

# **Vyhledávání odposlechových prostředků s využitím detektoru nelineárních přechodů**

Search of tapping devices using non-linear  
junction detector

Martin Rejdík

---

Bakalářská práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin REJDÍK**  
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Vyhledávání odposlechových prostředků s využitím detektoru nelineárních přechodů**

Zásady pro vypracování:

1. Rozeberte podrobně fyzikální princip a technické parametry nelineárního detektoru přechodů NJD
2. Vypracujte metodiku použití NJD při obranně technické prohlídce.
3. Na dostupném NJD proveďte vyhledání ukrytého odposlechového prostředku
4. Srovnejte dosažené výsledky vyhledávání ukrytých radiomikrofonů pomocí NJD a pomocí radiového zaměrování

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ŽALUD, V. Moderní radioelektronika. 1. vyd. Praha: BEN, 2000. ISBN 80-86056-47-3.
2. SEDLÁK, B. ŠTOLL, I. Elektřina a magnetismus. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-1004-1. 632 stran.
3. Introduction into theory of direction finding. Převzato z katalogu Rohde-Schwarz Radiomonitoring a Radiolocation 2007/2008. Munich, 2007. 235 s. strany 60-83.
4. NR-900EMS uživatelský manuál pro detektor nelineárních přechodů. STT group. Moskva.
5. LAUCKÝ, V. Speciální bezpečnostní technologie. 1.vyd. Zlín: UTB, 2009. ISBN 978-80-7318-762-0. 223 stran.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Goňa, Ph.D.**  
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2010**

Ve Zlíně dne 19. února 2010



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je seznámení s fyzikálními principy detektoru nelineárních přechodů, technickými parametry a metodikou použití při obranně technických prohlídkách.

Ve druhé části popisují praktické vyhledání odposlechu pomocí detektoru nelineárních přechodů a srovnání metody s metodou pomocí radiového zaměřování.

**Klíčová slova:** Odposlechový prostředek, ochrana proti odposlechu, obranně technická prohlídka, detektor nelineárních přechodů

## **ABSTRACT**

The purpose of this work is familiarization with physical principles of non-linear junction detector, technical specifications and methodics of usage during defence technical inspections.

Second part is describing practical search of tapping device with using non-linear junction detector and comparing the method with method of radio direction finding.

**Keywords:** tapping device, defence against tapping, defense technical inspection, non-linear junction detector

*„Když rozum nad něčím zůstane stát, o to rychleji se pak rozběhne. Rozum, který zůstane stát, je v pořádku. Nesmí si sednout. „*

*Jan Werich*

*Chtěl bych poděkovat panu Ing. Stanislavu Goňovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné rady vedoucí k vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě PROkontakt, s.r.o, že mi zapůjčili Detektor nelineárních přechodů a taktéž bych rád poděkoval rodině, přítelkyni a kamarádům za podporu a pomoc při studiu a při vypracování této práce.*

*DĚKUJI*

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo –bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....

diplomanta

.....

podpis

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>1 FYZIKÁLNÍ PRINCIP.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚNÍ.....</b>	<b>13</b>
1.1.1 VZNIK ELEKTROMAGNETICKÉHO VLNĚNÍ.....	13
1.1.1 ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚNÍ V SOUVISLOSTI S NLJD.....	14
<b>1.2 CHARAKTERISTIKA POLOVODIČŮ.....</b>	<b>16</b>
1.2.1 POLOVODIČOVÉ MATERIÁLY.....	16
1.2.2 NEVLASTNÍ VODIVOST TYPY P A N.....	16
1.2.3 PN PŘECHOD.....	17
1.2.4 POLOVODIČOVÉ SOUČÁSTKY.....	18
<b>1.3 SYSTÉMOVÁ ROZVAHA APLIKOVANÁ NA NR-900EMS ..</b>	<b>19</b>
1.3.1 POPIS DETEKTORU .....	19
1.3.2 PRINCIP DETEKCE.....	20
1.3.3 VÝPOČET ZESÍLENÍ A ÚTLUMU OBECNĚ.....	20
1.3.4 BLOKOVÉ SCHÉMA NLJD A VÝKONOVÉ POMĚRY.....	21
1.3.5 ŠUM NA VSTUPU PŘÍJMAČE.....	23
1.3.6 ODSUP SIGNÁL/ŠUM NA VÝSTUPU PŘÍJMAČE.....	23
1.3.7 VZDÁLENOST MĚŘENÍ.....	23
<b>2 TECHNICKÉ PARAMETRY NLJD.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY NLJD.....</b>	<b>25</b>
2.1.1 PRACOVNÍ FREKVENCE.....	25
2.1.2 VYZÁŘENÝ VÝKON.....	26
2.1.3 ZPŮSOB VYZAŘOVÁNÍ.....	27
2.1.4 CITLIVOST .....	27
2.1.5 DETEKČNÍ VZDÁLENOST.....	27
2.1.6 POLARIZACE ANTÉNY.....	28
<b>2.2 NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ TYPY DETEKTORŮ .....</b>	<b>28</b>
2.2.1 DETEKTOR NR-900EMS .....	28
2.2.2 NJE4000 ORION.....	29
2.2.3 HAWK XD <sub>1</sub> .....	30
2.2.4 RUČNÍ DETEKTOR KOVŮ A NELINEARIT BUKLET MD.....	31
2.2.5 DALŠÍ POUŽÍVANÉ PŘÍSTROJE NA TRHU.....	32
<b>3 METODIKA POUŽITÍ NLJD PŘI OTP.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 OBRANĚ TECHNICKÁ PROHLÍDKA OTP.....</b>	<b>33</b>

<b>3.2</b>	<b>METODY VYUŽÍVANÉ PŘI OTP.....</b>	<b>33</b>
3.2.1	KONTROLA RADIOVÉHO SPEKTRA.....	33
3.2.2	KONTROLA METALICKÝCH VEDENÍ.....	34
3.2.3	POUŽITÍ DETEKTORU VYSOKOFREKVENČNÍHO POLE .....	34
3.2.4	DETEKCE NELINEÁRNÍCH PŘECHODŮ.....	34
3.2.5	TECHNICKÁ A SYSTÉMOVÁ OPATŘENÍ K OCHRANĚ „VYČIŠTĚNÝCH“ PROSTOR .....	34
<b>3.3</b>	<b>VYUŽÍVÁNÍ DETEKTORU NELINEÁRNÍCH PŘECHODŮ PŘI OTP.....</b>	<b>35</b>
3.3.1	MOŽNOSTI DETEKTORU .....	35
3.3.2	METODIKA POUŽITÍ NLJD PŘI OTP.....	36
3.3.3	ROZLIŠENÍ MEZI NELINEÁRNÍM PN PŘECHODEM A NELINEÁRNÍM PŘECHODEM ZKORODOVANÝCH KOVŮ.....	37
3.3.4	DALŠÍ VYUŽITÍ DETEKTORŮ NELINEÁRNÍCH PŘECHODŮ.....	39
<b>4</b>	<b>VYHLEDÁNÍ ODPOSLECHOVÉHO PROSTŘEDKU A DALŠÍ MĚŘENÍ.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>NASTAVENÍ DETEKTORU.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>MĚŘÍCÍ ROZHRANÍ.....</b>	<b>41</b>
<b>4.</b>	<b>3DETEKCE POLOVODIČOVÝCH SOUČÁSTEK.....</b>	<b>42</b>
4.3.1	DIODA 1N4002.....	43
4.3.2	DIODA BA159.....	43
4.3.3	TRANZISTOR J-FET V KOVOVÉM POUZDŘE .....	45
<b>4.4</b>	<b>DETEKCE A VYHLEDÁNÍ ODPOSLECHU POMOCÍ MLJD.....</b>	<b>47</b>
4.4.1	VYHLEDÁNÍ ODPOSLECHOVÉHO PROSTŘEDKU.....	48
4.4.2	MĚŘENÍ INTENZITY 2. HARMONICKÉ U RADIO-MIKRONU RM-M3.....	49
4.4.3	SHRnutí MĚŘENÍ POMOCÍ NLJD.....	50
<b>5</b>	<b>METODA RADIOVÉHO ZAMĚŘOVÁNÍ.....</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>TEORIE.....</b>	<b>51</b>
<b>5.2</b>	<b>VYHLEDÁNÍ RADIO-MIKROFONU RM-M3 METODOU RADIOVÉHO ZAMĚŘOVÁNÍ.....</b>	<b>51</b>
<b>5.3</b>	<b>VYHLEDÁNÍ DIGITÁLNÍHO RADIO-MIKROFONU METODOU RADIOVÉHO ZAMĚŘOVÁNÍ.....</b>	<b>53</b>
<b>5.4</b>	<b>SROVNÁNÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ VYHLEDÁVÁNÍ RADIO-MIKROFONŮ POMOCÍ NLJD A POMOCÍ RADIOVÉHO ZAMĚŘOVÁNÍ.....</b>	<b>53</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>55</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>58</b>



SEZNAM OBRÁZKŮ.....	59
SEZNAM TABULEK.....	61

## ÚVOD

Informace mají v dnešní době velmi vysokou hodnotu. Jejich ochrana proti nezákonným zpravodajským praktikám se stává stále důležitější. Obzvláště na poli tržního hospodářství, kde spolu neustále všemožně soupeří podniky, pomocí nižších cen, obchodních a marketingových strategií a snaze dozvědět se o své konkurenci možná co nejvíce. Často jsou ochotní jít až za hranice zákona a za pomoci zpravodajské techniky se dozvědět klíčové informace o konkurenci.

Jednou z možností, jak se bránit a chránit své informace, je provádět pravidelné prohlídky prostor, ve kterých je riziko vyzaření strategických informací podniku. Jedná se o prohlídky kanceláří, jednacích místností, obytných prostor, vozidel a jiných míst, kde je potencionální hrozba ukrytých zpravodajských prostředků. Obranně technické prohlídky (OTP) mají za úkol veškeré zpravodajské prostředky odhalit. Využívá se speciální techniky v rukou kvalitních specialistů ve svém oboru, kteří OTP provádějí. Jednou z metod využívaných při OTP je nasazení detektoru nelineárních přechodů (NLJD). Tento má nezastupitelné místo při obranně technických prohlídkách. Dokáže odhalit téměř všechny druhy odposlechových prostředků a to jak aktivních tak pasivních.

Cílem mé práce je vytvořit materiál, který bude informovat o možnostech detektoru nelineárních přechodů. V první části se zaměřím na fyzikální princip, na kterém jsou všechny NLJD bez výjimek založeny. Dále se soustředím na technické parametry detektorů a představím nejvíce používané typy. Na závěr teoretické části se pokusím vytvořit metodiku použití detektoru nelineárních přechodů při OTP. V praktické části provedu vyhledání odposlechu pomocí NLJD, vyzkouším reakci detektoru na jednotlivé polovodičové součástky a v závěru srovnám dosažené výsledky s výsledky získanými pomocí radiového zaměrování.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

# 1 FYZIKÁLNÍ PRINCIP

## 1.1 Elektromagnetické vlnění

### 1.1.1 Vznik elektromagnetického vlnění

Elektromagnetické vlnění vzniká za pomoci paralelního kmitavého obvodu, kde dochází k výměně energie střídavě mezi kondenzátorem a cívkou a to téměř beze ztrát.

V tomto rezonančním obvodu je elektrické pole soustředěno hlavně mezi deskami kondenzátoru a magnetické pole je zase v cívce a jejím okolí. Pokud jsou desky kondenzátoru vzdalovány od sebe, začíná se elektrické pole postupně přesouvat do volného prostoru. Z uzavřeného rezonančního L-C obvodu se stává otevřený rezonanční obvod respektive jednoduchý dipól. Dipól znamená otevřený kmitavý obvod. Je-li tento obvod napájen vysokofrekvenčním napětím, volné elektrony v otevřeném rezonančním obvodu se začnou pohybovat v rytmu vysokofrekvenčního napájecího napětí tam a zpět. Ve středu dipólu je největší pohyb elektronů a nejmenší napětí. Magnetické střídavé pole se nám vlivem proudu fázově posune, což zapříčiní, že vektory elektrického a elektromagnetického pole na sebe budou kolmé a budou se měnit s kmitočtem napájecího vysokofrekvenčního napětí (budícího). Když začne kmitočet elektrického střídavého pole narůstat, tedy začne narůstat rychlost změn napětí mezi konci dipólu, začnou se vzdalovat siločáry velkou rychlostí od dipólu. Jakmile je dipól takto moc otevřen, nevrátí se veškerá energie zpět do obvodu, protože vzdálené siločáry jsou již tak daleko, že již nejsou schopny vzájemného působení se vznikajícím magnetickým polem. Elektrické pole se oddělí od antény a zároveň zaniká pole magnetické, které rázem zase vzniká, ale v opačné půlvlně budícího proudu. Také tady se elektrické pole oddělí od antény a přitáhne dříve oddělené pole k sobě. Energie kterou dipól vyzáří do okolí je substituována generátorem, jenž napájí dipól jeho středem. [1]

Takto vzniklá energie v podobě elektromagnetického vlnění má různé vlastnosti šíření a působení na okolí v závislosti na frekvenci. Proto jsou jednotlivé frekvence přesně rozděleny v tabulce radiového frekvenčního spektra. Elektromagnetické vlny jsou pohybující se magnetická a elektrická pole s rovinami kmitů kolmými na sebe i stejnými rychlostmi šíření a to rychlostmi světla jenž je  $c = 300\,000$  km/s. Vzdálenost mezi dvěma

body stejné intenzity elektrického pole, či stejné indukce magnetického pole ve směru šíření vln se nazývá vlnová délka  $\lambda$ . Ze zjištěných skutečností můžeme definovat závislost vlnové délky na frekvenci.[1]

$$\lambda = \frac{c}{f} = m \quad [\lambda] = \frac{\left[\frac{m}{s}\right]}{\left[\frac{1}{s}\right]} = [m] \quad (1)$$

### 1.1.1 Elektromagnetické vlnění v souvislosti s NLJD

Detektor nelineárních přechodů využívá radiového frekvenčního spektra v rozmezí ultra vysokých (UHF) až mikrovlnných frekvencí. Přesné vymezení frekvencí využívaných u dnes nejpoužívanějších NLJD by jsem rozdělil v následující tabulce 1.1.

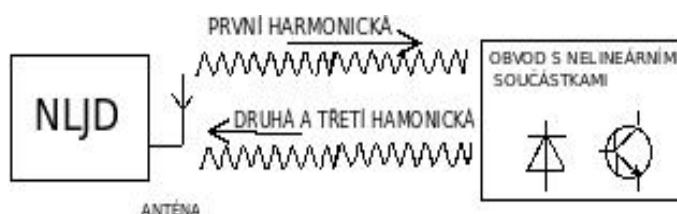
	Vysílač [MHz]	Přijímač [MHz]	
		1.harmonická	2.harmonická
Harmonické frekvence	1.harmonická	2.harmonická	3.harmonická
ORION NJE-4000	850 - 1005	1700 - 2010	2550 - 3015
HAWK XDI	869-916	1738 -1832	2067 - 2748
KATRAN NLJD	890 - 895	1780 - 1790	2670 - 2685
NR-900EMS	848	1696	2544
LORGNETTE NLJD	880-906	1760 - 1812	2640 - 2718
LORGNETTE 24	2400 - 2483	4800 - 4966	7200 - 7449
LORGNETTE 36	3580-3620	7160-7240	10740-10860
LUX NLJD915 MHz	915	1830	2745
SUPERBROOM ADVANCED	888,5	1777	2665,5
LOCATOR XD	869-916	1738 - 1832	2607 - 2748

Tab. 1.1: přehled pracovních frekvencí jednotlivých NLJD

Anténa NLJD ovšem není jako klasická anténa. Vyzařuje sice elektromagnetické pole ale toto pole úplný charakter vlnění nemá. Jedná se spíše o blízké induktivní pole smyčkové

antény, kde dochází i k induktivní vazbě mezi smyčkou a obvodem. Vlnění zde tedy nemá čistě elektromagnetický charakter, protože se zde vyskytují i nezanedbatelné složky siločár jako mezi primárním a sekundárním vinutím.

NLJD vysílá harmonickou frekvenci sinusového napětí s definovanou frekvencí  $f$ . Jakmile vyslaná 1. harmonická frekvence  $1F$  narazí na součástku s nelineárním průběhem (dioda, tranzistor), způsobí, že se na PN přechodu polovodičové součástky generují vyšší harmonické frekvence které jsou násobky vyslané frekvence  $1F$ . Vznik vyšších harmonických frekvencí spočívá v tom, že se  $1F$  indukuje na plošném spoji nebo kontaktech polovodičové součástky, které v tomto případě slouží jako anténa. Jakmile elektromagnetické vlnění  $1F$  narazí na součástku s nelineárním průběhem, například PN přechod polovodičové diody, součástka má impedanci která  $1f_A$  pohltí a pouze malá část z pohlcené první harmonické se přemění do harmonické oscilace a zbytek pohlcené energie poslouží jako zdroj energie k vyzáření energie do okolí, což vede ke vzniku vyšších harmonických frekvencí, které jsou násobky  $1F$ . Tyto násobky označíme jako  $2F$ ,  $3F$ ,  $4F$  až  $nF$ . U PN přechodů je nejvíce charakteristickou vlastností která nás zajímá, že se na něm přeměňuje hlavně druhá harmonická frekvence  $2F$ , která má ze všech vyšších harmonických frekvencí nejsilnější signál. U nepřímě se dotýkajících kovů mohou taktéž vzniknout vyšší harmonické frekvence, zde však dominuje spíše  $3F$  a další vyšší harmonické, což nám později umožňuje rozlišit zda se jedná o polovodič či falešný přechod. Vyzářená druhá a třetí harmonická frekvence se šíří do všech stran a to i směrem zpět k NLJD kde jsou zachyceny a zpracovány. Zjednodušený princip vyhledávání polovodičů můžeme vidět na obrázku 1.1.



Obr. 1.1: Využití vlnění k detekci

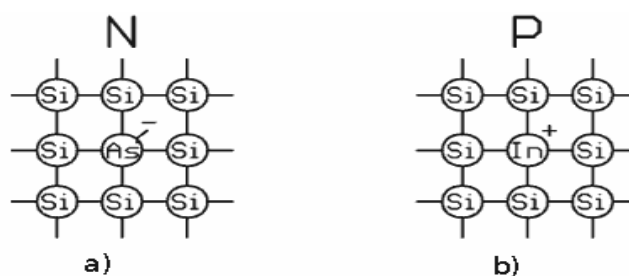
## 1.2 charakteristika polovodičů

### 1.2.1 Polovodičové materiály

Polovodičové materiály, jak název napovídá, mají tu vlastnost, že jejich měrný odpor se pohybuje někde mezi odporem vodičů (kovů) a nevodičů (izolantů). Jejich vodivost lze ovšem ovlivnit pokud do nich přidáme stopové prvky (velmi malé množství příměsí). Taktéž je můžeme ovlivňovat jinými vlivy jako elektrickým polem, magnetickým polem nebo světlem. Polovodičové materiály jsou zařazeny ve čtvrté skupině prvků Mendělejevovy soustavy. Jsou to křemík, germanium, cín a olovo. Nejpoužívanější materiály k výrobě polovodičů jsou ale hlavně křemík, germanium a při některých specifických požadavcích olovo. Tyto materiály se ovšem v jejich čisté formy příliš nevyužívají a je potřeba do nich přidat jisté množství příměsí (většinou v poměru jednoho atomu příměsí na několik miliónů atomů základního prvku). Přidání příměsí jako fosforu či hliníku způsobí že stoupne mnohonásobně jejich vodivost kterou nazýváme nevlastní vodivostí.[1]

### 1.2.2 Nevlastní vodivost typu P a N

Polovodič typu N (obr. 1.2a) je vytvořen tak že v čistém krystalu čtyřmocného prvku (křemíku nebo germánia) nahradíme některé jeho atomy 5ti mocným prvkem ( fosfor, arsen, antimon). Atom 5ti mocného prvku je tak v krystalové mřížce 4 mocného prvku, vytvoří se tedy 4 chemické vazby k vazbám se sousedními molekulami a pátý elektron který se vazby neúčastní je přitahován velmi malou silou pouze ke svému jádru. Vodivost typu N tedy se popisuje jako vodivost s převahou elektronů, kterým stačí k odtržení od svého jádra energie v řádu několik setin voltu. Elektrony jsou tedy za běžného stavu od jádra odtrženy a to vlivem teploty či různých druhů záření v okolí polovodiče které tuto energii vyvinou. Elektrony se tedy volně pohybují polovodičem ale navenek se látka chová jak neutrální, protože po odtržení z krystalové mřížky za sebou nechají kladné ionty(anionty) které jsou pevně vázány ke krystalové mřížce a nemohou tedy přenášet náboj. [1]

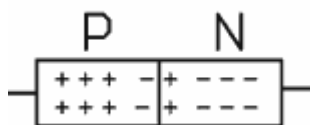


Obr. 1.2: nevlastní vodivost N a P

Polovodič typu P (obr. 1.2b) je vytvořen obdobně. Do čistého čtyřmocného prvku tentokrát přidáme 3 mocný prvek (Bor, Hliník, Galium, Indium). Ve čtyřmocné krystalové mřížce nám najednou po nahrazení některých atomů základního prvku atomy 3 mocného bude chybět jeden elektron k tomu aby nám vznikla nasycená kovalentní vazba ze 4 dvojic elektronů. Volné místo ve vazbě se chová jako kladný náboj který se může pohybovat v látce a říkáme mu díra. I zde ionty nejsou schopny přenosu proudu kvůli vazbám ke krystalové mřížce.

### 1.2.3 PN přechod

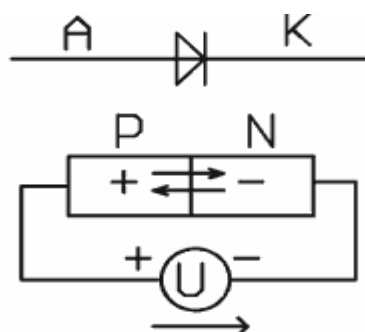
PN přechod je spojení polovodiče typu P a N dohromady. Jedná se vlastně o diodu a jejíž základní vlastností je, že propouští proud pouze v jednom směru. Pokud PN přechod není napájen, na hranici prvků P a N dochází k rekombinaci volných děr a elektronů (difundují), čímž se vytvoří potenciálová vrstva která brání průtoku proudu (obr.1.3). Tato vrstva se také nazývá nelineární přechod.



Obr. 1.3: PN difuze

Když přivedeme na diodu napětí v kladném směru ( na anodu P kladné a katodu N záporné) potenciálová vrstva se zruší a diodou začne protékat proud (obr. 1.4) Záporné nosiče náboj přitahuje záporné napětí a kladné nosiče napětí záporné. Pokud přehodíme polaritu vznikne v diodě vyprázdňená vrstva což zamezí průchodu proudu- dioda je v závěrném směru.





Obr. 1.4: propustný směr

### 1.2.4 Polovodičové součástky

Pro potřeby vyhledávání polovodičů pomocí NLJD se nemusíme podrobně zabývat charakteristickými vlastnostmi jednotlivých polovodičových součástek, proto se seznámíme pouze s výčtem těchto součástek. Při vyhledávání pomocí NLJD jsme schopni nalézt polovodičovou součástku která obsahuje již jeden PN přechod a další a složitější součástky mají PN přechodů více což znamená že by neměl být problém je taktéž odhalit.

Polovodičové součástky můžeme rozdělit na součástky

- Klasické - většinou se jedná o součástky ve velikostech 0,5-2cm. Mají i větší plochu PN přechodu což znamená že je budeme schopni lépe nalézt protože dokážou dokážou pojmout a vyzářit větší množství harmonického vlnění
- SMD – miniaturní součástky o velikostech 2-4 mm vzhledem k velikosti PN přechodů bude i složitější o něco složitější je detekovat. V dnešní době se v sériově vyráběné elektronice využívají především SMD součástky.

#### Druhy součástek:

- **Diody** - plošná dioda, hrotové diody (germaniové, s přivařeným zlatým hrotem), Zenerova dioda, Kapacitní dioda, Schottkyho dioda, dioda PIN, tunelová dioda, Gunnova dioda
- **Bipolární tranzistory** - Slitinový tranzistor, slitinově difuzní tranzistor, tranzistor mesa, Difúzně epitaxní tranzistor, Epitaxně planární tranzistor
- **Tranzistory řízené elektrickým polem** – JFET, MISFET, MESFET, MOSFET, NMOS, PMOS, CMOS, ..., Vsměs se jedná o součástky SMD.

- **Polovodičové několikvrstvé spínací součástky** – Diak, Tyristor, Triak, Varistor
- **Součástky řízené neelektrickými veličinami** – Termistor, Pozistor, Fotorezistor, Fotodioda, Lavinová fotodioda, Fototranzistor, Fototyristor, Optron, Magnetorezistor, Hallův článek

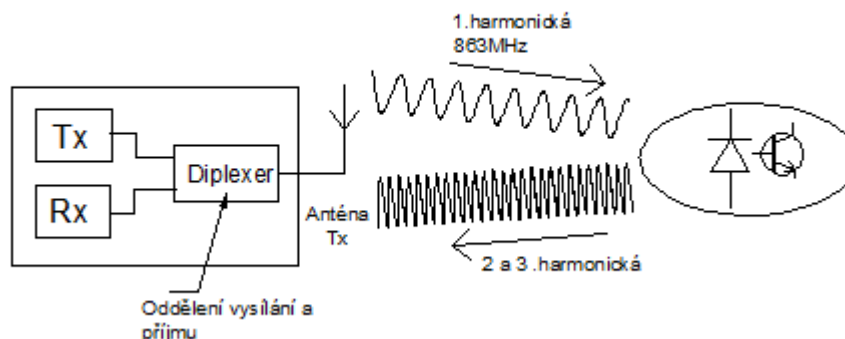
### 1.3 Systémová rozvaha aplikovaná na NR-900EMS

Výstupem této podkapitoly bude pochopit z jakých jednotlivých částí se detektor nelineárních přechodů skládá, vytvořit předpoklad na jeho výkonové požadavky a ztráty na jednotlivých blocích.

#### 1.3.1 Popis detektoru

Základními prvky detektoru nelineárních přechodů můžeme vidět na obr. 1.4 a jsou to:

- vysílací část Tx (transceiver) generuje vysílací frekvenci 863MHz ( 1.harmonická)
- přijímací část Rx (receiver) přijímá 2. a 3. harmonické frekvence které dále filtruje, moduluje, zpracovává, zobrazuje na display a připravuje pro audio poslech dílčích frekvencí.
- Diplexer slouží k oddělení signálu vysílací a přijímací části což nám umožňuje používat jednu anténu jak pro vysílání tak pro příjem
- Anténa Tx má u detektoru NR-900EMS kruhovou polarizaci. Ostatně dnes nejpoužívanější NLJD používají většinou antény s kruhovou polarizací, kde může být buď pravotočivá, nebo levotočivá. Výhodou může být že se dá anténa přesně směřovat na dané místo které chceme prozkoumat. Vlnění má spirálovitý tvar, otáčí se kolem své osy. Když se se kruhově polarizované vlnění odrazí, změní se i rotace opačným směrem, což dopomáhá k odstranění rušivých signálů které se v prostoru vícekrát odrazily. Anténa tak může přijímat signály které jdou přímou cestou a jsou dvakrát odražené ale ty již mají nižší úroveň signálu a můžeme je tedy rozpoznat.



Obr. 1.5: popis detektoru a detekce

### 1.3.2 Princip detekce

Vysílací část vytváří pulzní signál o frekvenci 863 MHz, který je vyslán anténou do prostoru. Vyslané první harmonické se po odrazu od polovodiče nebo kovu změní frekvence. Po odrazu od polovodiče se přemění na 2. harmonickou (1726 MHz). Po odrazu od kovu na 3. harmonickou (2589 MHz). Příjemací část filtruje veškeré přijímané signály a čeká až anténa zachytí 2. nebo 3. harmonické frekvence. Tyto jsou po zachycení přijímací části dále zpracovávány. Výstupem jsou potom hodnoty úrovně signálu 2. a 3. harmonické zobrazené na stupnici digitálního displeje a možnost si tyto vyšší harmonické frekvence poslechnout i ve formě audia ve sluchátkách.

### 1.3.3 Výpočet zesílení a útlumu obecně

Při počítání s veličinami jež mají veliký rozsah hodnot (několik řádů), je lepší používat logaritmické měřítko a to hlavně pokud se jedná o bezrozměrné veličiny. Ve sdělovací elektrotechnice a přenosové technice vyjadřujeme logaritmické veličiny převážně v decibelech (dB). Decibel je desetina Belu (B), což je dekadický logaritmus desetinásobného výkonového zesílení. Zesílení potom vypočítáme jako:

$$10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \quad (2)$$

Kde  $P_1$  je vstupní výkon a  $P_2$  výstupní výkon zesilovače.

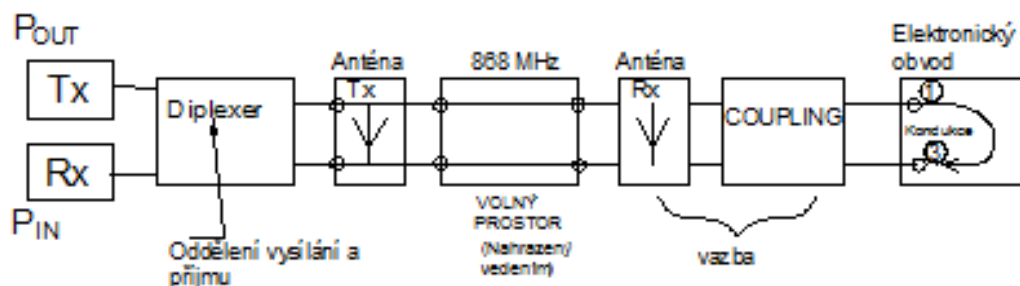
Při počítání zesílení a útlumu v radiotechnice se většinou porovnává napětí, přenášené při stále stejné impedanci vedení a výkon je úměrný druhé mocnině napětí. Matematický zápis by vypadal takto:

$$10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} = 10 \cdot \log \frac{U_1^2/Z}{U_2^2/Z} = 10 \cdot \log \left( \frac{U_1}{U_2} \right)^2 = 20 \cdot \log \frac{U_1}{U_2} \quad (3)$$

Výsledkem vztahu s výkonem a vztahu s napětím je, že například zesílení 6dB bude znamenat že napěťové zesílení je 2 ale výkonové je 4. Útlum můžeme chápat jako zesílení  $< 1$ , potom jeho zápis v dB zapisujeme se zápornou hodnotou

### 1.3.4 Blokové schéma NLJD a výkonové poměry

K demonstraci výkonových ztrát na jednotlivých částech procesu detekce polovodičů použijí blokové schéma kde můžeme vidět dílčí bloky na kterých dochází k útlumu signálu procházejícího jednotlivými bloky.



Obr. 1.6: blokové schéma detekce polovodičů

Popis blokového schématu (obr. 1.4):

- Prvním prvkem je vysílací část **Tx** kde výrobce udává výkon detektoru na výstupu  $P_{OUT} = 0,2W$ . Z výkonu  $P_{OUT}$  vypočítáme útlum signálu na Tx:

$$10 \cdot \log(0,2) = -7dBW \quad (4)$$

- Dále následuje útlum na **diplexeru**, který nám slouží k oddělení výstupního a vstupního signálu. Tento útlum přičítáme ke každému signálu zvlášť.

$$10 \cdot \log(0,5) = -3dB \quad (5)$$

- Ztráty na anténě nemáme žádné  $T_{X_{ANT}} = 0dB$

- Ve **volném prostoru** kterým se vlnění šíří jsou výkonové ztráty signálu závislé na vzdálenosti od obvodu který signál odráží zpět. Zkušebně tedy zvolíme vzdálenost 1 m. Útlum volného prostoru vypočítáme dle vzorce (8):

$$L_{dB} = 10 \log \left( \frac{4\pi}{\lambda} \right)^2 \quad (6)$$

Výpočet útlumu 1. harmonické (848 MHz) ve volném prostoru:

$$R = 1 \text{ m}, \lambda = \frac{300}{f[1\text{h}]} = \frac{300}{f[848]} = 0,3538 \quad L_{dB} = 10 \log \left( \frac{4\pi}{0,3538} \right)^2 = 31 \text{ dB} \quad (7)$$

Výpočet útlumu 2. harmonické (1696 MHz):

$$R = 1 [m], \lambda = \frac{300}{f[1696]} = 0,1769 \quad L_{dB} = 10 \log \left( \frac{4\pi}{0,1769} \right)^2 = 37 \text{ dB} \quad (8)$$

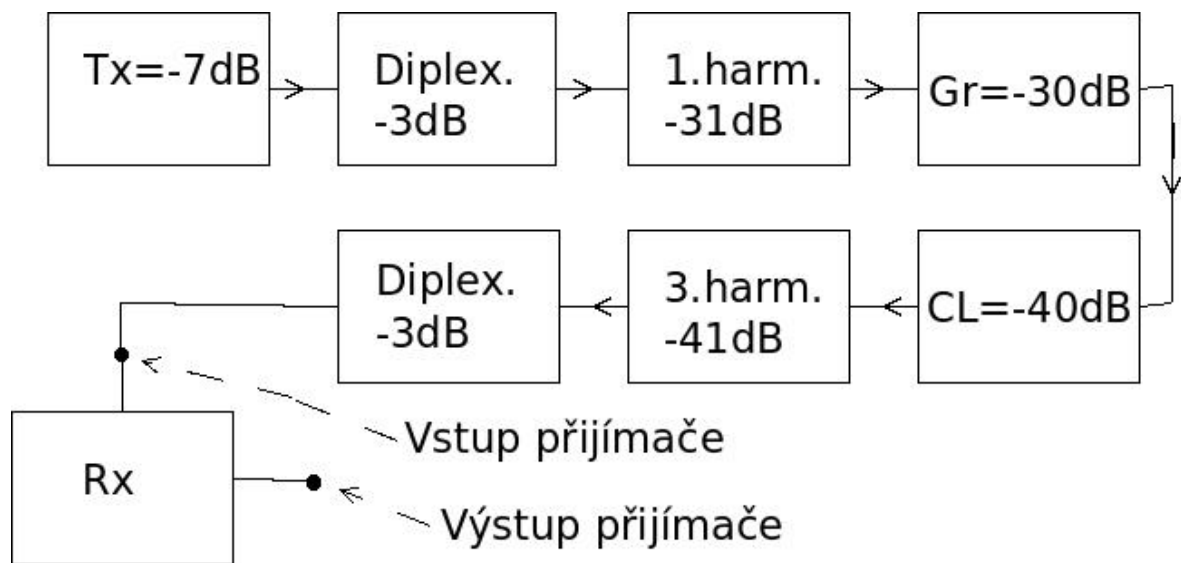
Výpočet útlumu 3. harmonické (2544 MHz):

$$R = 1 [m], \lambda = \frac{300}{f[2544]} = 0,118 \quad L_{dB} = 10 \log \left( \frac{4\pi}{0,118} \right)^2 = 40,6 \text{ dB} \quad (9)$$

Z vyšších harmonických zvolíme tu která má nejvyšší útlum, tedy  $L_{dB} = 40,6 \text{ dB}$

- **Anténu Rx a vazební obvody** v tomto případě nejde rozdělit na anténní a vazební obvod, protože jako anténa se přímo chovají vlastní elektrické obvody (smyčky) v elektrickém zařízení. Zisk přijímací antény závisí na nasměrování vysílací části na elektronický obvod. Není zde tedy pevně daná hodnota zisku a tak jsme zvolili téměř nejhorší možnou variantu . anténa.  $G_{min} = -30 \text{ dB}$ .
- V **elektronickém obvodu** probíhá převod (kmitočtová konverze) z první na druhou nebo třetí harmonickou. Tyto konverzní ztráty jsou  $CL_{MIN} = -40 \text{ dB}$ .

Grafické shrnutí výkonových ztrát:



Obr. 1.7: blokové schéma výkonových ztrát

Specifikace od výrobce nám říká že citlivost přijímače je -150dBW. Citlivost je veličina která udává kolik musíme dát napětí nebo výkonosti na vstup přijímače aby výstup dosáhl požadovaného odstupu signál/šum. Po sečtení jednotlivých výkonových ztrát dostaneme ztrát dostaneme celkový útlum signálu při = -155dBW

### 1.3.5 šum na vstupu přijímače

Šum na vstupu přijímací části vypočítáme podle vzorce (10). K výpočtu budeme potřebovat hodnoty:

- Boltzmannova konstanta –  $h = 1,38 \cdot 10^{-23}$  [J/K]
- Teplota v kelvinech –  $T = 293$  [K] (  $20^\circ\text{C}$  )
- šířku pásma – musíme ji zvolit dle úvahy. Je předpoklad že se zde bude využívat nějaké jednoduché amplitudové modulace které se pohybují v řádu jednotek kHz. Také vezmeme v úvahu že se jedná o akustický modulační kmitočet (v pásmu slyšitelnosti lidským uchem). Můžeme si tedy vybrat v rozmezí 1-20kHz. Zvolíme hodnotu 10Khz.

$$P_N = 10 \log(hTB) = 10 \log(1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 10000) = -164 [dBW] \quad (10)$$

### 1.3.6 Odstup signál/šum na výstupu přijímače

Ke zjištění hodnoty šumu na výstupu přijímací části musíme k šumu na vstupu přičíst šumové číslo  $G=10\text{dB}$  a šumový výkon  $N=10\text{dB}$ . Poté dostaneme úroveň šumu  $P_{N0} = -144\text{dBW}$ .

Hodnota signálu na výstupu po přičtení  $N=10\text{dB}$  bude  $S_0 = -145\text{dBW}$

Hodnoty signál/šum jsou přibližně stejné, můžeme tedy říci že se při vzdálenosti jeden metr od hledaného objektu se pohybujeme na hranici kde ještě můžeme zařízení detekovat. Tento předpoklad je pouze obecný, protože také hodně záleží na to jak a s jakými ztrátami je hledaný předmět schopen přijímat a odrážet signál. Při výpočtu byli taktéž voleny hodnoty s nejhorsími možnými variantami (zisk antény, atd.). V praxi je tedy možné, že detektor bude schopen detekovat polovodiče z mnohem větší vzdálenosti.

### 1.3.7 Vzdálenost měření

Při zmenšení vzdálenosti měření se zvětší odstup signál/šum což zapříčiní že hledané předměty budou lépe zachytitelné. Jako demonstraci zmenšíme vzdálenost měření z  $1\text{[m]}$  na  $0,1\text{[m]}$ . Provedeme přepočítání úrovně signálu při vzdálenosti  $0,1\text{[m]}$ .

$$S_0 = 20\log(10/0,1) = 20\text{dB} \quad (11)$$

Z výpočtu zjistíme že se nám signál dostal o  $20\text{dB}$  nad šum. Signál je tedy velmi dobře zachytitelný.

## 2 TECHNICKÉ PARAMETRY NLJD

Na trhu je více druhů detektorů nelineárních přechodů, jenž se trochu liší způsobem použití. V některých případech se mohou lišit i účelem ke kterému jsou využity. Proto v této kapitole zmíním základní technické parametry které mají detektory vesměs společné. Nebudu zmiňovat všechny technické specifikace ale jen ty které jsou nejpodstatnější a dají se nalézt ve většině dokumentací k detektorům. Představím i na některé konkrétní typy detektorů, které jsou v dnešní době nejvíce využívané.

### 2.1 Základní technické parametry NLJD

#### 2.1.1 Pracovní frekvence

Detektory nelineárních přechodů vysílají frekvence většinou v rozmezí 800-1000 MHz. Frekvence jsou vysílány z vysílací části a většinou se je výrobci snaží volit v takových kmitočtech aby nevznikali interference s mobilními telefony a jinými zařízeními pracujícími na podobných kmitočtech. Detektory můžeme rozdělit na detektory s pevně daným kmitočtem, které k detekci využívají stále stejnou frekvenci. Zde se může vyskytnout problém, že pokud detektor používáme na místě kde pracovní frekvenci našeho detektoru využívá ještě nějaké jiné zařízení, může nám vzniknout interference mezi těmito zařízeními a měřené hodnoty pak mohou být zkreslené nebo nezkutečné. Mohou být rušeny mobilními telefony, rostoucím počtem wifi sítí a dalšími bezdrátovými systémy. Takový problém může nastat převážně ve velkých městech, kde je zvýšená pravděpodobnost výskytu bezdrátových systémů na podobných pracovních frekvencích.

Další skupinou detektorů jsou detektory využívající určitý rozsah frekvencí díky čemu jsou schopné se přeladit na jinou frekvenci v případě že jsou rušeny jiným signálem.. Většinou tyto detektor nabízejí možnost manuálního nebo plně automatického naladění pracovního kmitočtu. Navíc mohou nabízet speciální vyhledávací režimy které si mění frekvence a mohou se tak pokusit rozpoznat falešné PN přechody při různých kmitočtech. Přehled pracovních frekvencí nejpoužívanějších detektorů je v tabulce 1.1 na 11. straně.



### 2.1.2 Vyzářený výkon

Vyzářený výkon se nejčastěji pohybuje od desetin do desítek watt. Je ovšem důležité si uvědomit že detektory s velmi vysokými výkony mohou v krajním případě i zničit velmi citlivou elektroniku a poškodit lidské zdraví (poškození kardiostimulátorů). Tady mám namysli obzvláště některé modely které nabízejí speciální vyhledávací režimy, které vysílají vysoce-výkonové pulsy což má zajistit, že polovodiče budou určitě aktivní, vlnění projde i přes hůře prostupné materiály a také narůstá možnost detekce na větší vzdálenosti. Domnívám se ovšem, že plně aktivní PN přechod nemusí být podmínkou k tomu aby byl detekován.

Pro představu uvedu přehled vlastností vyzářených výkonů v tabulce 1.2

15 - 100 mW	Většinou příliš slabé
100 - 500 mW	Minimální využití - slabé
500mW - 2W	Nejvyužívanější rozsah- ideální pro detekci
2 – 5 W	Většinou se nevyužívá
Nad 5 W	Příliš moc výkonu, může zničit citlivou elektroniku
Nad 300 W	Špatné pro zdraví ale dobré na ohřátí večeře

*Tab. 1.2: přehled vlastností vyzářených výkonů u NLJD*

### 2.1.3 Způsob vyzařování

Detektory také můžeme rozdělit dle způsobu vyzařování. Toto je úzce spojené s výkonem, protože u použití pulsního vyzařování si většinou můžeme dovolit i vyšší výkon.

První skupinou jsou detektory, které vyzařují neustále (CW- continuous wave). U novějších typů se od tohoto způsobu vyzařování spíše upouští, protože nemají takovou výdrž baterie. Jedinou výhodou CW vyzařování je, že mohou dokázat poskytnout kvalitnější poslech modulovaného signálu, proto se dnes některé detektory dělají jak s CW tak pulsním vyzařováním a pokud si chceme poslechnout signály ve sluchátkách, tak se vyzařování přepne z pulsního na CW.

Detektory s pulsní modulací mají hlavní výhodu v tom, že jim vydrží déle baterie, respektive baterie mohou být schované v těle detektoru a nemusíme je mít zavěšené na

rameni, detektor je lehčí, skladnější a mobilnější. Pokud mají dobře vyřešené audio obvody tak u nich už ani není poznat rozdíl při poslechu modulované frekvence oproti detektorům s CW vyzařováním.

#### **2.1.4 citlivost**

Citlivost je veličina která udává kolik musíme dát napětí nebo výkonnosti na vstup přijímače aby výstup dosáhl požadovaného odstupů signál/šum. Je důležité si uvědomit že citlivost přijímací části je stejně tak důležitá jako vysílací výkon. Některá levnější zařízení mohou mít vysoký výkon jen proto aby kompenzovali špatnou citlivost přístroje což vede k tomu že přístroj o nižším vyzařovacím výkonu, ale dobré citlivosti může mít mnohem lepší vyhledávací schopnosti, než přístroj s vysokým výkonem a špatnou citlivostí.

#### **2.1.5 Detekční vzdálenost**

Detekční vzdálenosti jsou u některých přístrojů výrobcem uváděny a u některých ne. Vzdálenost při které je systém schopen detektovat PN přechody závisí na výkonnosti vyzařování z vysílací části, na citlivosti přijímací části a dalších konstrukčních vlivech. U běžných detektorů na vyhledávání odposlechů se tato vzdálenost pohybuje v rozmezí 0,05m – 2m.

#### **2.1.6 Polarizace antény**

U většiny detektorů se dnes používají antény s kruhovou polarizací které mají díky svému tvaru vyzářeného signálu lepší vlastnosti při detekci polovodičů což může v praxi urychlit prohlídku místnosti až o 30%. I přesto se dnes ještě dají sehnat detektory, které kruhovou polarizaci antény nemají.

## **2.2 Nejpoužívanější typy detektorů**

### **2.2.1 Detektor NR-900EMS**

Jedná se o zařízení ruské výroby firmy STT GROUP zabývající se výrobou NLJD již od roku 1992. NR-900EMS je nejnovějším modelem řady NR-900. Je profesionálním zařízením sloužícím k hledání a lokalizaci ilegálně instalovaným operativním prostředkům jako jsou diktafony, radiové odposlechy, skryté kamery, GPS trackery, atd..



Obr. 2.1: detektor NLJD NR-900EMS

Technické specifikace NR-900EMS	
Pracovní frekvence	848MHz
Výkon	nezjištěn
Citlivost přijímače	-150dB
Detekční vzdálenost	do 2m
Způsob vyzařování	pulsně
Váha-modul s baterií	2,2kg
- modul antény	1,5kg
Výstup informace	Display, audio
Doba provozu	8h, 4h v 20k módu

Tab. 2.1: Technické specifikace NR-900EMS

### 2.2.2 NJE4000 ORION

NJE4000 ORION se řadí mezi velmi schopné detektory. Je velmi oblíben profesionály zabývajícími se vyhledáváním odposlechů. Má spoustu funkcí s možnostmi manuálního či automatického nastavování. Je lehký, skladný a snadno přenosný.

Technické výhody:

- automatické frekvenční naladění- dokáže se sám naladit na frekvenční pásmo které je bez interferencí
- používá speciální signálový algoritmus, který dokáže zvýšit citlivost přístroje až o 18dB
- Manuální nebo automatické nastavování výkonu- dokáže automaticky nastavovat výkon v rozmezí od 0,14W do 1,4w v závislosti na síle přijímaného signálu
- možnost připojení k detektoru antény pro vzdálené monitorování -využití při stacionárním použití detektoru například při kontrole osob před vstupem do letadla, při kontrole podezřelých zavazadel.
- K systému dálkového monitorování existuje i počítačový software, který nám umožňuje zařízení sledovat a ovládat na počítači



Obr. 2.2: detektor NJE-4000 ORION

Technické specifikace NJE4000 ORION	
Pracovní frekvence	880-1005MHz
Výkon	1.4w
Citlivost přijímače	-130dB
Detekční vzdálenost	do 2m
Způsob vyzařování	pulsně
Váha-	1,54kg
Výstup informace	Display, Audio - (bezdrátová sluchátka)
Doba provozu na baterii	1h, 1h trvá i baterii nabýt

Tab. 2.2: Technické specifikace NJE-4000 ORION

### 2.2.3 HAWK XDi

Detektor HAWK Xdi používá pokročilé techniky, technologii a algoritmy k detekci min a improvizovaných výbušných zařízení. Využívají jej hlavně pyrotechnici a protiteroristické jednotky. Tento detektor je schopen detekovat elektronické komponenty jako: dálkově ovládané přijímače, mobilní telefony, elektronické časovače, elektronické pojistky a zpoždovače. Toto zařízení je bylo úspěšně nasazeno a využito pyrotechnickými specialisty ve vojenských a protiteroristických operacích v Irsku, Iráku a Afghánistánu.



Obr. 2.3: detektor HAWK XDi

Technické specifikace HAWK XD <sub>i</sub>	
Pracovní frekvence	869-916MHz
Výkon	2mW-2W/ 8W
Citlivost přijímače	-133dB
Detekční vzdálenost	do 1m
Způsob vyzařování	CW (continuous wave)
Váha	4,5kg
Výstup informace	Výklopný display, Audio - (bezdrátová sluchátka)
Doba provozu na baterii	1,5h, 1h trvá baterii nabýt

*Tab. 2.3: Technické specifikace HAWK XD<sub>i</sub>*

#### 2.2.4 Ruční detektor kovů a nelinearit BUKLET MD

Tento detektor je zařízením které umí využívat více metod vyhledávání. Je detektorem kovů i detektorem nelineárních přechodů v jednom. Slouží hlavně k prohledávání osob nebo zavazadel. Detekce kovů a nelinearit může buď probíhat naráz, nebo zvlášť. Výhodou je že vypadá jako běžný detektor kovů a to že vyhledává i nelinearity na něm prohledávaná osoba nepozná.



*Obr. 2.4: detektor BUKLET MD*

Technické specifikace BUKET MD	
Pracovní frekvence	nezjištěno
Výkon	1W $\pm$ 1dB
Detekční vzdálenost det. kovů	10-15cm
Detekční vzdálenost NLJD	10cm
Pracovní frekvence detektoru kovů	93khz
Váha	Méně než 1 Kg
Výstup informace	Led indikace, audio
Doba provozu na baterii	3h,

*Tab. 2.4: Technické specifikace BULET MD*

### 2.2.5 Další používané přístroje na trhu

Pro srovnání jsem uvedl pár základních typů detektorů které se dnes hojně využívají při vyhledávání nelegálně instalované operativní techniky. Kvalitních a hojně využívaných detektorů je ovšem mnohem více . Dále tedy jen vyjmenuji některé další typy detektorů na které jsem narazil při analýze trhu s detektory.

- Řada detektorů LORGNETTE
  - LORGNETTE NLJD
  - LORGNETTE 24 – zajímavostí je že jeho první harmonická frekvence je 2400MHz
  - LORGNETTE 36 – první harmonická frekvence je 3600MHz
- LUX NLJD915 MHz
- SUPERBROOM ADVANCED
- LOCATOR XD
- SUPERBROOM ADVANCED
- KATRAN NLJD

### 3 METODIKA POUŽITÍ NLJD PŘI OTP

#### 3.1 Obranně technická prohlídka OTP

Cílem prohlídky je odhalit veškeré nelegálně instalované operativní prostředky v zájmových prostorách, zjištění bezpečnostních rizik týkajících se úniku informací z objektu a zavedení opatření, která co nejvíce zamezí nelegálnímu nasazení operativních prostředků do chráněných prostor a dalším metodám úniku informací z objektu. V opačném případě stoupá riziko úniku důležitých informací, které mohou být zneužity konkurencí, novináři, zaměstnanci podniku a jinými osobami se zájmem o dění v podniku. Zájmovými prostory u kterých je potřebné provádět v pravidelných intervalech obranně technické prohlídky jsou:

- Jednací místnosti
- Kanceláře vrcholového managementu
- Vozidla
- a jiné prostory kde je potenciální hrozba prozrazení strategických informací o podniku, (obytné prostory)

#### 3.2 Metody využívané při OTP

Při OTP je důležité profesionálně prověřit zájmový prostor a to křížením jednotlivých metod vyhledávání operativních prostředků. Každá z metod vyhledávání má i svá slabá místa, což má za následek, že zrovna ta daná metoda není schopna odhalit ten daný typ odposlechu. Je tedy důležité prověřit prostor všemi dostupnými metodami abychom snížili pravděpodobnost nenalezení odposlechu na minimum. Při OTP používáme minimálně následující metody:

##### 3.2.1 Kontrola radiového spektra

Slouží k odhalení prostředků, které využívají k přenosu informace radiových vln, tedy frekvence v rozmezí desítek kHz až desítek GHz. Kontrolou radiového spektra jsme tedy schopni odhalit zařízení které jsou v době kontroly aktivní. Jedná se o zařízení jako: Radiové mikrofony, video- štěnice, radiové odposlechy klávesnice, atd...



### 3.2.2 Kontrola metalických vedení

Kontrola je zaměřena na důkladnou prohlídku veškerých metalických vedení ústících v zájmovém prostoru. Prohlídka se provádí pomocí **analyzátoru kabelových rozvodů** včetně digitálních kabelových. Součástí kontroly je taktéž fyzická prohlídka všech vypínačů, propojovacích krabic, zásuvek, prodlužovacích kabelů a podobných míst nacházejících se v zájmovém prostoru.

### 3.2.3 Použití detektoru vysokofrekvenčního pole

Metoda slouží k odhalení radiových anomálií (změření síly vyzařování signálu) a následného přesného dohledání aktivních radiových prostředků.

### 3.2.4 Detekce nelineárních přechodů

Slouží k vyhledání všech zařízení vnesených, nebo instalovaných do zájmového prostoru. Tato zařízení mohou být aktivní, pasivní nebo i vypnutá. Touto metodou se podrobněji zabývá kapitola 3.3

### 3.2.5 Technická a systémová opatření k ochraně „vyčištěných“ prostor

Pokud má mít OTP nějaký význam je nutné prověřený prostor chránit proti vnesení, nebo instalaci odposlechového prostředku. Zavádíme tedy potřebná opatření dle charakteru prostoru jako například:

- V prostoru je nainstalován elektronický zabezpečovací systém, který je nastaven tak, že udává prostoru svůj vlastní podsystém. Prostor je tedy v době nepřítomnosti povolaných osob elektronický střežen. Na základě přístupových kódů máme přehled kdo kdy do místnosti vstoupil. Tato nastavení mohou být aplikována i na elektronický přístupový systém. Klíče, nebo přístupové karty mají pouze povolané osoby. Taktéž jsou přesně definována pravidla pro režim vstupu a pobyt cizích osob v místnosti.
- V prostoru je umístěn a odborně nakonfigurován paměťový radiový analyzátor, který je schopen okamžitě upozornit na jakákoli radiové zařízení, které se nově objeví v místnosti a blízkém okolí . Taktéž můžeme v místnosti používat šumový generátor, který zabrání dálkovému odposlechu ze zdí a oken a je schopen i

znemožnit nahrávání rozhovorů v místnosti na diktafon a jiná vnesená aktivní či pasivní zařízení určená pro záznam, nebo přenos zvuku.

- Další specifická opatření závisí na potřebách a požadavcích zadavatele.

### 3.3 Využívání detektoru nelineárních přechodů při OTP

#### 3.3.1 Možnosti detektoru

Detektor nelineárních přechodů má nezastupitelné místo při obraně technických prohlídkách. Jeho předností od ostatních metod je, že dokáže odhalit zařízení, která do okolí nevyzařují žádný radiový signál, což metody zaměřené na radiové frekvenční spektrum nedokážou. Princip spočívá v tom, že NLJD je schopen dle principů popsanych v kapitole 1. detekovat polovodičové součástky jakou je například dioda nebo tranzistor. Doposud nebylo vyrobeno žádné elektronické zpravodajské zařízení, které by v sobě polovodiče neobsahovalo. NLJD můžeme tedy využít tam, kde ostatní metody selhávají.

S detektorem nelineárních přechodů jsme schopni vyhledat například:

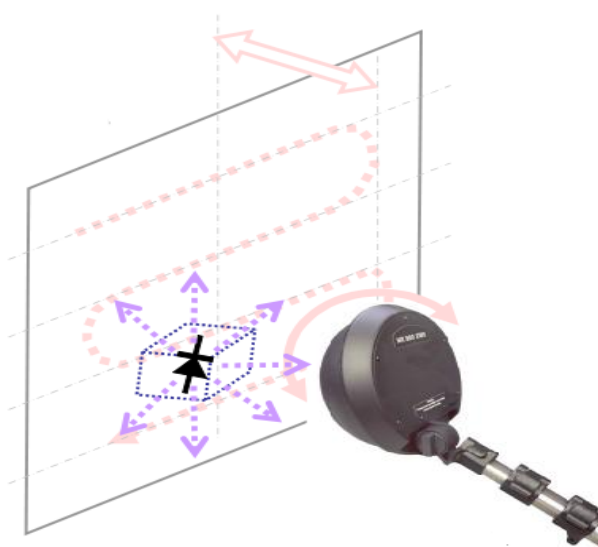
- Aktivní odposlechová zařízení ( bezdrátová)
- Pasivní odposlechová zařízení( drátová)
- Vypnutá odposlechová zařízení
- zničená odposlechová zařízení (např.: shořená)
- vybitá odposlechová zařízení
- skryté kamery
- GPS pagery
- Dálkově ovládané odposlechy
- Zařízení odesílající data v šifrované digitální formě a paketově
- Zařízení napájená z elektrických rozvodů, ukrytá ve stavebních konstrukcích
- mikrovlnné vysílače
- skryté mobilní telefony a GSM pagery
- elektronické časovače pro skryté bomby

- ukrytá nahrávací zařízení
- ...a cokoliv dalšího co v sobě obsahuje elektroniku...

### 3.3.2 Metodika použití NLJD při OTP

Před použitím NLJD se v zájmovém prostoru musí provést ve vší diskretnosti a utajení část OTP, která zahrnuje kontrolu radiového spektra a kontrolu metalických vedení. Toto jsou činnosti které nevzbudí rozruch a dají se provést v utajení. Poté je na řadě prohlídka detektorem nelineárních přechodů a detektorem vysokofrekvenčního pole. Tyto se provádí v závěru proto, že může trvat až několik hodin a je zvýšená pravděpodobnost, že během této doby kdy chodíme s detektorem po místnosti si nás někdo všimne a pozná, že se provádí OTP nebo „něco nezvyklého“.

Na vyhledávání pomocí NLJD potřebujeme spoustu času a nemůžeme to uspěchat. V průměru nám může relativně malá kancelář o rozměrech 5x5m trvat až čtyři hodiny. Prohledat jednu místnost trvá stejně dlouho jako kdybychom v ní měli nanést 3 vrstvy nátěru. Je to velmi zdoluhavá práce, která může být po pár hodinách velmi únavná, ale obsluha detektoru musí být stále ve střehu a nesmí podcenit žádný podezřelý signál. Než začneme prohledávat místnost detektorem, zkontrolujeme vnější stranu všech obvodových zdí prohledávané místnosti a odděláme ze zdí a jejich blízkosti veškerou elektroniku, abychom pak předešli falešným poplachům při scanování obvodových zdí. Dále můžeme postoupit k samotnému vyhledávání. Pomalu posouváme anténu nad povrchem stěn, stropů, podlah, anténou prohledáváme veškeré vybavení kanceláře – nábytek, obrazy, květiny, elektrické zásuvky, rozdvojky, prodlužovací kabely, osvětlení, okna, parapety, a téměř vše kde je možnost ukrýt miniaturní operativní prostředek. Práce s anténní částí je zobrazena na obrázku 3.1.



Obr. 3.1: práce s anténou

### 3.3.3 Rozlišení mezi nelineárním PN přechodem a nelineárním přechodem zkorodovaných kovů

Zmíním zde základní principy které se využívají pro rozlišení polovodiče od kovu. Když spojíme polovodič typu P a N tak nám vznikne PN přechod. V místě dotyku polovodičů P a N dochází k rekombinaci volných děr a elektronů. Výsledkem je vyprázdněná potenciálová vrstva kterou můžeme nazvat jako **nelineární přechod**. Nelineární přechody se ovšem vyskytují i v přírodě. Například dva dotýkající se zkorodované kovy tvoří také nelineární přechod. S nelineárními přechody dotýkajících se zkorodovaných, natřených nebo nalakovaných kovů se můžeme setkat skoro všude ( šanony na papíry, nedotažené šroubky v zásuvce, kovové výplety a pruty v panelech, stropěch, podlahách, kovové spoje nábytku, a spousta obrovská spousta dalších).

Detektor nelineárních přechodů dokáže tyto dva druhy nelineárních přechodů rozlišit podle jakou harmonickou vlnu odrážejí. Polovodičové přechody odrážejí druhou harmonickou (2F), 4F, 6F, ...nF

Přechody kovů odrážejí třetí harmonickou(3F),5F,7F,.....nF

Přijímací část detektoru zachytává 2. a 3. harmonickou a jejich intenzitu zobrazuje na display. Uživatel detektoru potom rozeznává rozdíl mezi druhou a třetí harmonickou a rozhoduje zda se jedná o polovodič nebo zkorodovaný kov. Polovodiče poznáme tak že mají druhou harmonickou silnější než třetí harmonickou. Kovy mají naopak 3. harmonickou silnější než 2.



Obr. 3.2: DISPLAY-PN přechod



Obr. 3.3: DISPLAY – zkorodovaný kov

Metoda rozlišování intenzity výkonu druhé a třetí harmonické ovšem nemusí být pravdivá, a proto se dá přepnout z módu porovnávání harmonických frekvencí do módu 20K (obr.3.3). V tomto módu můžeme poslouchat přímo modulovanou druhou nebo třetí harmonickou, což nám umožňuje podle zvuku který slyšíme rozpoznat, jestli se jedná o kov nebo polovodič. Rozpoznání není úplně jednoduché a vyžaduje trochu praxe v poslechu modulované frekvence druhé harmonické při vyhledávání elektronických obvodů.



Obr. 3.4: DISPLAY-20K MODE

Existují ještě další dva módy při kterých můžeme poslouchat modulovaný signál AM aFM. V těchto módech bychom měli být schopní nejen rozeznat polovodičový přechod od zkorodovaného kovu, ale navíc je možné rozeznat druh elektronického zařízení podle jeho charakteristických vlastností. Například u nahrávacího zařízení s magnetofonovým páskem jde slyšet přímo zvuk se kterým hlava pracuje a u kamery jdou zase slyšet synchronizační pulsy. Každopádně to chce hodně cviku a i elektrotechnických znalostí aby člověk dokázal správně porozumět výstupu ze sluchátek při jednotlivých režimech.

### 3.3.4 Další využití Detektorů nelineárních přechodů

- **Ve věznicích-** k vyhledávání mobilních telefonů a jiných elektronických zařízení v celách a při prohledávání návštěv které mají být v kontaktu s vězni. Mobilní telefony u vězňů zvyšují riziko, že mohou organizovaně vyvolat vzpuru ve více věznicích, mohou utéct, mohou pomocí mobilu pokračovat v trestné činnosti. Většina států nepovoluje používání rušiček mobilních telefonů. Reakcí na tento zákaz bylo právě nasazení NLJD. (obr. 3.5)



*Obr. 3.5: detekce nelinearit v cele.*

- **Využívají pyrotechnické služby** – k detekci výbušných zařízení obsahujících elektronické komponenty jako dálkově ovládané přijímače, vysílače, elektronické pojistky, elektronické časovače

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 4 VYHLEDÁNÍ ODPOSLECHOVÉHO PROSTŘEDKU A DALŠÍ MĚŘENÍ.

V této praktické části jsem se seznámil s používáním, ovládáním a nastavováním NLJD, abych byl schopen samotného vyhledávání a měření signálu druhé harmonické. Vyzkoušel jsem reakci detektoru na dílčí polovodičové součástky a následně na dva odposlechy, které jsem měl k dispozici.

### 4.1 Nastavení detektoru

První jsem detektor zapojil dle návodu, kde jsem k hlavní vyhodnocovací jednotce připojil sluchátka a anténu a ovládací modul s klávesnicí. Dále jsem zapnul detektor pomocí tlačítka zap. kde jsem se dostal do módu listen, ve kterém aktivní pouze přijímací část. Tady jsem ještě jednou zmáčkl zap. a dostal jsem se do módu porovnávání druhé a třetí harmonické. Pomocí tlačítka 3/2 se dá přepínat mezi poslechem 2. a 3. harmonické (jde slyšet stále stejně modulovaný tón, který zvyšuje a snižuje s v závislosti na intenzitě vyšších harmonických frekvencí. Bylo zde potřeba nastavit útlum přijímací části pomocí tlačítek +/- na 10dB aby nebyli zachytávány okolní předměty a interference v podlaze.



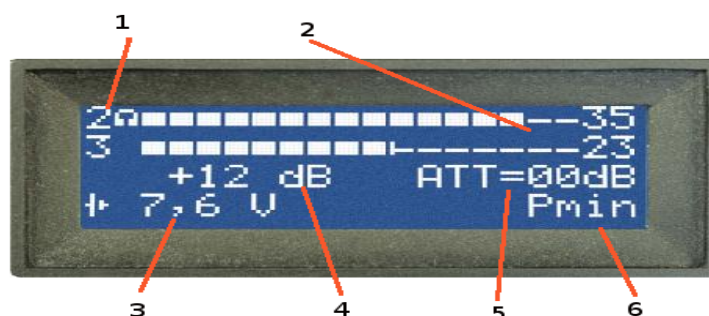
Obr. 4.1: ovládání

### 4.2 Měřicí rozhraní

Na následujícím obrázku (4.2) můžeme vidět display detektoru NLJD v módu porovnávání harmonických frekvencí ve kterém budu také provádět měření. Abychom pochopili co znamenají jednotlivé čísla, display si popíšeme. (1) - čísla 2 a 3 pod sebou značí o jakou



harmonickou frekvenci s jedná a sluchátka zase ukazují, kterou harmonickou posloucháme. (2) - Stupnicoví ukazatelé s čísly na konci ukazují intenzitu harmonických frekvencí, díky čemu můžeme okamžitě poznat jestli se jedná o polovodič nebo kov. (4) – Hodnota v decibelech ukazuje o kolik je druhá harmonická silnější nebo slabší od třetí harmonické. (3) – Ukazatel napětí baterie. (5)- Hodnota ATT je útlum přijímací části, díky které nastavujeme citlivost detektoru.(6)- Pmin/ Pmax nám značí jestli jaký máme nastaven výstupní výkon vysílacího signálu.



Obr. 4.2: popis displaye

### 4.3 Detekce polovodičových součástek

Při měření reakce na jednotlivé polovodičových součástky jsem postupoval tak, že jsem se postupně vzdaloval anténou od součástky v různých směrech a zapisoval hodnoty druhé harmonické. Rozsah měřící stupnice je 0- 40, pokud jsou měřené hodnoty moc veliké, nebo moc malé a jdou mimo rozsah stupnice musíme zvýšit nebo snížit útlum (ATT) přijímací části. Přístroj má nastaven výkon antény Pmin a útlum ATT= 20db .:

$dx / dy / dz$  – vzdálenost vrchní části antény(obr. 4.3) v centimetrech od měřeného předmětu v osách x, y, z.

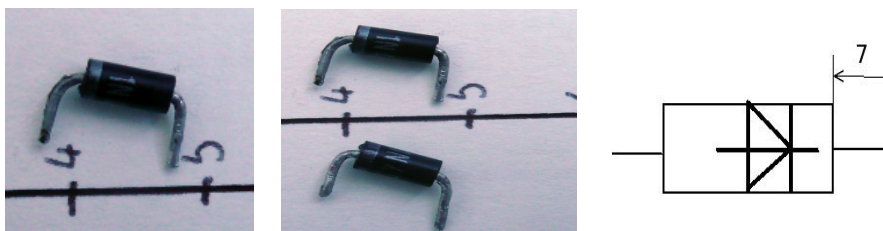


Obr. 4.3: Anténa

F2, F3 – úroveň 2. a 3 harmonické frekvence. Bezrozměrná hodnota zobrazená číselně na vedle stupnice na display.

### 4.3.1 Dioda 1N4002

První jsem použil běžnou usměrňovací diodu 1N4002, 1A , 400V. Velikost nožiček byla jen 7 milimetrů na každé straně, což znamená že je velmi malá anténa na kterou by se naindukoval signál.



Obr. 4.4: dioda 1N4002

	d(x)	d(y)	d(z)	2f	3f
Dioda 1N4002	0	0	7,5	1	0

Tab. 4.1: dioda 1N4002

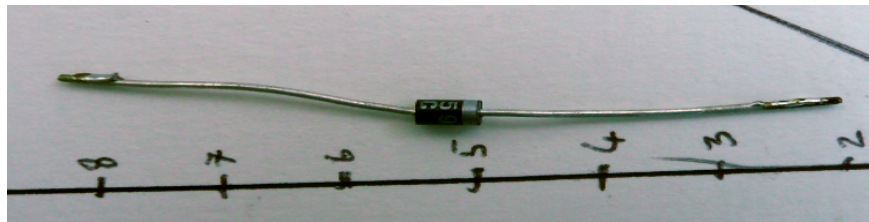
Na diodě se nepodařilo změřit žádné hodnoty měření jsem opakoval se dvěma diodami a při nejbližší možné vzdálenosti (7,5cm od vrchní části antény) se objevila úroveň 1 což je stále velmi malá hodnota ..

	d(x)	d(y)	d(z)	2f	3f
2x Dioda 1N4002	0	0	7,5	1	0

Tab. 4.2: dvě diody 1N4002

### 4.3.2 Dioda BA159

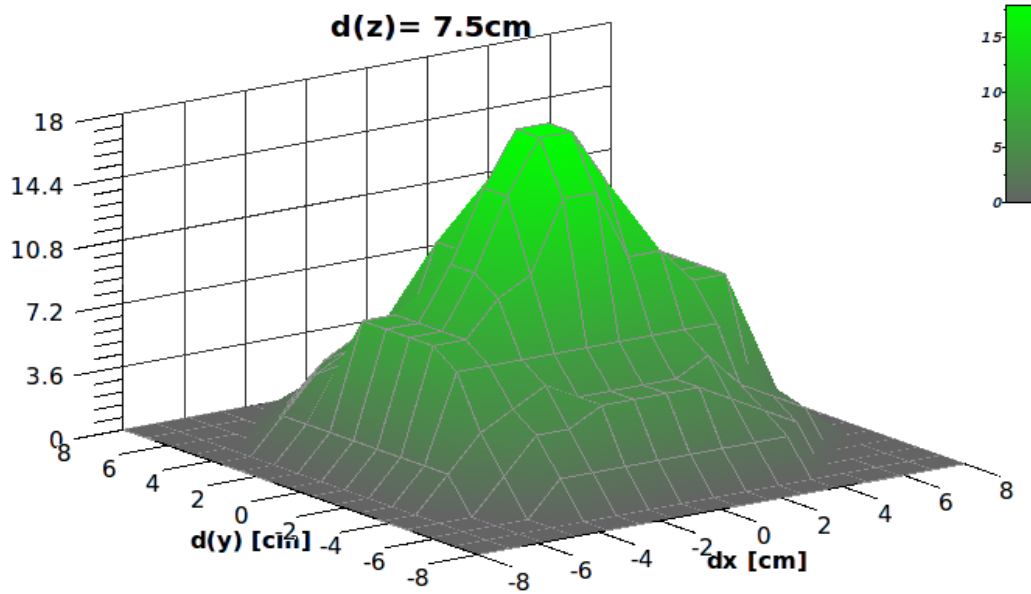
Běžná usměrňovací dioda 1000V / 1A/ 500ns. Z pohledu velikosti PN přechodu se jedná o relativně velmi podobnou diodu jako v předchozím případě. Zde však máme originální délku nožiček. Můžeme tedy usuzovat že tentokrát už by jsme měli něco naměřit, protože se vysílaný signál má na co indukovat.



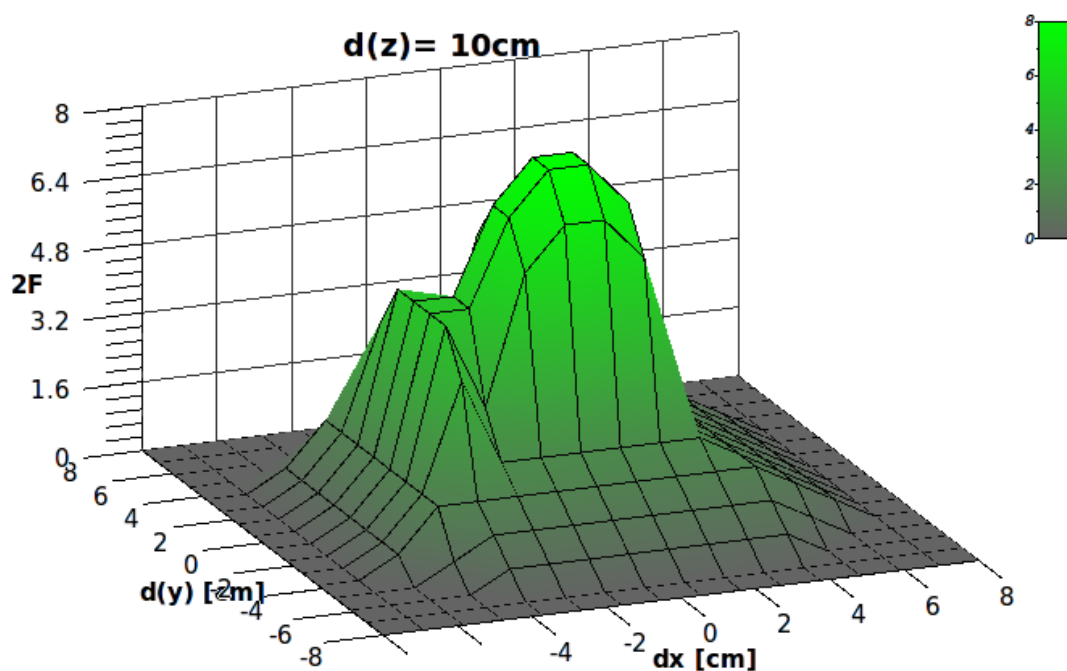
Obr. 4.5: dioda BA159

dioda BA159 (obr. 4.6)						dioda BA159 (obr. 4.7)				
	d(x)	d(y)	d(z)	2f	3f	d(x)	d(y)	d(z)	2f	3f
1	0	0	7,5	22	0	0	0	10	8	0
2	5	0	7,5	9	0	5	0	10	2	0
3	-5	0	7,5	8	0	-5	0	10	5	0
4	0	5	7,5	4	0	0	5	10	2	0
5	0	-5	7,5	6	0	0	-5	10	2	0

Tab. 4.3: dioda BA159- naměřené hodnoty



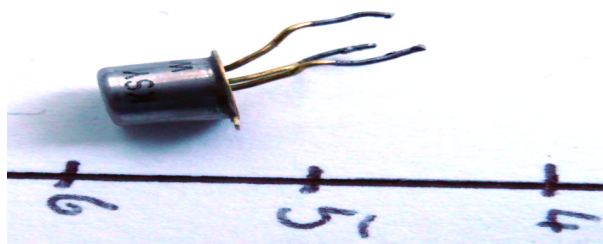
Obr. 4.6: BA159 – model intenzity naměřeného signálu v prostoru  $d(z)= 7,5\text{cm}$



Obr. 4.7: BA159 -model intenzity naměřeného signálu v prostoru  $d(z)=10\text{cm}$

### 4.3.3 Tranzistor J-FET v kovovém pouzdře

Jedná se o křemíkový planární epitaxní spínací tranzistor PNP, který je určen k použití v rychlých spínacích obvodech. Je zapouzdřen v kovovém krytu K 507 a má 3 vývody dlouhé 8mm. Velikost tranzistoru: průměr  $d=4,75\text{mm}$  a délka  $l=5,3\text{mm}$ .



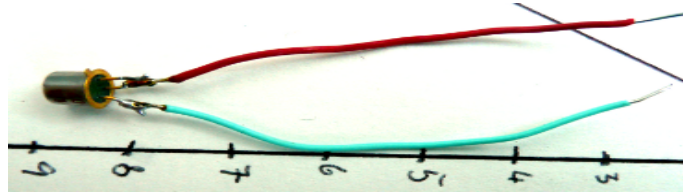
Obr. 4.8: Tranzistor

	d(x)	d(y)	d(z)	2f	3f
Tranzistor KSY 62B	0	0	7,5	0	0

Tab. 4.4:tranzistor KSY 62B

Tranzistor se vůbec nepodařilo detekovat ani z nejbližší možné vzdálenosti. Na jeho dva vývody jsem tedy připájel drátky dlouhé  $\pm 6\text{ cm}$  a měření jsem zopakoval. Měření vyšlo o

poznání lépe, je tedy zřejmé, že poté co se k součástce přidala anténní část, schopnost součástky odrážet harmonické vlnění se mnohonásobně zlepšila.

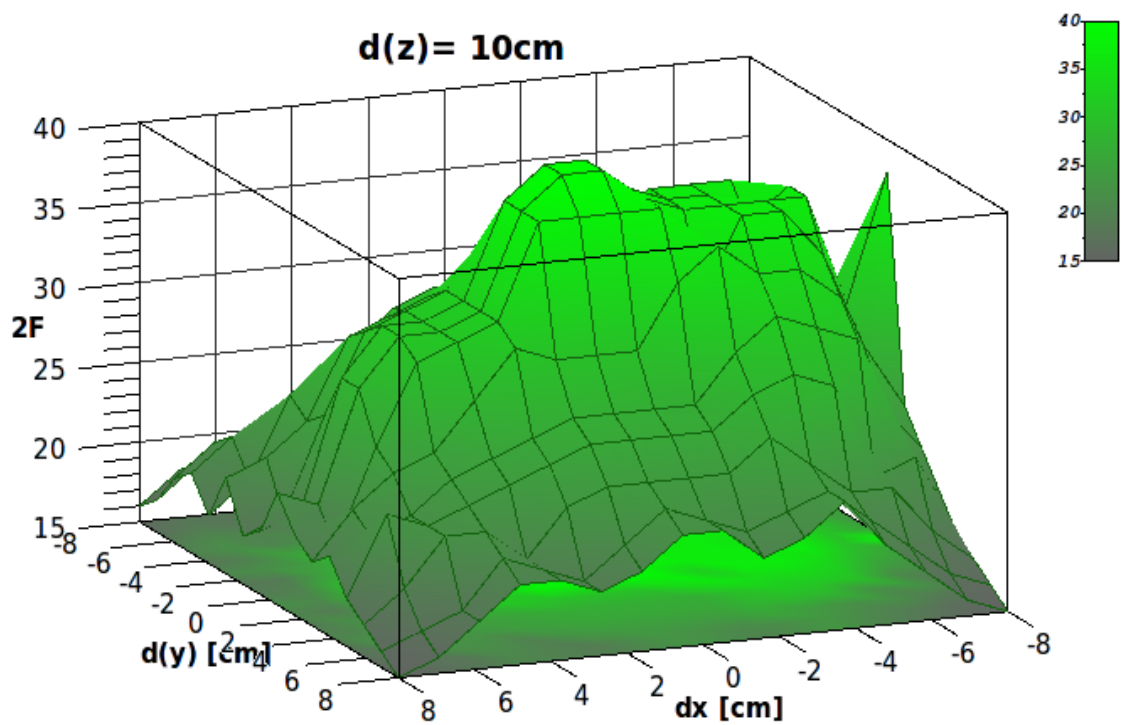


Obr. 4.9: KSY 62B s prodlouženými vývody

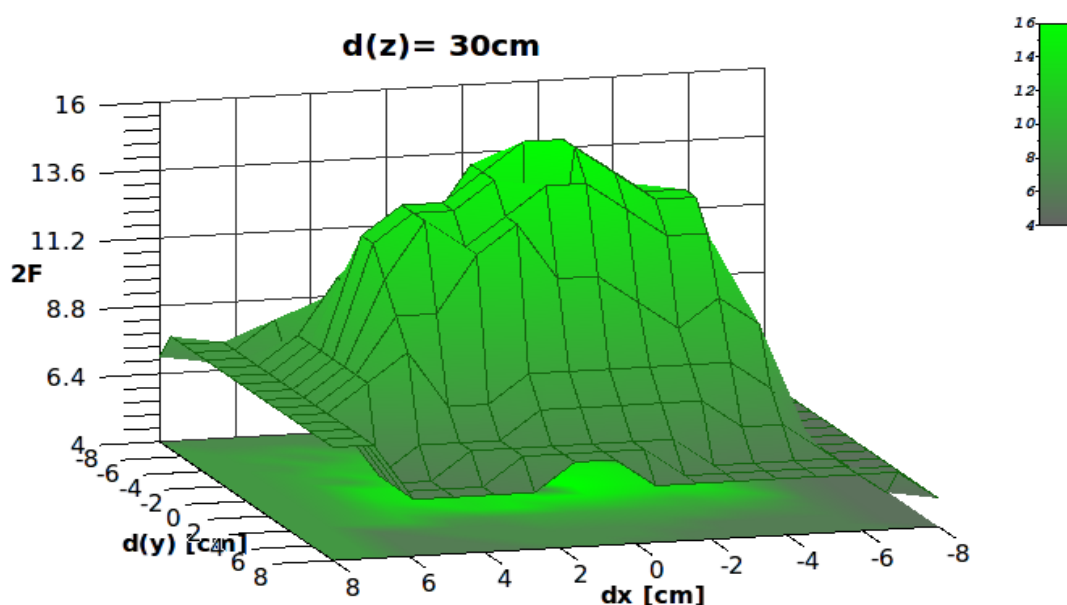
Tranzistor KSY 62 B (obr. 4.6)					
	d(x)	d(y)	d(z)	2f	3f
1	0	0	10	40	0
2	5	0	10	32	0
3	-5	0	10	37	0
4	0	5	10	30	0
5	0	-5	10	27	0

Tranzistor KSY 62B (obr. 4.6)				
d(x)	d(y)	d(z)	2f	3f
0	0	30	16	0
5	0	30	14	0
-5	0	30	9	0
0	5	30	14	0
0	-5	30	15	0

Tab. 4.5: tranzistor KSY 62B



Obr. 4.10: KSY 62B-model intenzity 2. harmonické 3D,  $d(z) = 10\text{cm}$

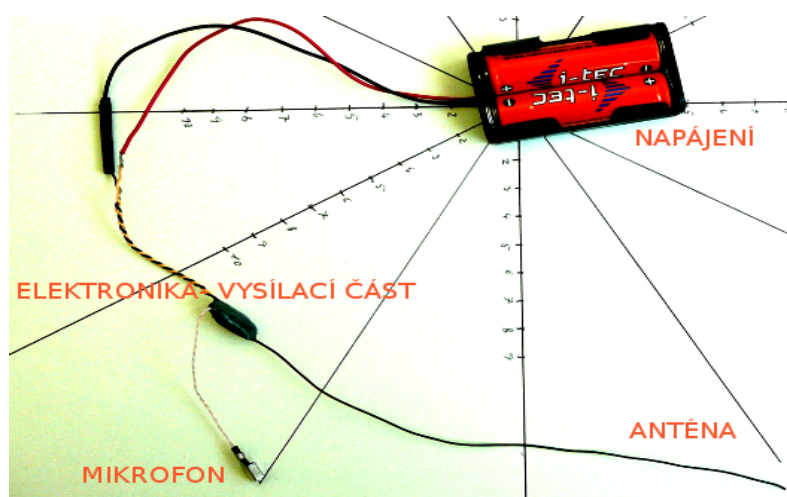


Obr. 4.11: KSY 62B-model intenzity 2. harmonické ve 3D,  $d(z)=30\text{cm}$

Z naměřených hodnot na tranzistoru je zřejmé, že ani tak nezáleží na velikosti PN přechodu, jako spíše na tom, jaký zisk má anténní a vazební část elektronického obvodu.

#### 4.4 Detekce a vyhledání odposlechu pomocí MLJD.

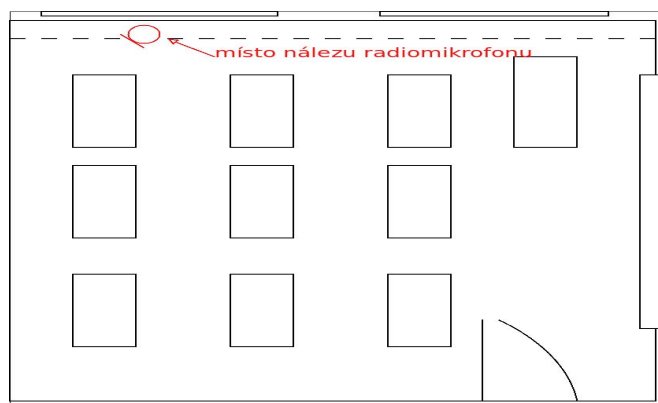
K pokusnému testování a vyhledávání jsem měl k dispozici analogový radiový mikrofon RM-M3 pracujícího na kmitočtu 417MHz.



Obr. 4.12: RM-M3 analogový radio-mikrofon

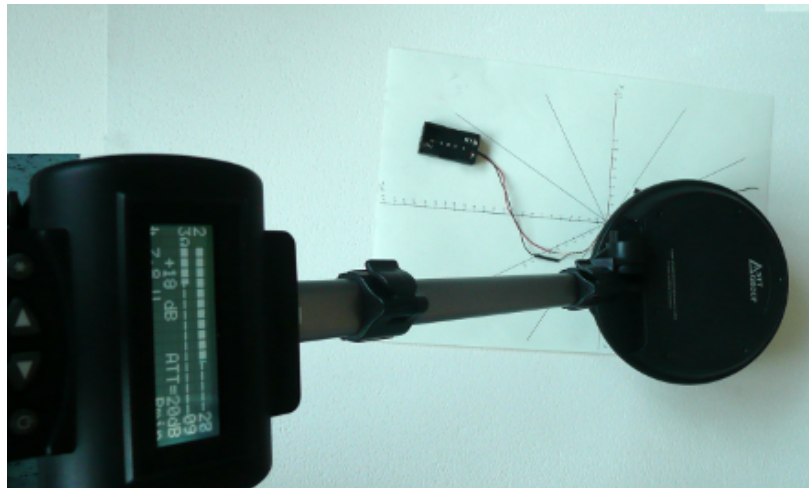
#### 4.4.1 Vyhledání odposlechového prostředku

Poprosil jsem spolužáka aby ukryl odposlech někde v učebně bezpečnostních systémů. Bylo tam tak obrovské množství elektroniky, že kam jsem zamířil anténu, tam byla nějaká elektronika. Změnil jsem místnost a vyhledával odposlech v učebně, kde byli jen židle a stoly. Před začátkem vyhledávání jsem zkontroloval sousední místnosti. Jestli není u společných stěn elektronika, která by způsobovala falešné popluchy. Nastavil jsem přístroj na nižší výkon, ale útlum přijímací části jsem dal na 10 dB, což je docela vysoká citlivost. Vyšší citlivost jsem si mohl dovolit protože v místnosti nebyla žádná další elektronika. Nemohlo tedy docházet k interferencím způsobeným elektronikou. Postupně jsem procházel místnost po obvodu. Při scanování oken jsem zjistil, že radiátory odrážejí silnější třetí harmonickou a slabší druhou. Místo kolem radiátoru jsem fyzicky prohledal, abych se ujistil, že je čisté. Přepnul jsem detektor do 20K módu ve kterém jsem si poslechl modulované signály druhé harmonické. Při poklepání na radiátor jsem slyšel i změnu ve sluchátkách, což znamenalo, že se opravdu jedná, jen o nějaké špatně se dotýkající kovy v radiátoru, které tvoří nelineární přechod. U druhého radiátoru jsem znovu zaslechl odezvu, ale tentokrát byla výraznější hlavně druhá harmonická. Dohledal jsem detektorem místo kde byl signál nejsilnější a přepnul jsem do 20K módu. Při scanování podezřelého místa, jsem zaslechl zvuky charakteristické pro polovodič. Místo jsem prohledal a objevil jsem odposlechové zařízení. Vyhledávání mi trvalo asi 15 minut. Odposlech jsem našel tak rychle proto, že jsem byl v relativně prázdné místnosti, bez vybavení, nábytku a elektroniky. Kdyby se jednalo o vybavenou kancelář o stejné velikosti, tak by vyhledání mohlo trvat i 4-6 hodin.



Obr. 4.13: prohledaná místnost 4x6m

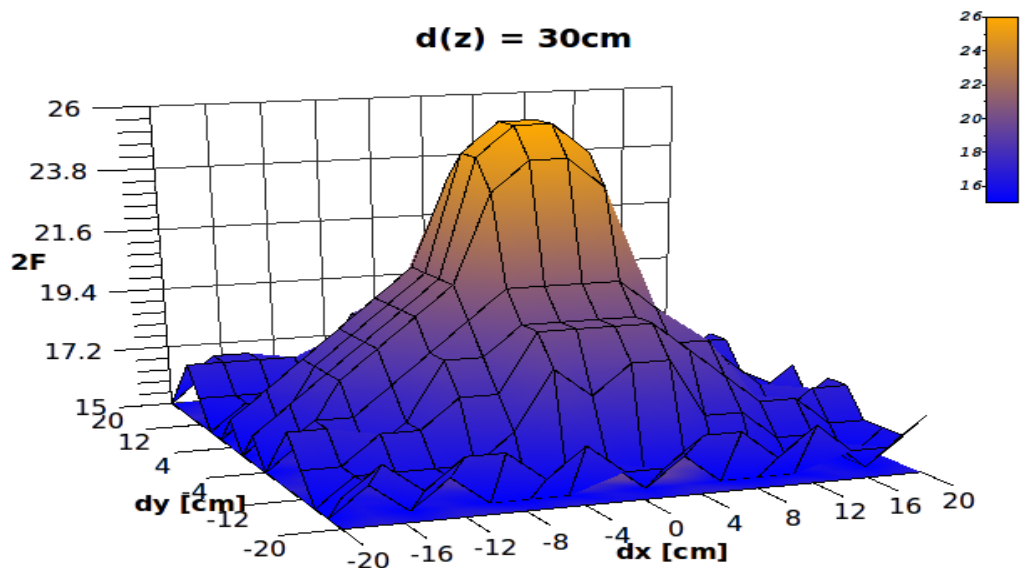
4.4.2 Měření intenzity 2. harmonické u radio-mikronu RM-M3



Obr. 4.14: Měření na radio-mikrofonu RM-M3

RM-M3 (obr. 4.11)					
	d(x)	d(y)	d(z)	2f	3f
1	0	0	30	22	0
2	10	0	30	9	0
3	-10	0	30	8	0
4	0	10	30	4	0
5	0	-10	30	6	0

Tab. 4.6: mikrofon RM-M3



Obr. 4.15: Model intenzity druhé harmonické u RM-M3



#### 4.4.3 Shrnutí měření pomocí NLJD

Měření s přístrojem NLJD NR-900EMS, bylo velmi zajímavé a poučné. Myslím, že naměřené hodnoty se i docela shodovali s hodnotami, které byli vypočítány v systémové rozvaze. Po celou dobu měření se nejlépe měřilo, když citlivost přijímače byla snížena o 10 až 20dB. Pokud jsem citlivost ATT zvýšil na 0dB, přístroj byl příliš citlivý a ukazoval vyšší harmonické frekvence, i když byla anténa namířena do volného prostoru. Později se ukázalo, že to dělal vadný konektor od antény. Tato skutečnost také mohla ovlivnit průběh měření. Proto měření, která jsem prováděl v rámci této bakalářské práce nemusejí být úplně přesná.

## 5 METODA RADIOVÉHO ZAMĚŘOVÁNÍ

### 5.1 Teorie

Při metodě radiového zaměřování se využívá směrové antény a spektrálního analyzátoru. Když je anténa namířena přímo na zdroj vysílání signálu, na spektrálním analyzátoru můžeme vidět, že je v daném okamžiku přijímané napětí nejvyšší. Když je anténa namířena mimo vysílač a postupně se natáčí směrem od vysílače, můžeme vidět že se přijímané napětí zmenšuje. Zaměřování se provádí na maximum. Pokud je signál nejsilnější máme správný směr, ve kterém je vysílač. Existují ještě metody zaměřování na minimum a zaměřování pomocí maxima i minima. V následujícím měření provedu vyhledání radiového odposlechu RM-M3 metodou zaměřování na maximum.



Obr. 4.16: FSH3 se směrovou anténou

### 5.2 Vyhledání radio-mikrofonu RM-M3 metodou radiového zaměřování

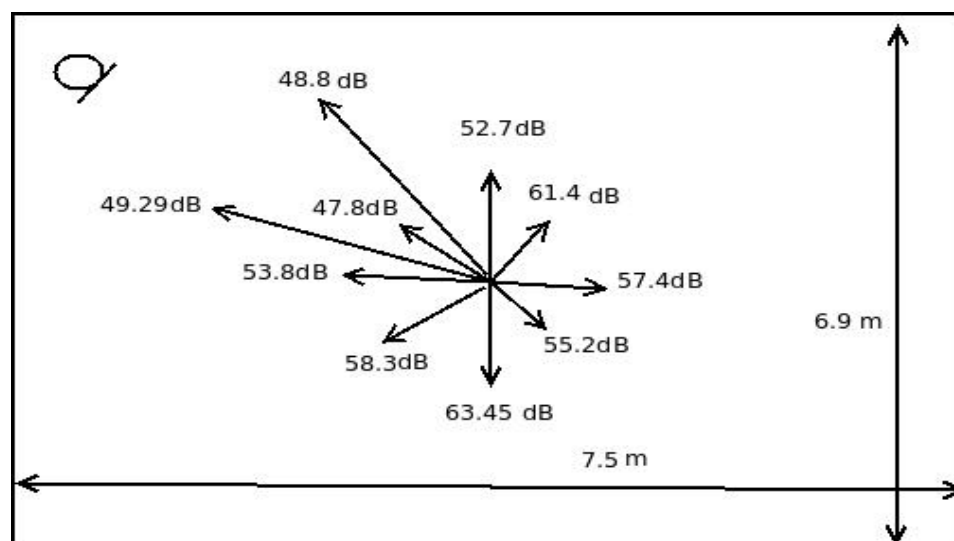
K vyhledání jsem použil jednoduchou logaritmicko-periodickou anténu RohdeSchwarz a spektrální analyzátor FSH3. (obr. 4.12)

Při zaměřování jsem použil následující postup:

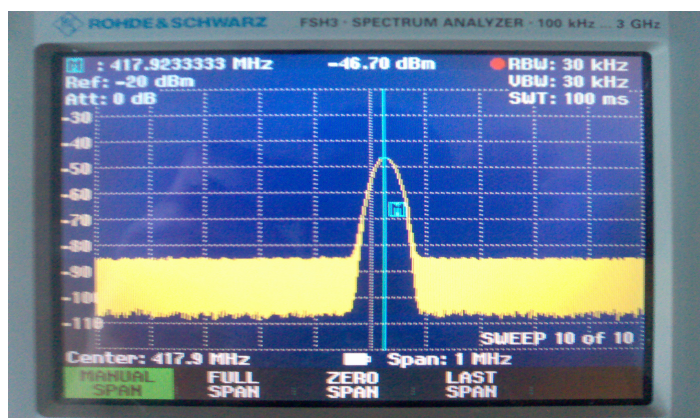
- Prvně jsem položil analogový odposlech na stůl do rohu místnosti a aktivoval jsem ho zapojením baterií.

- Dozvěděl jsem se z dokumentace operační frekvenci odposlechu. Na spektrálním analyzátoru jsem nastavil frekvenci 417,9 MHz, šířku pásma - 1MHz a šířku zařazeného vf. filtru – 30khz.
- Začal jsem postupně zaměřovat anténu na rohy, všechny čtyři stěny a zapisoval velikost síly sledovaného signálu.
- Z naměřených hodnot jsem určil oblast místnosti s nejsilnějším signálem a provedl jsem druhé měření zaměřené na přesné určení směru, kde by se vysílač mohl nacházet.
- Oblast kterou jsem určil se shodovala se skutečnou polohou vysílače.

Naměřené hodnoty:



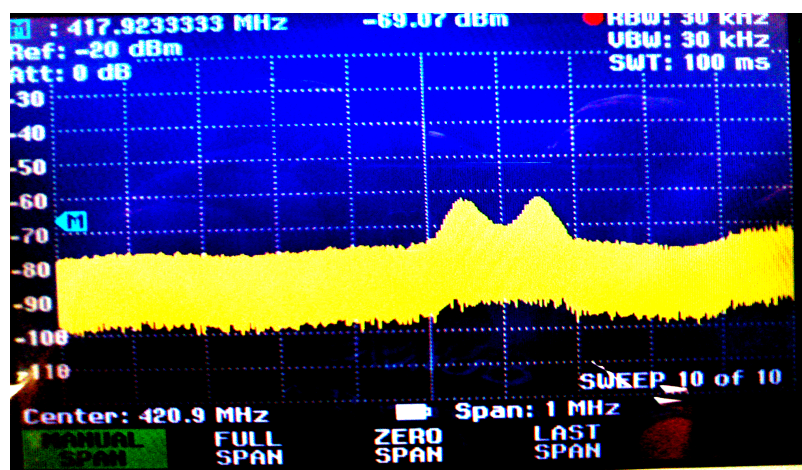
Obr. 4.17: úroveň signálu v místnosti



Obr. 4.18: úroveň signálu analogového odposlechu

### 5.3 Vyhledání digitálního radio-mikrofonu metodou radiového zaměřování

- Stejný postup jsem aplikoval i na nalezení digitálního odposlechu ND-M3
- Měření bylo poněkud obtížnější v tom, že jsem neznal frekvenci radio-mikrofonu. Na spektrálním analyzátoru jsem porovnal frekvenční spektrum v okolí 400MHz při zapnutém a vypnutém digitálním vysílači. Z rozdílu frekvenčních spekter jsem zjistil operační frekvenci digitálního odposlechu a dále jsem postupoval stejně jako v předchozím případě.
- Digitální radio-mikrofon se mi podařilo úspěšně lokalizovat.



Obr. 4.19: Úroveň signálu digitálního odposlechu

### 5.4 Srovnání dosažených výsledků vyhledávání radio-mikrofonů pomocí NLJD a pomocí radiového zaměřování.

Vyhledávání pomocí detektoru nelineárních přechodů je velmi časově náročné, protože musíme projít místo vedle místa a nesmíme nic vynechat. Musíme prověřit veškeré falešné přechody a po celou dobu prohlídky být plně soustředění, abychom něco nepřehlédli. Detekce touto metodou je velmi přesná. Jsme schopni dohledat nelegální operativní prostředky s přesností na centimetry. Mé dosažené výsledky z vyhledávání odposlechu

pomocí NLJD jsou tedy také v řádu jednotek centimetrů. Další nespornou výhodou je, že jsme schopni detekovat téměř všechny druhy odposlechů a to jak aktivních tak pasivních.

Při vyhledávání skrytých operativních prostředků pomocí radiového zaměřování jsem se přesvědčil o relativně vysoké rychlosti lokalizace odposlechu. Mě osobně se podařilo provést samotnou kontrolu místnosti pomocí radiového zaměřování během 25 minut i s nalezením odposlechu. To jsem tuto metodu zkoušel poprvé. V tomto směru je detekce pomocí NLJD mnohem zdlouhavější.

Přesnost lokalizace radio-mikrofonu v místnosti se u radiového zaměřování pohybuje řádově v jednotkách metrů. U NLJD v jednotkách centimetrů jak jsem si mohl také prakticky ověřit. Takové srovnání je ale zavádějící, protože o místě kde je odposlech ukryt se u NLJD dozvíte, až když jste 0,5 metru od něj, což také může trvat i pár hodin než se k danému místu dostane. Radiové zaměřování je přesným opakem. Během chvilky vás dovede na místo kde se odposlech nachází, ale s přesností na metry. Nesmíme také zapomenout že při radiovém zaměřování jsme schopni lokalizovat pouze ty odposlechové prostředky, které fungují na principu radiového vysílání.

Obě metody mají své neocenitelné uplatnění při provádění obranně technických prohlídek. Každá má své klady i zápory. Ideálního stavu dosáhneme pouze když budeme jednotlivé metody kombinovat.

## ZÁVĚR

V dnešní době si již podniky nemohou konkurovat jen kvalitními výrobky a službami, ale potřebují znát také obchodní strategie své konkurence, aby se prosadily a udrželi na trhu. Západní svět žije v nadbytku a kvalitní informace pro něj začínají mít větší hodnotu než hmotné statky, protože těch je dostatek. Naše společnost se stále více stává informační společností. Informace pro nás začínají být mnohem důležitější a roste hlad po kvalitních informacích. Proto se spousta organizací a osob uchyluje i k nelegálním praktikám získávání informací. Odposlechy jsou dnes nasazovány mnohem více, což je způsobeno hlavně jejich dostupností a cenou. Pokud se chceme účinně bránit, musíme se svěřit do rukou odborníků provádějících obranně technické prohlídky. Jedná se o prohlídky prostor proti odposlechům, při kterých se používá spousta metod vedoucích k jejich nalezení.

V mé práci jsem shrnul veškeré principy a možnosti metody vyhledávání odposlechů pomocí detektoru nelineárních přechodů. V první části mé práce jsem popsal fyzikální principy, které tvoří základ pochopení toho jak detektor nelineárních přechodů funguje. Aplikoval jsem tyto fyzikální principy při výpočtu obecných výkonových poměrů detektoru a srovnal je se skutečnými parametry od výrobců NLJD. Popsal jsem základní technické parametry kterými se můžeme řídit při výběru různých druhů detektorů. Pro srovnání jsem představil některé nejpoužívanější typy detektorů dostupných na trhu.

V závěru teoretické části jsem vypracoval metodiku použití detektoru nelineárních přechodů, ve které jsem detailně popsal postupy vedoucí k nalezení skrytých odposlechových prostředků.

V praktické části jsem využil NLJD k:

- měření intenzity vyšších harmonických frekvencí odražených od různých typů polovodičových součástek.
- nalezení ukrytého odposlechového prostředku pomocí NLJD
- srovnání metody vyhledávání odposlechů pomocí detektoru nelineárních přechodů s metodou radiového zaměřování kterou jsem si taktéž vyzkoušel

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Today, businesses can no longer compete on quality products and services, because it also need to know the business strategies of its competitors in order to promote and sustain the market. The world live in abundance and quality information are going to have greater value than material goods, because those are enough now. Our society is increasingly becoming an information society. Informations are becoming more important for us and there is growing hunger for quality informations in the world. Therefore, many organizations and individuals as well are choosing the way of illegal practices to carry of the information they wants. Tapping devices are now deployed much more, which is mainly due to their availability and price. If we want to defend our selves, we must entrust to the hands of professionals engaged in defensive technical inspection. It is examination room against eavesdropping devices, which involve a use a lot of methods of searching to their finding.

In my work I have summarized all the principles and methods of using non-linear junction detector as a part of defensive technical inspection. In the first part of my work , I described physical principles that form the basis for understanding how the non-linear junction detector works. I applied these physical principles in calculating the general power characteristics and comparing them with actual parameters from manufacturers of NLJD. I summarized and described the basic technical parameters which can be guide in the selection of different types of detectors. For comparison, I introduces some of the most common and favourite types of detectors available on the market. In conclusion, the theoretical part I made methodology of using non-linear junction detector, in which I describe in detail the procedures for finding hidden eavesdropping devices.

In practical part, I used NLJD to:

- measuring intensity of higher harmonic frequencies reflected form various types of electronic devices
- find the hidden eavesdropping device using NLJD method
- comparison methods of using non-linear junction detector finding and radio – tracking which I have also used to while finding eavesdropping device.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] TKOTZ, Klauz. *Příručka pro elektrotechniky*. 2. české. Praha : Ben, 2001. 562 s. ISBN 80-86706-00-1.
- [2] MAŤÁTKO, Jan. *Elektornika*. 6. české. Praha : Idea servis, 2005. 327 s. ISBN 80-85970-49-x.
- [3] ŽALUD, Václav. *Moderní radioelektronika* 1.vyd. Praha : BEN, 2000. ISBN 80-86056-47-3
- [4] LAUCKÝ, V. *Speciální bezpečnostní technologie*. 1. vyd. Zlín : UTB, 2009. 233 s. ISBN 978-80-7318-762-0.223
- [5] [Http://www.tscm.com](http://www.tscm.com) [online]. c2002 [cit. 2010-05-19]. Non Linear Junction Detector Review and Tutorial. Dostupné z WWW: <<http://www.tscm.com/tmdenljd.html>>.
- [6] *Detektor nelineárních přecodů* [online]. 2009 [cit. 2010-05-19]. Dostupné z WWW: <[http://www.detekce.com/technika\\_proti\\_odposlechu\\_odposlech.htm](http://www.detekce.com/technika_proti_odposlechu_odposlech.htm)>.
- [7] *Kontrola nelinearit* [online]. 2004 [cit. 2010-05-19]. Dostupné z WWW: <[http://bbs.eu/vyhled\\_odposlechu.htm](http://bbs.eu/vyhled_odposlechu.htm)>.
- [8] *NR-900EMS uživatelský manuál pro detektor nelineárních přechodů* [online]. Moskva : Hotta, 2009 [cit. 2010-05-19]. Dostupné z WWW: <[detekor.ru](http://detekor.ru)>.
- [9] *NJE-4000 ORION* [online]. 2004 [cit. 2010-05-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.tscm.com/orion.html>>.
- [10] Winkelmann[online]. 2004 [cit. 2010-05-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.defence-industries.com/contractors/army/design-information/winkelmann/>>.
- [11] *Buklet MD* [online]. 2009 [cit. 2010-05-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.selcomsecurity.com/en/russian-counter-surveillance-products/data-leakage-channels-detection/non-linear-junction-detectors/181-buklet-md-metal-a-non-linear-junction-detector.html>>.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$\lambda$	Vlnová délka
c	Rychlost šíření
f	Frekvence.
NLJD	Detektor nelineárních přechodů
OTP	Obranně technická prohlídka
dB	Decibel
FM	Frekvenční modulace
AM	Amplitudová modulace
1F	První harmonická frekvence
2F	Druhá harmonická frekvence
3F	Třetí harmonická frekvence
Hz	Hertz
Wi-Fi	Wireless fidelity
CW	Continuous wave

## SEZNAM OBRÁZKŮ

*Obr. 1.1: Využití vlnění k detekci*

*Obr. 1.2: nevlastní vodivost N a P*

*Obr. 1.3: PN difuze*

*Obr. 1.4: propustný směr*

*Obr. 1.5: popis detektoru a detekce*

*Obr. 1.6: blokové schéma detekce polovodičů*

*Obr. 1.7: blokové schéma výkonových ztrát*

*Obr. 2.1: detektor NLJD NR-900EMS [8]*

*Obr. 2.2: detektor NJE-4000 ORION [9]*

*Obr. 2.3: detektor HAWK Xdi [10]*

*Obr. 2.4: detektor BUKLET MD [11]*

*Obr. 3.1: práce s anténou [8]*

*Obr. 3.2: DISPLAY-PN přechod [8]*

*Obr. 3.3: DISPLAY – zkorodovaný kov[8]*

*Obr. 3.4: DISPLAY-20K MODE[8]*

*Obr. 3.5: detekce nelinearit v cele.*

*Obr. 4.1: ovládání [8]*

*Obr. 4.2: popis displaye[8]*

*Obr. 4.3: Anténa*

*Obr. 4.4: dioda 1N4002*

*Obr. 4.5: dioda BA159*

*Obr. 4.6: BA159 – model intenzity naměřeného signálu v prostoru  $d(z)= 7,5\text{cm}$*

*Obr. 4.7: BA159 -model intenzity naměřeného signálu v prostoru  $d(z)= 10\text{cm}$*

*Obr. 4.8: Tranzistor*

*Obr. 4.9: KSY 62B s prodlouženými vývody*

*Obr. 4.10: KSY 62B-model intenzity 2. harmonické 3D,  $d(z) = 10\text{cm}$*

*Obr. 4.11: KSY 62B-model intenzity 2. harmonické ve 3D,  $d(z) = 30\text{cm}$*

*Obr. 4.12: RM-M3 analogový radio-mikrofon*

*Obr. 4.13: prohledaná místnost 4x6m*

*Obr. 4.14: Měření na radio-mikrofonu RM-M3*

*Obr. 4.15: Model intenzity druhé harmonické u RM-M3*

*Obr. 4.16: FSH3 se směrovou anténou*

*Obr. 4.17: úroveň signálu v místnosti*

*Obr. 4.18: úroveň signálu analogového odposlechu*

*Obr. 4.19: Úroveň signálu digitálního odposlechu*

## SEZNAM TABULEK

*Tab. 1.1: přehled pracovních frekvencí jednotlivých NLJD*

*Tab. 1.2: přehled vlastností vyzářených výkonů u NLJD*

*Tab. 1.2: přehled vlastností vyzářených výkonů u NLJD*

*Tab. 2.1: Technické specifikace NR-900EMS*

*Tab. 2.2: Technické specifikace NJE-4000 ORION*

*Tab. 2.3: Technické specifikace HAWK Xdi*

*Tab. 2.4: Technické specifikace BULET MD*

*Tab. 4.1: dioda 1N4002*

*Tab. 4.2: dvě diody 1N4002*

*Tab. 4.3: dioda BA159- naměřené hodnoty*

*Tab. 4.4: tranzistor KSY 62B*

*Tab. 4.5: tranzistor KSY 62B*

*Tab. 4.6: mikrofon RM-M3*