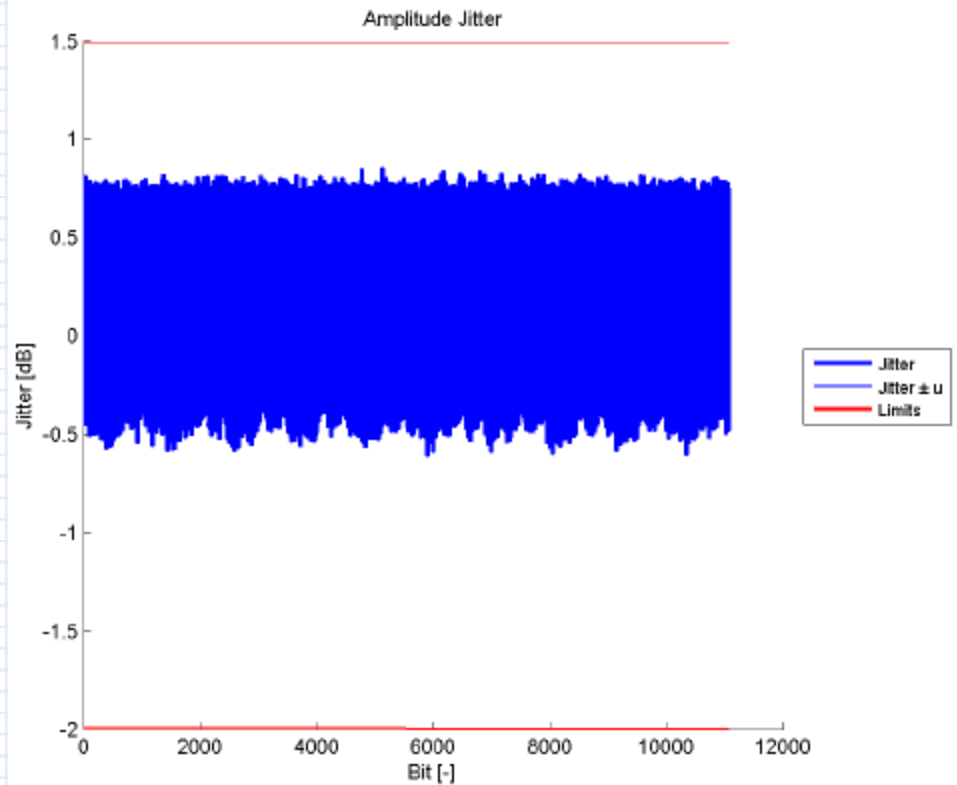
Využití MATLABu – vyhodnocení signálu

- Vyhodnocení MTIE (Maximum Time Interval Error)



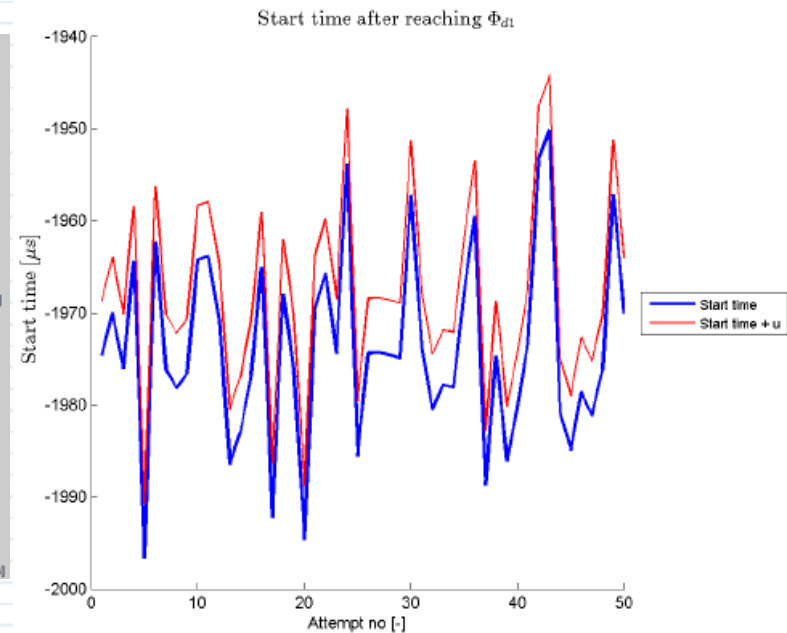
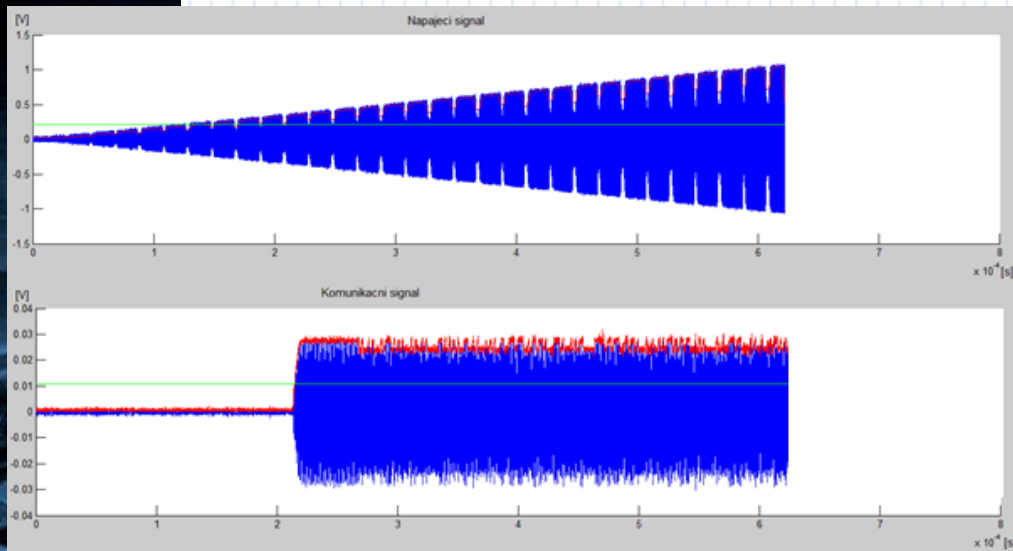
Využití MATLABu – vyhodnocení signálu

- Vyhodnocení kolísání amplitudy



Využití MATLABu – vyhodnocení signálu

- Vyhodnocení času startu balízy od dosažení napájecího toku Φ_{d1}



Využití MATLABu – vyhodnocení signálu

■ Vyhodnocení parametrů napájecího signálu

Amplitude: 0.920 V

Overshoot: 0.927 V OK,

Depth: 51.8 - 52.2 % OK,

Steady: -0.2 - 0.2 % OK

Modulation frequency: 50.000 kHz

Edge jitter: 19.99 us - 20.01 us

Pulse width: 2.10 us / 2.21 us

Pulse deviation: 0.11 (0.10 - 0.11) us

t1 short: down 298 (295 - 303) ns,

t1 short: up 300 (296 - 302) ns

t1 long: down 301 (297 - 304) ns,

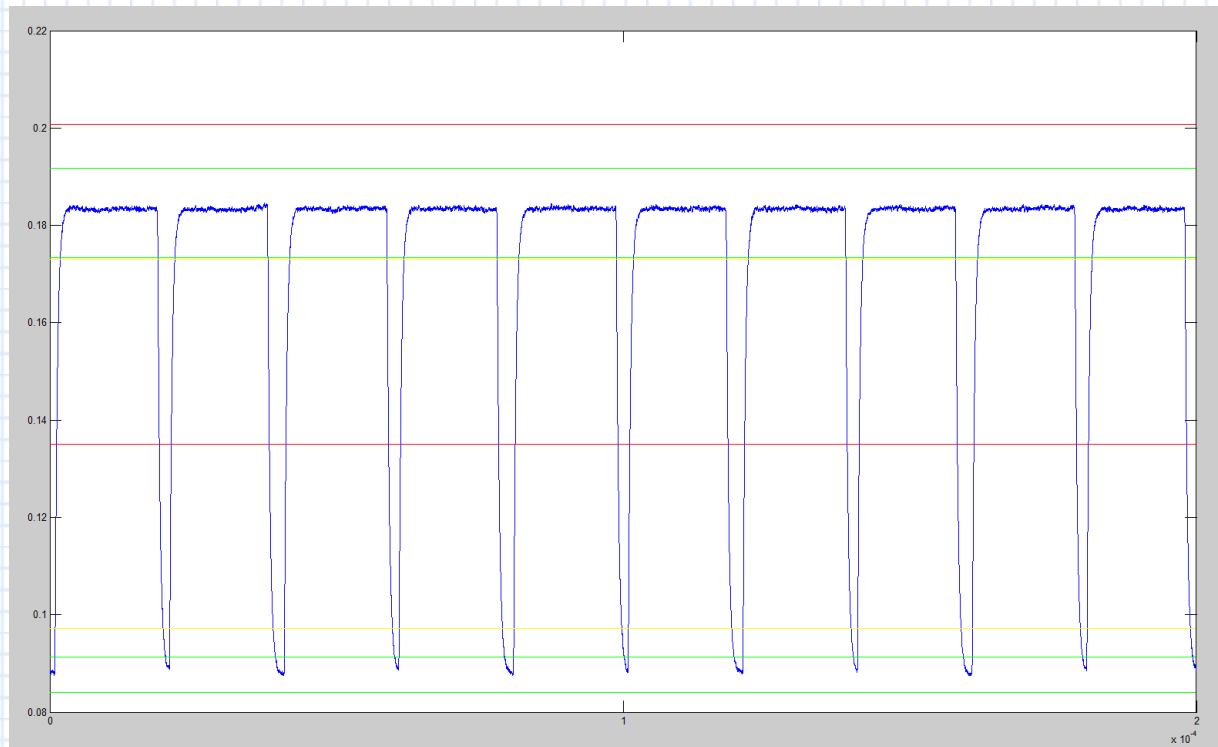
t1 long: up 301 (299 - 303) ns

t2 short: down 946 (934 - 958) ns,

t2 short: up 982 (970 - 997) ns

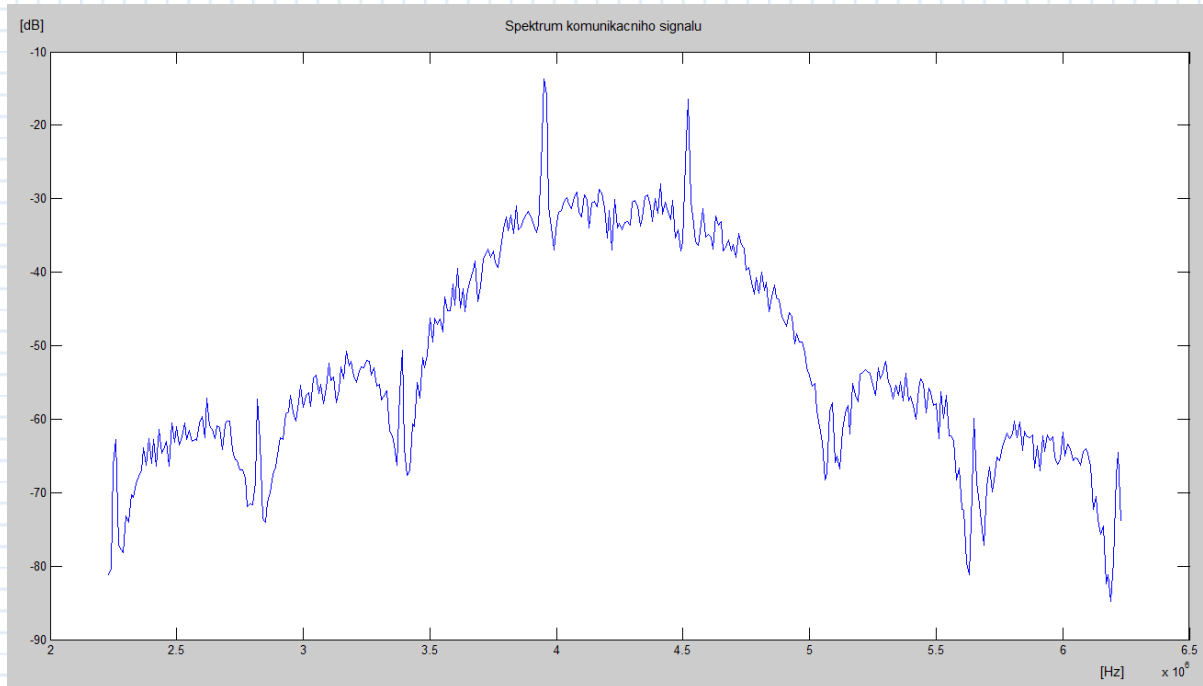
t2 long: down 949 (938 - 963) ns,

t2 long: up 986 (973 - 997) ns



Využití MATLABu – vyhodnocení signálu

- Spektrum komunikačního signálu



Obtíže

- Příklad s nedefinovaným rozhraním
 - AutoIT
- Uzavřený list excelu
- Měření polohy a čekání na ručně zadávaný vstup

```
t = timer;  
t.StartDelay = 0;  
t.StartFcn = '';  
t.StopFcn = '';  
t.TimerFcn = 'vzdalenost_aktual=multimetr_measure(obj_multim); ...!';  
t.Period = 1;  
t.ExecutionMode = 'fixedRate';  
start(t);  
  
while 1  
    next_step=input('Odpovídej hodnoty? (Potvrď "1", Konec „2“) ');  
    ...  
end  
  
stop(t);  
delete(t);
```



Závěr

- Loučíme se ukázkou zkušebního protokolu.
- Děkujeme za pozornost!



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
Zkušební laboratoř Fakulty dopravní
Konviktská 20, 110 00 Praha 1



Zkušební protokol č. PROT 89/2016

*Zkušební laboratoř č. 1048.3 akreditovaná ČIA
podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005*

Měření systému Eurobalise

Zákazník:

Humusoft, s.r.o.
Technical computing camp

Předmět zkoušení:

System Eurobalise

Název zkoušky a metodika:

Zkouška: Zkouška systému Eurobalise

Metodika: MET2015/01 Postup provádění zkoušky systému Eurobalise

