

# 1. Měření parametrů systému WLAN IEEE802.11

(návod ke cvičení z B2M37ART)

---

*Cílem úlohy je proměřit parametry rádiového vysílače, přístupového bodu (Access Point, AP), digitální komunikace pracujícího v režimu nekontinuálního vysílání v systému WLAN 802.11 [1]. Experiment zahrnuje měření parametrů výstupního signálu v časové, kmitočtové a modulační doméně. Měřeným signálem jsou datové rámce BEACON, které AP pravidelně vysílá s volitelnou opakovací periodou.*

## Úkol měření



1. Proveďte úvodní měření výstupního signálu vysílače AP a zjistěte základní informace o signálu – odhad kmitočtu nosné, kanálu, šířky pásma.
2. Změřte parametry výstupního signálu vysílače AP v časové oblasti – doba náběhu, doba doběhu, celková doba trvání vysílání BEACON rámce a jeho opakovací periodu, střední výkon.
3. Změřte parametry výstupního signálu vysílače AP v kmitočtové oblasti – spektrální výkonová hustota, obsazená šířka pásma, střední výkon.
4. Změřte parametry výstupního signálu vysílače AP v modulační oblasti – ofset nosné, EVM a další.
5. Dekódujte data vysílaná AP v BEACON intervalu a analyzujte je. Nepovinné.

## Domácí příprava



1. Jaký je kmitočtový rozsah systému WLAN 802.11 (pásmo 2,4 GHz)? Jaké jsou střední kmitočty pro jednotlivé kanály v Evropě? Jaká je šířka kmitočtového pásma pro jeden kanál?
2. Jaké modulace jsou použity pro WLAN 802.11?
3. Co to je kmitočtová maska? Jaká je předepsaná kmitočtová maska pro systém 802.11?
4. Jaké informace obsahuje rámec BEACON?

5. Jaká je symbolová rychlost vysílaného rámce BEACON?

## Přístrojové vybavení pracoviště



- AP Trendnet TEW-510
- Spektrální analyzátor FSQ 3
- Synchronizační obvody: vf. detektor, komparátor, napájecí zdroj B2-21
- Dvoukanálový osciloskop (kontrola výstupu detektoru a synchronizačních impulsů)
- T-článek, útlumové články, propojovací kabely,...
- Osobní počítač, Matlab

## Doporučená literatura



- [1] ANSI/IEEE Std 802.11: Part 11: *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY)*. Specifications 1999 Edition (R2003).
- [2] Boer, J.: *Direct Sequence Spread Spectrum Physical Layer Specification IEEE 802.11*. Lucent Technologies WCND Utrecht, IEEE P802.11-96/49E, March 1996.

## Obsah dokumentu



<b>1</b>	<b>Stručná teorie</b>	<b>3</b>
1.1	Rámec Beacon . . . . .	3
1.2	Spektrální maska . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Měření</b>	<b>4</b>
2.1	Příprava měření na přístupovém bodu – základní parametry . . . . .	4
2.2	Parametry vysílače v časové oblasti . . . . .	6
2.3	Parametry vysílače v kmitočtové oblasti . . . . .	7
2.4	Měření vysílače v modulační oblasti . . . . .	9
2.5	Dekódování vysílaných dat (nepovinné) . . . . .	10

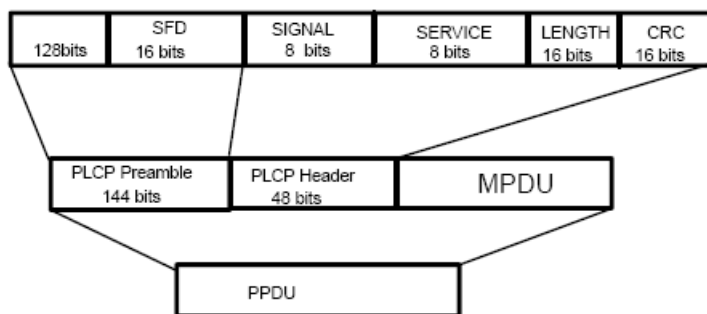
## 1 Stručná teorie

Fyzická vrstva IEEE802.11 je realizována rádiovým přenosem, přičemž maximální výkon vysílače je v Evropě omezen na 100 mW (+20 dBm). Pro přenos dat se používají diferenciální modulační metody DBPSK a DQPSK a přímé rozptýření spektra (DSSS, ačkoliv původní standard 802.11 počítá i s FHSS). Podrobné informace k použité metodě rozptýření spektra, kódování dat a synchronizaci najdete v literatuře [1] a [2].

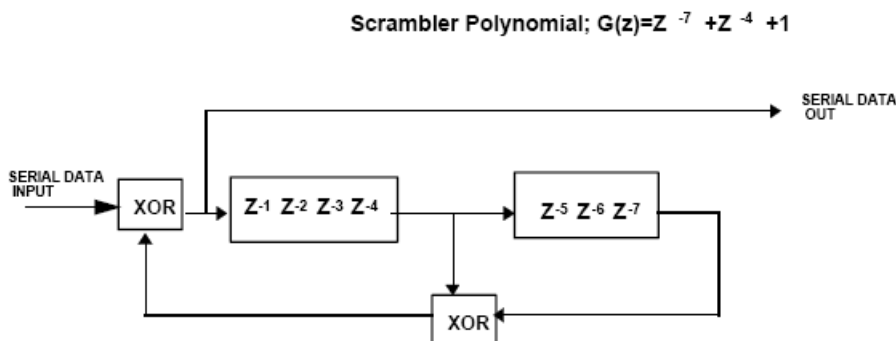
### 1.1 Rámec Beacon

Komunikace mezi mobilními stanicemi v systému 802.11 může probíhat v jednom ze dvou režimů – v nezávislém či v infrastrukturním. V nezávislém režimu (též zvaném ad-hoc) komunikují stanice přímo mezi sebou. V infrastrukturním režimu stanice komunikují skrze centrální řídicí prvek – Access Point (AP). AP inicializuje komunikaci opakovaným vysíláním rámce BEACON, strukturu rámce zachycuje obr. 1. BEACON obsahuje synchronizační sekvenci – posloupnost 128 nebo 56 bitů (PLCP Synchronization), 16 bitů oddělovače (Start Frame Delimiter, SFD) a 48 bitů PLCP hlavičky vysílané vždy pomocí DBPSK s bitovou přenosovou rychlostí 1 Mb/s. Následuje blok přenášených dat MPDU, který může být vysílán pomocí DBPSK s bitovou rychlostí 1 Mb/s nebo pomocí DQPSK s bitovou rychlostí 2 Mb/s. Celý vysílaný rámec je označován jako PLCP (Physical Layer Convergence Procedure). Všechna přenášená data jsou nejdříve kódována pomocí datového kodéru – obr. 2 a následně je každý zakódovaný bit přenásoben rozptýřací jedenáctibitovou Barkerovou sekvencí

$$(+1, -1, +1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1, -1).$$



Obrázek 1. Struktura PLCP rámce



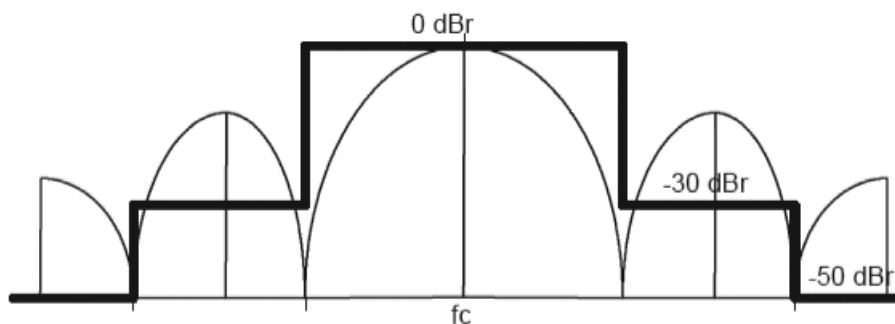
Obrázek 2. Datový kodér

Základní datová bitová rychlost 1 Mb/s při modulaci DBPSK se tak zvyšuje po rozptýření na 11 Mb/s, a použitá modulace DBPSK tedy pracuje s výslednou symbolovou rychlostí 11 Msymbol/s. Základní

datová bitová rychlost 2 Mb/s při modulaci DQPSK se po rozprostření zvyšuje na 22 Mb/s, nicméně při aplikaci modulace DQPSK je symbolová rychlost poloviční (vysílají se dva bity v rámci symbolu) a tedy obdržíme opět výslednou symbolovou rychlost 11 Msymbol/s.

## 1.2 Spektrální maska

Z předchozí kapitoly vyplývá, že obě modulační schémata (DBPSK, DQPSK) systému 802.11 mají shodnou přenosovou symbolovou rychlost 11 Msymbol/s. To znamená, že signál pro obě varianty přenosu má shodný tvar spektrální výkonové hustoty – bez použití „roll-off“ filtrů má podobu funkce „ $\sin(x)/x$ “ s oboustrannou šířkou hlavního laloku 22 MHz a s šířkami postranních laloků 11 MHz. To však platí v případě posloupnosti náhodných nezávislých symbolů se stejnou mírou zastoupení. V případě 802.11 je posloupnost o rychlosti 1 Msymbol/s násobena 11bitovou Barkerovou posloupností neměnného obsahu. To způsobí jistou odchylku skutečného spektra signálu 802.11 od funkce „ $\sin(x)/x$ “. Dále je třeba počítat s tím, že reálný systém používá „roll-off“ filtry, neboť spektrum signálu 802.11 je v [1] omezeno spektrální maskou – viz obr. 3 znázorněna tučně, charakteristika filtru však není v [1] definována. Výraznější potlačení postranních laloků snižuje interferenci signálů ležících na sousedních kanálech, a umožňuje tak koexistenci několika signálů v pásmu a zároveň dostatečný odstup S/N.



Obrázek 3. Spektrální maska (znázorněna tučně)

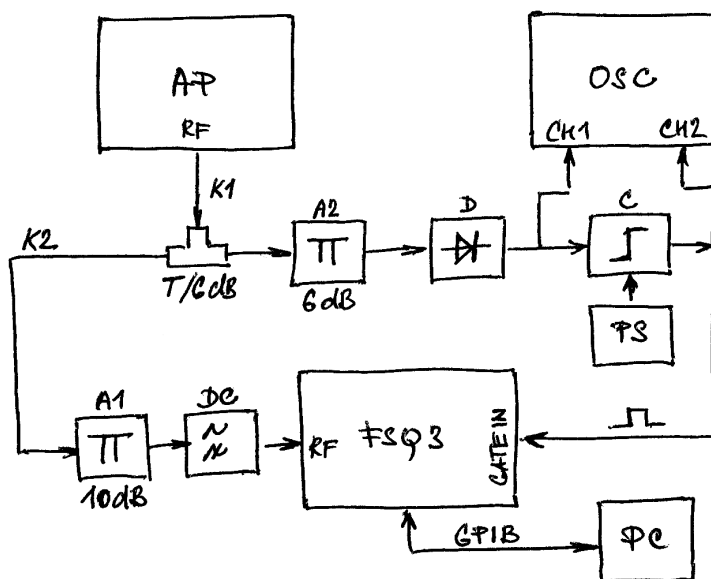
## 2 Měření

### 2.1 Příprava měření na přístupovém bodu – základní parametry


Vycházíme ze stavu, kdy je přístupový bod (AP) nastaven do vám neznámého módu. Vaším úkolem je pomocí měření na spektrálním analyzátoru FSQ 3 zjistit, na jakém kanálu AP vysílá, tj. určit nosný kmitočet vysílaného signálu  $f_c$ , a ověřit dříve uvedené předpoklady o podobě spektrální výkonové hustoty použitého modulačního formátu. Celkové blokové schéma zapojení úlohy je na obr. 4. Vysokofrekvenční signál z anténního konektoru AP (K1) je rozdělen pasivním ztrátovým rozbočovačem (T/6 dB) do dvou větví. Jedna větev je přes 10dB attenuátor (A1) a oddělovač stejnosměrné složky (DC) připojena na vstup signálového analyzátoru FSQ3 (RF). Druhá větev je přes 6dB attenuátor (A2) přivedena na diodový detektor (D), jehož výstup je tvarován do podoby číslicového signálu v úrovních TTL komparátorem (C). Číslicový signál je přiveden na synchronizační vstup signálového analyzátoru FSQ3 (GATE IN). Signály před a za komparátorem jsou monitorovány dvoukanalovým osciloskopem (OSC). Analyzátor je přístrojovou sběrnici (GPIB) propojen s osobním počítačem (PC).

Postup práce na spektrálním analyzátoru:

- (i) Po zapnutí vyčkejte do úplného naběhnutí přístroje, nic během startu nenastavujte.
- (ii) Stiskněte tlačítko [PRESET], které obnoví přednastavený výchozí stav přístroje, a nastavte referenční úroveň spektrálního analyzátoru na hodnotu +10 dBm, [AMPT] → <REF LEVEL> →



Obrázek 4. Celkové schéma zapojení laboratorní úlohy

- +10 dBm, zadáno na numerické klávesnici, tlačítko jednotky slouží zároveň jako pokyn k nastavení údaje.
- (iii) Nastavte kmitočtový rozsah analyzátoru tak, aby byly pokryty kmitočty všech kanálů WLAN 802.11, [FREQ] → <START>/<STOP>... 2400 MHz až 2480 MHz.
  - (iv) Vzhledem k tomu, že má vysílaný signál pulsní charakter, není pozorované spektrum signálu stabilní. Spektrum se zobrazuje podle toho, zda AP v průběhu rozmítání spektrálního analyzátoru (Sweep Time) právě vysílá či nikoliv. Částečným řešením této situace je nastavení dostatečně pomalého rozmítání vzhledem k předpokládané opakovací periodě vysílání, v našem případě např. 22 s, [SWEEP] → <SWEPTIME MANUAL> → 22 s.
  - (v) Za pomoci markeru ([MKR]) a postupné úpravy kmitočtové osy spektrálního analyzátoru ([FREQ] → <CENTER>/<START>/<STOP>) naleznete co možná nejpřesněji střední kmitočet spektra a ten následně nastavte jako střední kmitočet zobrazování, [MKR → ] → <CENTER = MKR FREQ>.
-  Zapište si změřený střední kmitočet  $f_c$ , odhadované číslo kanálu a jemu odpovídající nominální nosný kmitočet  $f_{\text{nom}}$  podle IEEE802.11. Ověřte úvahy o podobě spektrální výkonové hustoty uvedené v teoretické části návodu a diskutujte přesnost měření kmitočtu  $f_c$  pomocí spektrálního analyzátoru.

Tabulka 1:

Změřený střední kmitočet	$f_c =$	2446.92	MHz
Číslo kanálu	Ch.:	8	–
Nominální nosný kmitočet	$f_{\text{nom}} =$	2447	MHz


## 2.2 Parametry vysílače v časové oblasti

Změřte délku rámce BEACON a jeho opakovací kmitočet, dobu náběhu a doběhu vysílače, střední hodnotu výkonu.

Postup práce na spektrálním analyzátoru:

- (i) Střední kmitočet spektrálního analyzátoru FSQ 3 (*Center*) se musí shodovat s nosným kmitočtem  $f_c$  (podle tabulky kanálů IEEE802.11) – pokud tomu tak není, nastavení upravte.
- (ii) Na FSQ 3 zastavíme rozmítání volbou [SPAN] → <ZERO SPAN>. Tím se analyzátor stane „selektivním wattmetrem“ se schopností zobrazit časový vývoj výkonu v šířce pásma určené rozlišovacím filtrem RBW.
- (iii) Nastavte dobu rozmítání, [SWEEP] → <SWEPTIME MANUAL> → 50 ms. Tento parametr má nyní obdobný význam jako časová základna u osciloskopu.
- (iv) Nastavte šířku rozlišovacího filtru na 50 MHz, [BW] → <RES BW MANUAL> → 50 MHz (po měření v předcházející části je aktuálně nastavená šířka pásma patrně menší). V tento okamžik by na analyzátoru již měl být vidět nezasynchronizovaný sled rádiových impulsů BEACON systému 802.11.
- (v) Pro synchronizaci zobrazení využijeme spouštění rozmítání výkonem detekovaným na mezifrekvenčním kmitočtu uvnitř analyzátoru, [TRIG] → <IF POWER>. Je třeba zkusmo nastavit vhodnou hodnotu spouštěcího výkonu (<IF POWER LEVEL>), typicky vyhovuje hodnota –18 dBm. Na analyzátoru by se měl obraz zasynchronizovat na náběžnou hranu pozorovaných pulsů.
- (vi) Pomocí markerů [MKR] → <MARKER1>, [MKR] → <MARKER2> změřte opakovací periodu pulsů  $T_b$ . Marker 2 je v režimu Delta 2 [T1].
- (vii) Upravte dobu rozmítání pomocí [SWEEP] → <SWEPTIME MANUAL> → ... tak, aby se jeden impuls BEACON zobrazil na téměř celé šířce displeje včetně náběžné a týlové hrany. Upravte posun počátku spouštění (pro spouštění s předstihem zadáváme záporné hodnoty) [TRIG] → <TRIGGER OFFSET> → ... , aby byla dobře vidět náběžná hrana. Pomocí markerů změřte délku pulsu  $T_p$ .
- (viii) Upravte dobu rozmítání pomocí [SWEEP] → <SWEPTIME MANUAL> → ... a upravte posun počátku spouštění [TRIG] → <TRIGGER OFFSET> → ... tak, aby impuls BEACON překrýval celou šíři displeje. Aktivujte funkci měření výkonu v časové oblasti, [MEAS] → <TIME DOM POWER>, změňte typ detektoru na RMS, [TRACE] → <DETECTOR> → <DETECTOR RMS>, a spusťte funkci průměrování, [TRACE] → <AVERAGE>, [TRACE] → <SWEEP COUNT> nastavíme např. na 22. Odečtěte změřený střední výkon pulsu  $P_{pavg}$ .
- (ix) Změřte délku náběžné hrany pulsu  $t_r$ . Pro detailní zobrazení náběžné hrany je třeba snížit dobu rozmítání (např. na 2  $\mu$ s) a posunout počátek spouštění, [TRIG] → <TRIGGER OFFSET> → ... . Upravte referenční hodnotu, [AMPT] → <REF LEVEL> → ..., na velikost změřeného  $P_{pavg}$  a zvolte lineární svislou osu v %, [AMPT] → <RANGE LINEAR> → <RANGE LINEAR %>. Pokud se náběžná hrana v důsledku časově diskrétního měření výkonu analyzátozem chvěje, a měření krátké doby náběhu nelze provést, je možno průběh zastavit, [SWEEP] → <SINGLE SWEEP>. Pomocí markerů odečtěte čas náběhu  $t_r$  – jeden z markerů nastavte na náběžné hraně na 10 % středního výkonu, druhý nastavte na 90 % středního výkonu.
- (x) Změřte dobu doběhu – délku týlové hrany pulsu  $t_f$ . Povolte rozmítání, [SWEEP] → <CONTINUOUS SWEEP>, a přesuňte se se zobrazením na týlovou hranu pulsu, [TRIG] → <TRIGGER OFFSET> → ..., časový posun bude přibližně odpovídat  $T_p$  (nutno nastavit zkusmo).

Změřte délku týlové hrany pulsu  $t_f$  – jeden z markerů nastavte na týlové hraně na 90 % středního výkonu, druhý nastavte na 10 % středního výkonu.

-  Zapište si všechny naměřené časy. Porovnejte časy  $t_r$  a  $t_f$  s normou ( $t_r \leq 2 \mu\text{s}$ ,  $t_f \leq 2 \mu\text{s}$ ) a rozhodněte, zda vyhovují.

Tabulka 2:

Opakovací perioda signálu BEACON	$T_b =$	20.51	ms
Délka signálu BEACON	$T_p =$	0.908	ms
Střední výkon měřený v časové doméně	$P_{\text{avg}} =$	1.83	dBm
Náběžná hrana pulsu	$t_r =$	77	ns
Týlová hrana pulsu	$t_f =$	132	ns

### 2.3 Parametry vysílače v kmitočtové oblasti

Proměřte parametry spektra vysílaného signálu – určete šířku pásma pro 90 % ( $B_{90}$ ) a 99 % ( $B_{99}$ ) výkonu. Zkontrolujte, zda spektrum vyhovuje spektrální masce.

Pro synchronizaci měření spektra využijte možnost externí synchronizace analyzérů signálem z výstupu detektoru, upraveným tvarovacím obvodem – viz obr. 4.

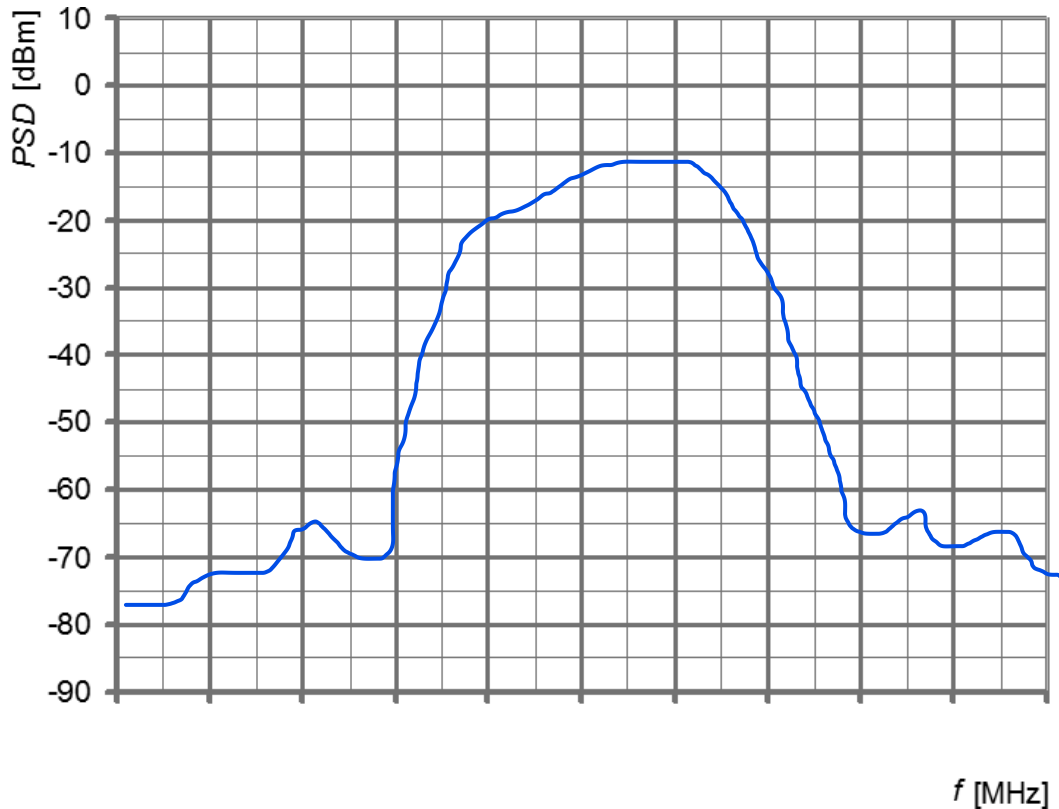
Postup měření:

- Nastavte spektrální analyzátor (stejný režim jako v kapitole 2.1) – úvodní inicializace [PRESET], [AMPT]  $\rightarrow$  <REF LEVEL>  $\rightarrow$  +5 dBm, spektrum signálu ve středu displeje, [FREQ]  $\rightarrow$   $f_{\text{cnom}}$  (dle použitého kanálu). Nastavte [SPAN] na 55 MHz.
- Pokud je na osciloskopu vidět zasynchronizovaný impuls z diodového detektoru, je zajištěn signál pro externí synchronizaci spektrálního analyzátoru.
- Na spektrálním analyzátoru nastavte externí synchronizaci, [TRIG]  $\rightarrow$  <EXTERN>. V tuto chvíli by se vše mělo začít chovat stejně jako při synchronizaci na výkon v mf části spektrálního analyzátoru. Nevýhodou však je, že spektrální analyzátor měří i v době, kdy AP nevysílá – doba rozmítání spektrálního analyzátoru je větší než délka signálu BEACON. Činnost spektrálního analyzátoru v režimu externího spouštění nejlépe ozřejmí volba doby rozmítání 200 ms – vyzkoušejte [SWEEP]  $\rightarrow$  <SWEPTIME MANUAL>  $\rightarrow$  200 ms. Poté aktivujte automatickou volbu nastavení doby rozmítání [SWEEP]  $\rightarrow$  <SWEPTIME AUTO>.
- Signál je třeba zpracovávat pouze v okamžiku, kdy AP vysílá. K tomu použijeme funkce *hradlování v čase* (Time-Gating Measurement), volte [TRIG]  $\rightarrow$  <GATED TRIGGER>. V menu <GATE SETTINGS> nastavte markery GD (<GATE DELAY>) a GL (<GATE LENGTH>) tak, aby vhodně ohraničovaly vnitřní část signálu BEACON (např. GD= 2  $\mu\text{s}$ , GL= 900  $\mu\text{s}$ ).
- Nyní stiskem tlačítka [FREQ] přepneme spektrální analyzátor zpět do režimu zobrazování spektra. Nastavte šířku rozlišovacího filtru na 500 kHz, [BW]  $\rightarrow$  <RES BW MANUAL>  $\rightarrow$  500 kHz. Nastavte šířku video filtru na 100 kHz, [BW]  $\rightarrow$  <VIDEO BW MANUAL>  $\rightarrow$  100 kHz. Pokud není zobrazené spektrum stabilní, zkuste použít opět synchronizaci podle výkonu signálu na mezifrekvenčním kmitočtu namísto externí synchronizace [TRIG]  $\rightarrow$  <IF POWER> (jiné parametry neměňte). Pro korektní měření výkonu je třeba nastavit typ detektoru na RMS, [TRACE]  $\rightarrow$

<DETECTOR> → <DETECTOR RMS>. Pozorované spektrum by mělo odpovídat přibližně tvaru funkce „ $\sin(x)/x$ “.



Do obr. 5 zakreslete změřenou spektrální výkonovou hustotu a dokreslete do grafu spektrální masku podle IEEE802.11. Posuďte, zda spektrum vyhovuje masce.



Obrázek 5. Spektrální výkonová hustota signálu a spektrální maska



Změřte šířku pásma pro 90 % ( $B_{90}$ ) a 99 % ( $B_{99}$ ) výkonu signálu. Využijte funkci [MEAS] → <OCCUPIED BANDWIDTH> → <% POWER BANDWIDTH> → ...%.

Tabulka 3:


Šířka pásma pro 90 % výkonu	$B_{90} =$	11	MHz
Šířka pásma pro 99 % výkonu	$B_{99} =$	16	MHz

Změřte střední výkon signálu  $P_{avg}$  v kmitočtové oblasti. Výkon měřte pro všechna nastavení výkonu na AP prostřednictvím webového rozhraní, na záložce *Wireless – Advanced Wireless Settings – Transmission Power*. Nastavujte hodnoty výkonu pro správný mód – *Wireless B/G*. K přístupu do webového rozhraní AP lze využít právě Wi-Fi síť poskytnutou měřeným AP – je nazvána “wlan-g”. Ve vlastnostech Wi-Fi adaptéru v PC jsou nastaveny staticky IP adresa, maska a výchozí brána (např.: 192.168.1.100, 255.255.255.0, 192.168.1.250). Po změně výkonu se AP restartuje (restart trvá cca půl minuty), po kterém je (obvykle) potřeba přihlašovat PC do Wi-Fi sítě opakovaně. Pro přístup použijte:

Adresa: http://192.168.1.250      Uživatel: – (nevyplněno)      Heslo: admin

Postup měření:



- (i) Pro korektní měření výkonu je třeba nastavit typ detektoru na RMS, [TRACE] → <DETECTOR> → <DETECTOR RMS>.
- (ii) Měření středního výkonu proved'te volbou [MEAS] → <CHAN PWR ACP> → <CP/ACP-CONFIG> a nastavte vhodnou šířku pásma pro měření <CHANNEL BANDWIDTH> (postačí první lalok spektrální výkonové hustoty, tj. 22 MHz). Červené kurzory označují kmitočtové pásmo, v němž je výkon měřen. Hodnota výkonu je indikována v dolní polovině displeje.
-  Zapište si do tabulky naměřené hodnoty výkonu pro všechna nastavení výkonu AP. Skutečnou hodnotu výkonu získáme po korekci útlumu trasy mezi AP a vstupem spektrálního analyzátoru. Útlumy použitých prvků jsou následující: krátký propojovací kabel K1 mezi AP a rozbočovačem T 0,5 dB, rozbočovač T 6 dB, kabel K2 mezi rozbočovačem T a spektrálním analyzátozem 0,5 dB, zeslabovací člen A1 10 dB, oddělovač stejnosměrné složky 0,6 dB, tj. celkem útlum +17,6 dB.

Tabulka 4:


Nominální výkon	Naměřený výkon $P_m$ [dBm]	Korigovaný výkon $P_k$ [dBm]
Full	1.55	19.15
Half (−3 dB)	-2.3	15.3
Quarter (−6 dB)	-5.9	11.7
Eighth (−9 dB)	-8.9	8.7
Minimum	-16.5	1.1

## 2.4 Měření vysílače v modulační oblasti

V režimu vektorové signálové analýzy (VSA) a po nastavení předpokládaných parametrů modulace (střední kmitočet, typ modulace, symbolová rychlost) proved'te analýzu signálu.

Postup:

- (i) Spektrální analyzátor přepněte do režimu *vektorového signálového analyzátoru* tlačítkem <VSA> v dolní části displeje.
- (ii) Nastavte šířku rozlišovacího filtru na 50 MHz, [BW] → ...
- (iii) Pro správné dekódování je třeba opět měření synchronizovat, [TRIG] → <EXTERN>.
- (iv) Přejděte do hlavního menu signálové analýzy (<HOME VSA>) a nastavte symbolovou rychlost, <MODULATION SETTING> → <SYM RATE> → ... správnou hodnotu (dle domácí přípravy).
- (v) Nastavte správný typ modulačního formátu, <MODULATION & MAPPING> → <PSK/BPSK/NATURAL>.
- (vi) Jako modulační filtr <MODULATION FILTER> vyberte RRC s koeficientem  $\alpha/BT = 1.0$  – <ALPHA/BT>. Pozn.: Filtrovat „roll-off“ filtrem musíme, jinak bude signál filtrován pouze rozlišovacím filtrem 50 MHz a filtrem v AP – jejichž kombinace nemusí mít odezvu s nulovou intersymbolovou interferencí. Na displeji by měl být konstelační diagram, údaje o modulačních parametrech a dekódovaná data.

-  Prohlédněte si dekódovaná data – měla by v nich být patrná Barkerova posloupnost v přímé (10110111000) i invertované (01001000111) podobě podle zdrojových dat. Zapište si hodnoty následujících parametrů modulace:

Tabulka 5:


Velikost chybového vektoru ( <i>Error Vector Magnitude, EVM</i> )	$EVM = 2.9$	%
Velikost chybového vektoru – špičk. hodnota ( <i>EVM peak</i> )	$EVM_{peak} = 6.9$	%
Chyba amplitudy ( <i>Magnitude Error, ME</i> )	$ME = 2.6$	%
Chyba amplitudy – špičk. hodnota ( <i>ME peak</i> )	$ME_{peak} = 6.8$	%
Chyba fáze ( <i>Phase Error, PE</i> )	$PE = 0.72$	deg
Chyba fáze – špičk. hodnota ( <i>PE peak</i> )	$PE_{peak} = -2.4$	deg
Ofset nosné frekvence ( <i>Carrier Frequency Error</i> )	$FE = -6.25$	kHz
Potlačení nosné vlny ( <i>Origin Offset</i> )	$CS = -20.15$	dB
Střední výkon ( <i>Mean Power, MP</i> )	$P_m = -17.15$	dBm
Střední výkon – špičk. hodnota ( <i>MP peak</i> )	$P_{m,peak} = -14.61$	dBm
Odstup signál-šum ( <i>Signal-to-Noise Ratio</i> )	$SNR = -30.81$	dB

## 2.5 Dekódování vysílaných dat (nepovinné)

Ze spektrálního analyzátoru nahrajte pomocí PC a skriptu v Matlabu dostatečně dlouhou sekvenci vzorků I a Q složek signálu a signál analyzujte.

Postup:

- Analyzátor je třeba nejprve přepnout zpět do módu spektrální analýzy (opustit VSA mód), ostatní nastavení ponechte. Střední kmitočet zobrazení musí odpovídat nominálnímu nosnému kmitočtu  $f_{cnom}$ .
- V příkazovém okně Matlabu načtěte do pole nazvaného `a` sekvenci vzorků IQ složek s pomocí připravené funkce: `a = fsqgetiq(44e6, 50e6, 1e6);`, kde jsou vzorkovací frekvence 44 MHz, rozlišovací filtr 50 MHz, 1000000 vzorků složek I a Q.
- Uložte v Matlabu navzorkovaná data do souboru: `save a;`
- Zkontrolujte přítomnost signálu BEACON v poli `a` zachycených vzorků signálu: `plot(abs(a));`
- Pomocí matlabovského skriptu `wlan80211b1m.m` změřte parametry signálu BEACON a dekódujte vysílaná data.

-  Prohlédněte si grafické výstupy, měřené hodnoty a dekódovaná data.