

Inovácia laboratórnej úlohy rušičky mobilného telefónu

Inovation of laboratory task GSM jammer

Rastislav Podzámsky

Bakalárská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Rastislav PODZÁMSKY**
Osobní číslo: **A10019**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Inovace laboratorní úlohy rušička mobilního telefonu**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se principem funkce a uspořádáním rušičky mobilního telefonu.
2. Navrhněte a realizujte generátor nízkofrekvenčního rozmítacího signálu.
3. Pomocí vámi navrženého rozmítače a dostupného bloku napětím řízeného oscilátoru a zesilovače realizujte rušičku a ověřte její funkci pro prutovou anténu.
4. Navrhněte a realizujte jednoducho směrovou anténu s reflektorem, které bude vyzářovat jenom do sektoru cca. 90 stupňů. Ověřte funkci rušičky s takto navrženou anténou.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. ZIKMUND, Petr. Realizace rušičky mobilního telefonu s chaotickým oscilátorem. Zlín, 2008. Diplomová práce. Fakulta aplikované informatiky. Univerzita Tomáše Baťi ve Zlíně. Vedoucí diplomové práce Stanislav Goňa.
2. ČERNOHORSKÝ, Dušan, SVAČINA, Jiří, RAIDA, Zbyněk. Elektromagnetické vlny a vedení, Brno, 1995. PC-Dir. ISBN 80-214-0697-6.
3. ORFANIDIS, Sophocles. Electromagnetic waves and antennas, New York, 2010. Dostupné z <http://www.ece.rutgers.edu/orfanidi/ewa>.
4. RAUSCHER, Cristopher. Fundamentals of spectrum analysis. Munich, 2007. ISBN 978-3-939837-01-5. 219 stran.
5. Spectrum analyzer FS3000. Operating manual. RohdeSchwarz. Munich, 2006. 246 stran.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Stanislav Goňa, Ph.D.

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2013

Ve Zlíně dne 25. února 2013

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



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

ABSTRAKT

Táto práca popisuje komunikáciu v sieti GSM. čitateľa zoznámí s problematikou rušenia siete GSM. Teoretická časť sa zaoberá vývojom siete GSM a jej dnešnou funkciou a štruktúrou. Nie je úlohou podrobný popis ale iba uvedenie do témy. Druhá kapitola teoretickej časti sa zaoberá všeobecným princípom rušenia siete GSM posledná kapitola zoznamuje čitateľa so základným rozdelením a princípov antén používaných v sieti GSM. Praktická časť je rozdelená na dve časti zoznam použitých komponentov našej rušičky a návrh a realizácia rušičky.

Klíčová slova: Generátor nízko-frekvenčného signálu, VCO, modulácia GSMK, antény, offset.

ABSTRACT

This bachelor thesis describes communication in the GSM network. To readers, it will introduce the problems of interference the GSM network. Theoretical part discusses about development of GSM network and its presents function and structure. The role isn't detailed description but just introduction to the topic. The second capture of theoretical part is about general principle of interference the GSM network. The last capture introduces to readers the basic distribution and principles of antennas used in the GSM networks. Practical part is divided into two sections: the list of used components on our jammer and design and implementation of the jammer.

Keywords: Low frequency signal generator, VCO, modulation GSMK, antenna, offset.

Ďakujem svojmu vedúcemu bakalárskej práce Ing. Stanislavu Goňovi Ph.D. za ochotu, cenné rady a vecné pripomienky, ktoré mi počas spracovania práce poskytol.

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

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 SIETE GSM	10
1.1 HISTÓRIA GSM SIETÍ.....	10
1.2 BUNKOVÝ SYSTÉM	11
1.3 SUBSYSTÉMY SIETI GSM.....	13
1.3.1 Subsystem základných staníc – BSS	14
1.3.2 Sieťový prepojovací (spínací) subsystem – NSS	15
1.3.3 Operačný podporný subsystem – OSS	16
1.4 FREKVENČNÉ A ČASOVÉ DELENIE PRÍSTUPU	16
1.4.1 Frekvenčné delenie prístupu.....	17
1.4.2 Časové delenie prístupu	18
2 PRINCÍP RUŠIČKY GSM	19
3 ANTÉNY SYSTÉMU GSM	21
3.1 VŠE SMEROVÉ ANTÉNY	21
3.2 SMEROVÉ ANTÉNY.....	22
II PRAKTICKÁ ČÁST	24
4 KOMPONENTY RUŠIČKY GSM	25
4.1 GENERÁTOR NÍZKOFREKVENČNÉHO ROZMIEŠAVAJÚCEHO SIGNÁLU	25
4.2 ZOSILŇOVAČ SIGNÁLU	28
4.3 NAPÄTÍM RIADENÝ OSCILÁTOR (VCO).....	30
4.4 NÁVRH ANTÉNY	32
5 REALIZÁCIA RUŠIČKY MOBILNÉHO TELEFÓNU	34
5.1 FUNKCIA RUŠIČKY PRE PRÚTOVÚ ANTÉNU	34
5.2 FUNKCIA RUŠIČKY SO SMEROVOU REFLEKTOROVOU ANTÉNU.....	37
ZÁVĚR	38
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	40
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	44
SEZNAM OBRÁZKŮ	46

ÚVOD

Európska únia povoľuje vysielanie v pásmach GSM iba prevádzkovateľom mobilných sietí. V Európskej únii je v rozpore so zákonom vysielat' v pásme GSM za účelom zabránenia komunikácie. Rušičky GSM signálu sa môžu používať len v zvláštnych prípadoch akými sú napr. policajné akcie alebo väznice.

Rušenie GSM signálu je realizované na základe vysielania rušivých vln na rovnakej frekvencii, aké používajú mobilné telefóny. Signál pochádza s generátoru nízko-frekvenčného rozmetajúceho signálu v našom prípade je to trojuholníkový signál, týmto signálom a jednosmerným napätím je naladení VCO – napätím riadený oscilátor na požadovanú frekvenciu. V našom prípade pre pásmo 900MHz a jedná sa o kmitočty v rozsahu 935MHz až 960MHz ,ktoré sa používajú pre vysielanie základňových staníc(downlink).

Pre zariadenie to znamená, že sa mu zvýši úroveň šumu a dôsledkom toho, jeho prijímač nie je schopný rozpoznať užitočný signál.

Dosah rušičky sa môže líšiť podľa výkonu základňovej stanice . Ak bude tento signál slabý dosah rušičky sa zvyšuje.

Hlavným cieľom práce je navrhnuť a realizovať generátor nízko-frekvenčného rozmetajúceho signálu , ktorý by mal generovať trojuholníkový signál.

Náplňou tejto práce je inovácia laboratórnej rušičky mobilných signálov. Táto rušička pre svoj malý výkon bude používaná na laboratórne práce študentov aby si mohli vyskúšať a zoznámiť sa s jedením so špeciálnych prvkov používaných v komerčnej bezpečnosti.

Funkciu a princíp si môžu overiť na dvoch anténach jedna je prúťová vše smerová a druhá anténa ktorú máme navrhnuť je smerová anténa s reflektorom, ktorá bude vyžarovať do sektoru cca 90°.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SIEŤE GSM

1.1 História GSM sietí

Prvé siete sa začali používať v 80. rokoch minulého storočia. V tomto období bol veľký nárast analógových celulárnych systémov v Európe, ktoré nemali veľkú účinnosť, pretože každá krajina mala vlastný systém, ktorý nespôľupracoval s ostatnými analógovými celulárnymi sieťami s iných krajín. S dôvodom zlučovania Európy bolo treba z ekonomického hľadiska štandardizovať celú sieť v Európe. Vtedy si skupina európskych komunikačných operátorov požiadala konferenciu európskych správ a pôšt CEPT o možnosť štandardizácie celoeurópskeho mobilného komunikačného štandardu. V júni 1982 sa CEPT začal vážne zaujímať o danú tému a zobral túto úlohu za vlastnú. Vznikla skupina nazvaná Group Spécial Mobile(GSM), ktorá mala za úlohu vytvoriť štandardy pre nový digitálny systém pre celú Európu. Skratka GSM sa používa dodnes ale namiesto francúzskeho výkladu sa používa výstižnejší názov Global system for mobile Communications. V roku 1982 teda CEPT prijíma odporúčanie, aby frekvenčné spektrum 900 MHz (890 – 915 MHz a 935 – 960 MHz) bolo vyhradené pre budúci pozemný a námorný mobilný systém, ktorým sa neskôr stáva práve GSM. O tom ale v roku 1982 ešte zďaleka nebolo rozhodnuté. V neskorších rokoch došlo k rozšíreniu tohto spektra o ďalšie časti, v rokoch 1988, 1989 a 1990 sa definujú rozšírené frekvencie pre Enhanced GSM, DCS-1800 a PCN-1900, dnes označované ako deriváty frekvenčného spektra a napríklad pri spektre 900 a 1800 MHz nie sú už pre užívateľa citeľné žiadne prechody. Prvou starosťou GSM Group bolo vytvoriť zoznam požiadaviek, ktoré sú na nový mobilný systém kladené. Tieto požiadavky boli vytvorené v roku 1982 a malé obmeny došli v roku 1985, kedy boli zmrazené a vzaté ako základ ďalšej práce.

Požiadavky na mobilný systém

- Perfektná subjektívna kvalita prenášanej reči
- Nízka cena vybavenia a služieb
- Podpora medzinárodného roamingu
- Frekvenčná hospodárnosť
- ISDN zlučiteľnosť

- Efektivita v budúcnosti

V roku 1989 sa presunula zodpovednosť za štandardizáciu na Európsky telekomunikačný normalizačný inštitút (ETSI) v roku 1990 bola špecifikácia fázy 1 siete GSM prehlásená štandardom. V Slovenskej republike bol systém GSM komerčne spustený dňa 15. Januára 1997 spoločnosťou Globtel a za necelý mesiac aj spoločnosťou Eurotel.[3,7,13]

1.2 Bunkový systém

Základom dnešných mobilných celulárnych(bunkových) rádiatelefonných systémov je veľmi efektívne hospodárenie s frekvenčným spektrom, ktoré je výsledkom mnohonásobného použitia rovnakej pridelenej frekvencie v obsluhovanej oblasti. Princíp tejto bunkovej štruktúry môžeme vidieť, viz obrázku 1.



Obrázok 1. Bunkový systém[13]

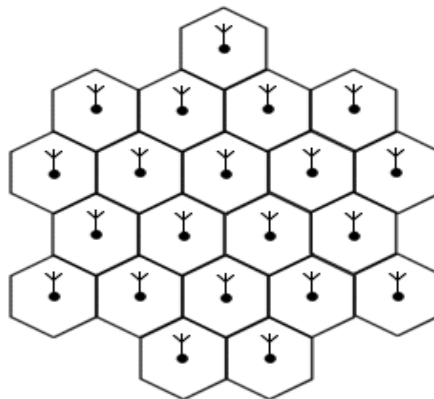
Obsluhovaná oblasť je tu rozdelená do 14 šesťuholníkov, ktoré tvoria dva zväzky (clusters) kde v každom zväzku je sedem buniek. Pokryť neobmedzene veľké územie by sme uskutočnili ďalším pridaním zväzkov. Bunkový systém funguje tak že v každej bunke je základňová stanica s určitou pridelenou skupinou kanálov a komunikujúce s mobilnou stanicou, ktorá sa nachádza iba v tejto bunke. Ďalších šesť buniek v tomto zväzku má pridelená svoje skupiny kanálov. V prípade, že sa oblasť všetkých siedmich buniek približne rovná interferenčnej oblasti je v každom z oboch zväzkov možné použiť rovnaké kanály. Pre porovnanie so staršou koncepciou systému by sme pre ľubovoľné veľké územie potrebovali asi 1250 kanálov pritom v bunkovom systéme len asi 50 kanálov čo je jedna z hlavných veľkých výhod tohto systému medzi ktoré patrí :

- Už spomínaná efektivita hospodárenia s pridelením rádiovým spektrom.

- Možnosť použitia handover (prechádzanie medzi bunkami bez obmedzenia s automatickým preladením frekvencie).
- Oveľa menší vysielač výkon na strane základňovej stanici aj mobilnej stanici ako u predchádzajúceho systému.

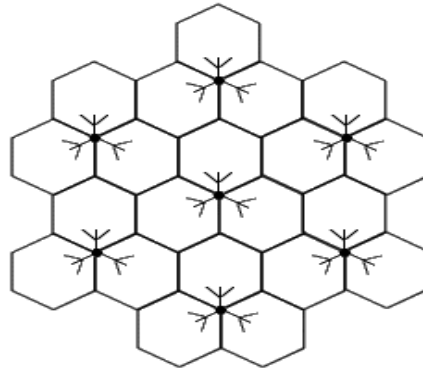
Jednou z nevýhod bunkového systému oproti staršiemu systému je že pokiaľ v staršom systéme stačila na obsluhu oblasti o polomere R jediná základňová stanica tak u bunkového systému je potrebných na približne rovnako veľký zväzok siedmich základňových staníc.[3,7,13]

Pre vytvorenie siete s lepšimi prevádzkovými vlastnosťami (napr. nižšie vysielačie výkony a zväčšenie počtu súčasne obsluhovaných mobilných staníc). Je možné použiť tzv. sektorizáciu čo znamená rozdelenie jedného zväzku na dvadsaťjeden menších buniek, viz obrázok 2.[8]



Obrázok 2. Sektorizácia buniek[8]

Nemení sa tým počet potrebných kanálov ale stupne počet základných staníc zo 7 na 21. Ich počet sa za pomoci sektorizácie dá zredukovať na sedem. Na každú základňovú stanicu sa umiestnia tri samostatné smerové antény do spoločných bodov v troch susedných buniek, viz obrázok 3.[8]



Obrázok 3. Systém smerových antén[8]

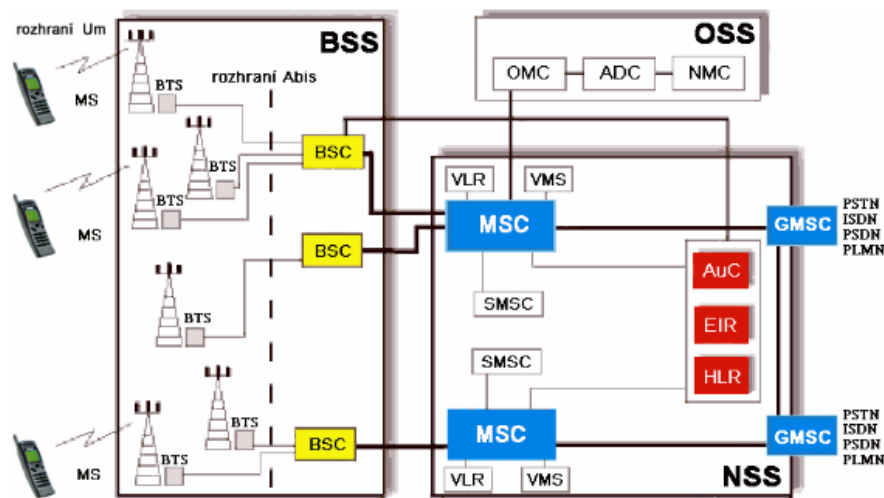
Bunkový systém je rozdelený do buniek rôznych veľkostí:

- Makro-bunka je to štandard základňovej stanice. Jej dosah je približne 35 km. Táto bunka používa tri vysielateľ makrocell, kedysi sa používal len jeden vysielateľ s vysielacím uhlom 360° , pre zvýšenie kapacity sa montujú vysielateľ makrocell s vysielacím uhlom 120° . Používa sa v riedko osídlených oblastiach pre rýchlo sa pohybujúcich účastníkov.
- Mirko-bunka používa vysielateľ s menším výkonom. Anténa má vyžarovací uhol 360° a dosahuje do vzdialenosti približne 27 km. Používa sa pre mestské aglomerácie a hustou zástavbou.
- Piko-bunka používa sa v kancelárskom a bytovom prostredí, kde je veľká koncentrácia ľudí. Dosah signálu niekoľko desiatok metrov.
- Satelitná bunka pokrýva oblasť dosiahnuteľnú s telekomunikačnej družice a jej funkciou je pokrytie miest, ktoré predošlé bunky nedokážu pokryť. Dosah signálu je závislý na umiestnení družice a parametroch vysielateľa a prijímateľa.[13]

1.3 Subsystémy siete GSM

GSM systém je rozdelený do troch subsystémov, viz obrázok 4.:

- Subsystém základňových staníc - BSS (Base Station Sub-System)
- Sieťový prepojovací (spínací) subsystém - NSS (Network Switching Subsystem)
- Operačný podporný subsystém - OSS (Operation Support Subsystem)



Obrázok 4. Štruktúra systému GSM[7]

1.3.1 Subsystem základných staníc – BSS

Je to koncový subsystem ktorý priamo komunikuje s mobilnými stanicami (MS) prostredníctvom rádiového rozhrania Um, ktoré sa niekedy nazýva tiež Air interface. Tento subsystem sa skladá z určitého počtu základňových staníc BTS (Base Transceiver Station) väčšinou od 12 do 30 staníc a riadiacej jednotky BSC(Base Station Controller).

- BTS (Base Transceiver Station)

BTS umožňuje fyzické spojenie mobilnej stanice (MS) vo forme rádiového rozhrania a sieťového subsystemu (NSS) cez Abis rozhranie. Podľa odporúčenia by mohla stanica BTS obsahovať až 16 smerových modulov TRX (vysielač/prijímač). Ich počet sa v skutočnosti pohybuje od jedného do štyroch.

- TRX modul (Transmitter/Receiver Module)

Modul TRX (vysielač/prijímač) je to najdôležitejšia časť základňovej stanice pre spracovanie signálu. Skladá sa z nízko-frekvenčnej časti pre digitálne spracovanie signálu a vysoko-frekvenčnej časti pre GSMK (Gaussian Minimum Shift Keying) moduláciu a demoduláciu. Ostatné časti základňovej stanice sú spojené s TRX modulmi a sú určené pre pomocné alebo administratívne úlohy.

- BSC (Base Station Controller)

Riadiaca jednotka (BSC) sa stará o prevádzku rádiového rozhrania. Prideluje a uvoľňuje rádiové kanály pre komunikáciu základňových staníc s mobilnými stanicami, komunikuje s ústrednou a stará sa o handover(predávanie hovoru medzi bunkami). Riadiaca jednotka (BSC) ovláda viac základňových staníc a komunikuje s ňou pomocou rozhrania Abis.

- TC (TransCoder)

Transkódovacia jednotka (TC) má za úlohu prispôbiť rýchlosť medzi riadiacou jednotkou a mobilnou rádiatelefnou ústrednou, pretože rozhranie Abis poskytuje prenosovú rýchlosť 16kbit/s ale mobilná ústredňa s dôvodu kompatibility s externými sieťami používa telefónny kanály s rýchlosťou 64kbit/s.[7]

1.3.2 Sieťový prepojovací (spínací) subsystém – NSS

Je to systém podobne fungujúci ako ústredňa. Hlavnou funkciou je riadenie komunikácie medzi mobilnými účastníkmi siete GSM a ostatnými účastníkmi. Z jednej strany je sieťový prepojovací subsystém napojený na subsystém základných staníc a z druhej strany sú všetky dostupné externé siete (ISDN apod.). Okrem prepojovacej funkcie plní ďalšie úlohy vyplývajúce s mobilitou účastníkov, obsahuje databázu účastníkov a sleduje ich pohyb.

- MSC (Mobile Switching Centre)

Mobilná rádiatelefná ústredňa zjednodušene môžeme povedať že funguje ako ústredňa v pevnej sieti. Zostavuje jednotlivé spojenia v rámci mobilnej siete aj smerom do ostatných sietí. Za úlohu má kontrolu pridelených kanálov, evidenciu všetkých užívateľov a účtujú sa tu hovory.

- HLR (Home Location Register)

Domovský lokalizačný register (HLR) ide o databázu v ktorej sa zhromažďujú údaje o všetkých registrovaných účastníkoch. Taktiež tu sú uložené identifikačné čísla SIM kariet (IMSI), údaje o dostupných službách a údaje o lokalite účastníka (do akého návštevníckeho lokalizačného registru boli dáta o účastníkovi skopírované). Každý účastník je vždy registrovaný len v jednej domovskom lokalizačnom registri (HLR).

- VLR (Visitor Location Register)

Návštevnícky lokalizačný register (VLR) tento register uchováva prechodné aktuálne informácie o mobilných účastníkoch pohybujúcich sa v oblasti príslušnej mobilnej rádiatelefontnej ústredne. Jedná sa len o dočasnú kópiu.

- AuC (Authentication Center)

Autentizačné centrum (AuC) je to chránená databáza obsahujúca kľúče pre overenie účastníka. Jej úlohou je overovanie totožnosti každého účastníka pred zahájením komunikácie a zabezpečuje tak ochranu proti zneužitiu systému GSM.

- EIR(Equipment Identity Register)

Register mobilných staníc (EIR) je databáza všetkých identifikačných čísiel mobilných staníc (IMEI) pomocou, ktorej môžeme zamedziť neoprávnenému používaniu mobilného telefónu.[7]

1.3.3 Operačný podporný subsystém – OSS

Je to časť systému GSM, ktorá má na starosti prevádzku a údržbu celého systému a taktiež zaisťuje záležitosti finančného charakteru. Skladá sa s týchto troch častí:

- OMC(Network Management Centre)

Prevádzkové a servisné centrum (OMC) riadi chod ostatných subsystémov (BSS,NSS), je zodpovedný za ovládanie a údržbu (MSC,BSC a BTS).

- NMC(Network Management Centre)

Centrum managementu siete sa podieľa na správe mobilných staníc. Zaisťuje celkové riadenie toku informácií v sieti.

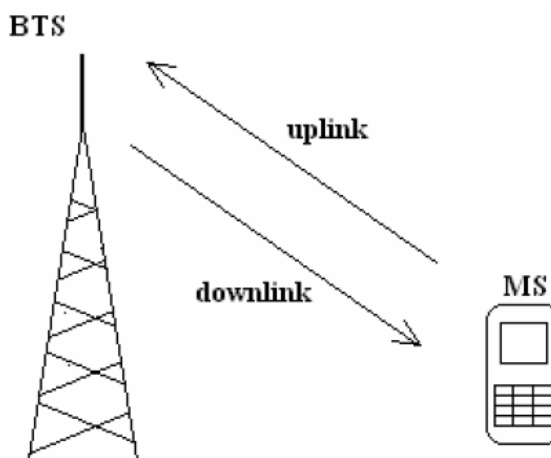
- ADC(Administrative Center)

Administratívne centrum má za úlohu správu a management účastníkov siete GSM (platenie účtov apod.).[7]

1.4 Frekvenčné a časové delenie prístupu

Pre prístup mobilnej stanice do siete sa používa ako frekvenčné taktiež časové delenie. Ako sme už spomínali frekvenciou je územie delené do buniek. A tiež zaisťuje duplexnú (obojstrannú) komunikáciu. Keď je smer od mobilnej stanice k základňovej stanici to sa

nazýva uplink a od základňovej stanici smerom k mobilnej stanici tak to je downlink, viz obrázok 5.[3]



Obrázok 5. Duplexná komunikácia[3]

1.4.1 Frekvenčné delenie prístupu

Mobilný systém GSM v súčasnej dobe používa niekoľko pásiem. Ako prvé bolo v Európe využité pásmo 900MHz označené ako P-GSM(Primary GSM) využívajúce pásmo 890MHz až 960MHz. Neskôr bolo pásmo rozšírené o 10 MHz smerom „dole“ takže malo rozsah 880 MHz až 960MHz a toto pásmo je označované ako E-GSM(Extended GSM). Ako sa dalo predpokladať s rastúcim počtom užívateľov už kapacita tohto pásma nestačila a tak sa zaviedlo nové pásmo 1800MHz. Keďže je nosná frekvencia vyššia dovoľuje použiť širšie pásmo a tak spojiť viac účastníkov. Celosvetovo sa používa viac pásiem ako len tieto dve, ich použitie sa líši podľa toho o akú zem či svetadiel ide. Na obrázku 6. sú uvedené jednotlivé frekvenčné pásma aj s duplexnými rozdielmi.

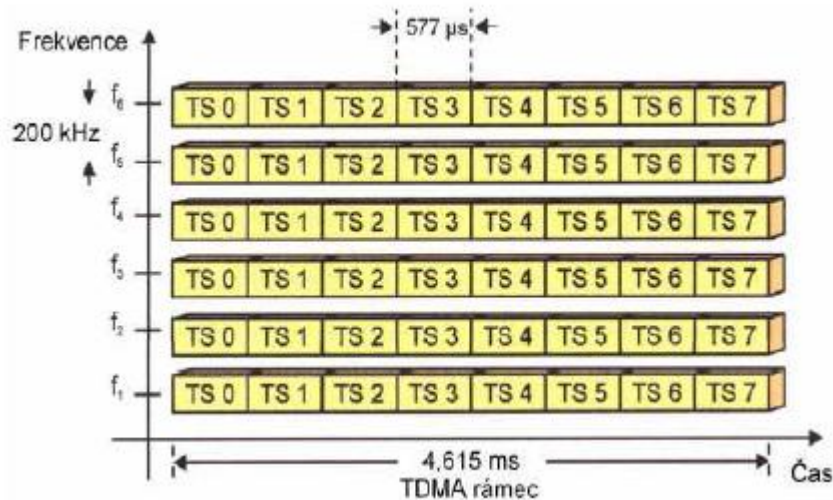
System	Uplink [MHz]	Downlink [MHz]
GSM-850	824,0-849,0	869,0-894,0
P-GSM-900	890,0-915,0	935,0-960,0
E-GSM-900	880,0-915,0	925,0-960,0
DCS-1800	1710,0-1785,0	1805,0-1880,0
PCS-1900	1850,0-1910,0	1930,0-1990,0

Obrázok 6. Frekvenčné pásma[3]

Jednotlivý prístup k základňovým staniciam je riešený pomocou frekvenčného multiplexu. Subpásma (uplink,downlink) u P-GSM sú rozdelené do 124 kanálov so šírkou pásma 200kHz, pri E-GSM je šírka subpásma väčšia o 10Mhz čo predstavuje o 50 kanálov viac. Rozteč duplexného páru je 45 MHz. Číslo kanálu je označené ako absolútne číslo rádiového frekvenčného kanálu (ARFCN).[3]

1.4.2 Časové delenie prístupu

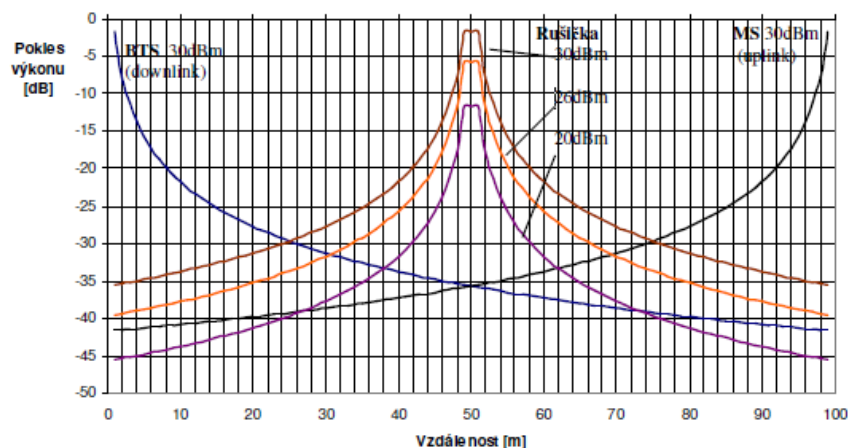
Tak ako aj u frekvenčnom delení tak aj u časového delenia je zavedený časový multiplex. Každé absolútne číslo rádiového frekvenčného kanálu (ARFCN) je rozdelené do ôsmich tzv. timeslotov. Pod týmto pojmom si môžeme predstaviť to ,že rovnakú frekvenciu môže využiť 8 účastníkov. Doba trvania jedného timeslotu je $577\mu\text{s}$. Všetkých osem tiemslotov tvorí viacnásobný prístup s časovým delením (TDMA) rámec s dobou trvania 4,615 ms. Do každého timeslotu sa vkladajú vlastné dáta (bursty). Obsahujú signalizačné , riadiace synchronizačné, hovorové a ďalšie dáta. Jeden burst má dĺžku 156,2 bitu ale užitočných je len 147 bitov ostatné sú ochranné. Pre predstavu je tu na obrázku 7. ukázané frekvenčné a časové delenie.[3]



Obrázok 7. Časové delenie prístupu[3]

2 PRINCÍP RUŠIČKY GSM

Hlavným cieľom rušenia rádiového signálu je vysielat' cudzí signál o rovnakej frekvencii ako používa vysielateľ (prijímač), ktorý chceme rušiť. Pre zariadenie to znamená, že sa mu zvýši úroveň šumu a dôsledkom toho, jeho prijímač nie je schopný rozpoznať užitočný signál. Keď chceme rušiť mobilnú sieť GSM, musíme zvýšiť úroveň šumu v celom rozsahu kanálov (ARFCN). Dôvod rušenia v celom rozsahu kanálov je že nevieme ktoré kanály sú v danom mieste dostupné mobilnej stanici. Keby sme rušili len základňové stanice s najsilnejším signálom tak by sa mohla mobilná stanica prepojiť na niektorú z menej dostupných základňových staníc aj za cenu menšieho signálu a k rušeniu komunikácie by nedošlo. Pri rušení spojenia medzi mobilnou stanicou a základňovou stanicou nie potrebne rušiť celé pásmo GSM-900 ale stačí rušiť jedno zo subpásiem. Dosiahneme tým rušenie obojsmernej komunikácie. Rušenie signálu je lepšie praktizovať v pásme pre uplink, pretože základňová stanica môže mať výkon niekoľko desiatok wattov na rozdiel od mobilnej stanice, ktorá ma výkon maximálne niekoľko jednotiek wattov. V tomto prípade sa predpokladá umiestnenie rušičky v blízkosti základňovej stanice. Toto je jeden spôsob rušenia ale ak budeme rušiť obidve subpásma môžeme dosiahnuť rovnakého rušenia a pritom s výrazne nižším vysielacím výkonom rušičky. Obrázok, ktorý predstavuje pokles výkonu prijímaného signálu s rastúcou vzdialenosťou. Na obrázku vidno priebehy rôznych vysielacích výkonov rušičky. Krivky na obrázku 8. sú iba orientačné, pretože predpokladáme šírenie vln prostredím bez odrazu.



Obrázok 8. Orientačný pokles vysielacích signálov v závislosti na vzdialenosti[3]

Predpokladajme že základňová stanica aj mobilná stanica vysielajú rovnaký výkon . Rušička je umiestnená presne v strede medzi nimi ako náhle bude vysielat' rovnaký výkon ako základňová stanica (mobilná stanica), bude potlačený uplink ako aj downlink. Výkonová krivka rušičky je stále nad úrovňou základňovej stanice(mobilnej stanice). Pokiaľ by sme znížili výkon rušičky, tak v určitej vzdialenosti bude mať rušenie nižšiu úroveň ako základňová stanica(mobilná stanica) a k rušeniu nedôjde. V skutočnosti bude rušička bližšie k jednému z nich predpokladajme, že k mobilnej stanici. Ako môžeme vidieť na obrázku 8. keď pôjdeme bližšie k mobilnej stanici tak výkonová krivka rušičky sa posunie doprava a tým bude vyšší pomer rušivého signálu k signálu užitočnému. Rovnakého efektu rušenia dosiahneme aj s nižším výkonom. Keď bude rušička blízko mobilnej stanici budeme rušiť slabý signál od základňovej stanici alebo naopak .[3]

3 ANTÉNY SYSTÉMU GSM

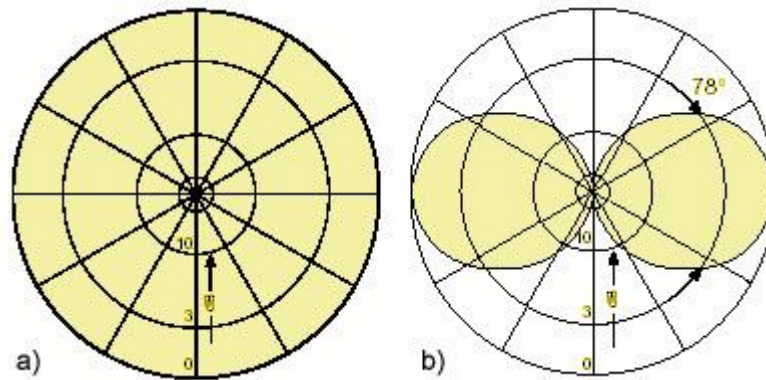
Anténa je hraničím prvkom rádiokomunikačného reťazca. Voľba vhodnej antény pre konkrétny rádiový spoj závisí na viacerých faktoroch. Jedným s najdôležitejších faktorov z nich je pracovná frekvencia, mechanizmus šírenia, požiadavky na smerovosť, prevádzkové podmienky, výkon vysielateľa a taktiež ekonomické možnosti. Jednotlivé faktory môžeme rozdeliť do dvoch základných skupín. Do prvej skupiny patria faktory popisujúce anténu z hľadiska jej vonkajšieho chovania tj. ako sa anténa javí pri meraní vo voľnom prostredí okolo nej. Druhu skupiny môžeme charakterizovať ako vlastnosti materiálu antény, z ktorej je postavená. V skutočnosti tieto dve skupiny spolu súvisia. [2,6,9]

Pretože je anténa koncovým prvkom ovplyvňuje svojimi parametrami kvalitu celého rádiokomunikačného prenosu. Z hľadiska rozdelenia antén GSM je jeden s najdôležitejších faktorov ich smerová charakteristika, ktorá je grafickým vyjadrením funkcie žiarenia antény. Podľa tvaru charakteristiky v horizontálnom reze sa antény rozdeľujú do dvoch základných skupín:

- Smerové antény
- Vše smerové antény[10]

3.1 Vše smerové antény

Vše smerové antény systému GSM majú podobu rukávového dipólu. Je to rameno napr. polovlnového dipólu, na ktoré je pripojený stredný vodič koaxiálneho vedenia a potom cez plášť napájateľa je prevlieknutá trubka (rukáv) o dĺžke štvrtiny vlnovej dĺžky. Vonkajší povrch rukávu tvorí druhé rameno dipólu. S plášťom koaxiálneho napájacieho káblu je spojená na hornom konci a na dolnom konci je vysokofrekvenčne izolovaná od nosnej konštrukcie. Tvar vertikálnej smerovej charakteristiky súvisí s dĺžkou antény, presnejšie s pomerom dĺžky antény a vlnovou dĺžkou vysielacieho signálu. Vše smerové antény sa používajú väčšinou v oblastiach s menšou hustotou užívateľov a kde je signálom z antény pokrytá celá bunka, viz obrázok 9. [10]

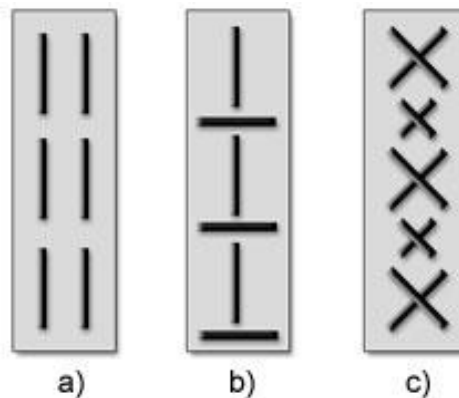


Obrázok 9. Smerová charakteristika vše smerovej antény

a) v horizontálnej rovine b) vo vertikálnej rovine[10]

3.2 Smerové antény

Spojením dipólu do sústavy možno dosiahnuť väčšej či menšej smerovosti a nenulového zisku antén. Najpoužívanejšou smerovou anténou pre GSM je tzv. panelová anténa . Je to sústava dipólov pred reflektorom (plochým popr. zalomeným) umiestnená v zvislej polohe. Najčastejšie spôsoby rozmiestnenia dipólu pred reflektorom sú, viz obrázok 10. Staršie konštrukcie antén používali sústavu dipólov iba pre vertikálne polarizácie a zaujímavý panelový anténny systém pre každé pásmo, viz obrázok 10a. Neskôr boli vyvinuté antény, ktoré dokázali prijímať na viac signály s horizontálnej polarizácií pre diverzný systém s polarizačným výberom, viz obrázok 10b. Dnešná podoba najnovších anténnych sústav, ktorá používa polarizáciu X , je konštruovaná pre obe pásma GSM. Na viac pomocou duplexoru sú použiteľné súčasne pre vysielanie aj prijímanie. K obsluženiu daného sektoru tak stačí iba jedna takáto anténa, viz obrázok 10c .



Obrázok 10. Typy konštrukcií antén[10]

Smerové antény sa používajú v oblastiach s vyššou koncentráciou užívateľov hlavne pri rozdelení buniek na sektory.[10]

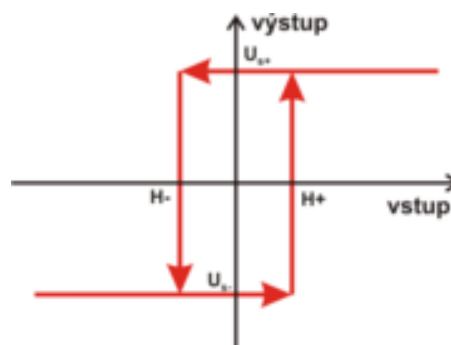
II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 KOMPONENTY RUŠIČKY GSM

Naša rušička signálu GSM sa skladá zo štyroch základných komponentov. Prvým komponentom je generátor nízkofrekvenčného rozmiešavajúceho signálu za ním je zosilňovač signálu potom napätím riadený oscilátor a na koniec anténa. V tejto kapitole sa budem zaoberať jednotlivým návrhom komponentov okrem napätia riadeného oscilátora, ktorý bol zakúpený a popisom ich funkcie pri rušení signálu. Jednotlivé schémy a návrhy DPS som spracoval v programe Eagle.

4.1 Generátor nízkofrekvenčného rozmiešavajúceho signálu

Tento generátor nízkofrekvenčného rozmetajúceho signálu som navrhol na základe schmittovho klopného obvodu. Výstup schmittovho klopného obvodu podobný výstupu komparátoru dosahuje tiež kladné alebo záporné saturačné napätie ale tento obvod sa nazýva tiež bistabilný klopný obvod pretože nestačí aby sme priviedli rozdielne napätie na vstupy ako u komparátoru. Rozdiel medzi týmito napätiami musí dosiahnuť minimálnej hodnoty H , ktorá sa nazýva hysterezia. Pokiaľ obvod nedosiahne minimálnej hodnoty H tak zostáva v predošlom stave.. Ilustračný obrázok 11. znázorňuje hystereziu na grafe



Obrázok 11. Hysterezia[5]

Keďže na výstupe schmittovho klopného obvodu je obdĺžnik potom na vstupe integráciou (článkom RC) tejto obdĺžnikovej zložky nám vznikne trojuholníkový priebeh, viz obrázok 13. Zvolil som člen RC pretože je vhodnejší pre nízkofrekvenčné generovanie na rozdiel od člena LC, ktoré sa využívajú pre vysokofrekvenčné generovanie signálu. Periode generovaného signálu je daná časovou konštantou τ , ktorá sa vypočíta pomocou vzorca $\tau = RC$

Spojením schmittovho klopného obvodu na neinvertující vstup tvorený kladnou spätnou väzbou rezistormi R_2 , R_3 a článku RC ktorý tvorí zápornú spätnú väzbu sme vytvorili tzv. multivibrátor, viz obrázok 12., veľkosť amplitúdy U_t vypočítame podľa vzorca (1) :

$$U_t = U_{sat} \frac{R_3}{R_2 + R_3} \quad (1)$$

V čase $t_2 = \frac{T}{2}$ nám klesne napätie na kondenzátore na hodnotu $u_c = -U_t$ vzťah pre napätie na kondenzátore je (2):

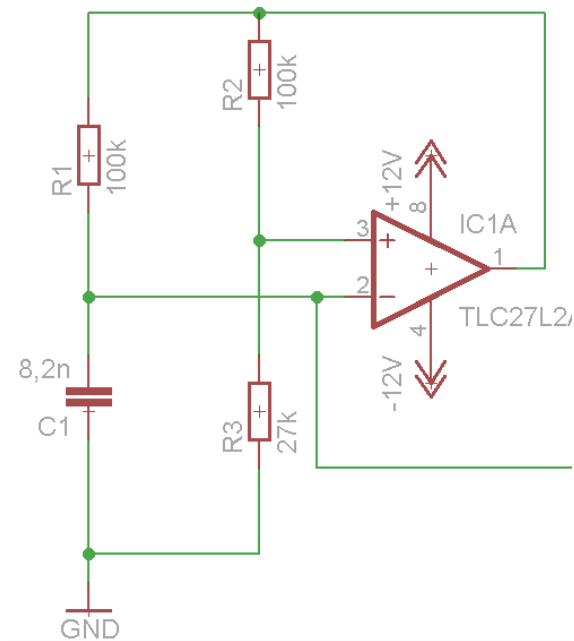
$$u_c = (U_t + U_{sat}) e^{-\frac{t_2}{\tau}} - U_{sat} \quad (2)$$

Z toho po dosadení a úprave dostávame celkovú dobu periódy T (3) :

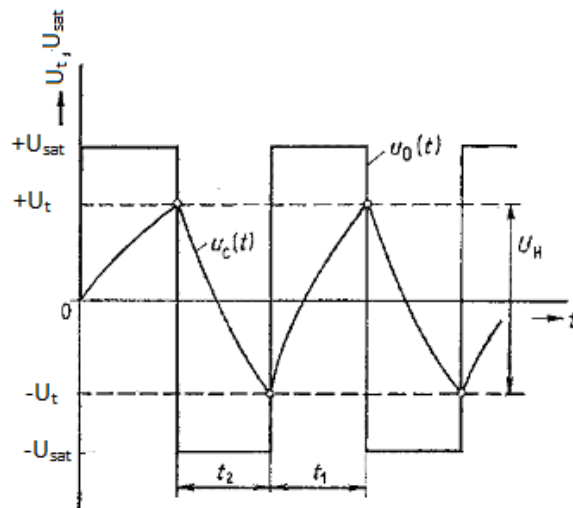
$$T = 2\tau \ln \left(1 + 2 \frac{R_3}{R_2} \right) \quad (3)$$

Podľa periódy vypočítame potrebnú frekvenciu (4) :

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]} \quad (4)$$

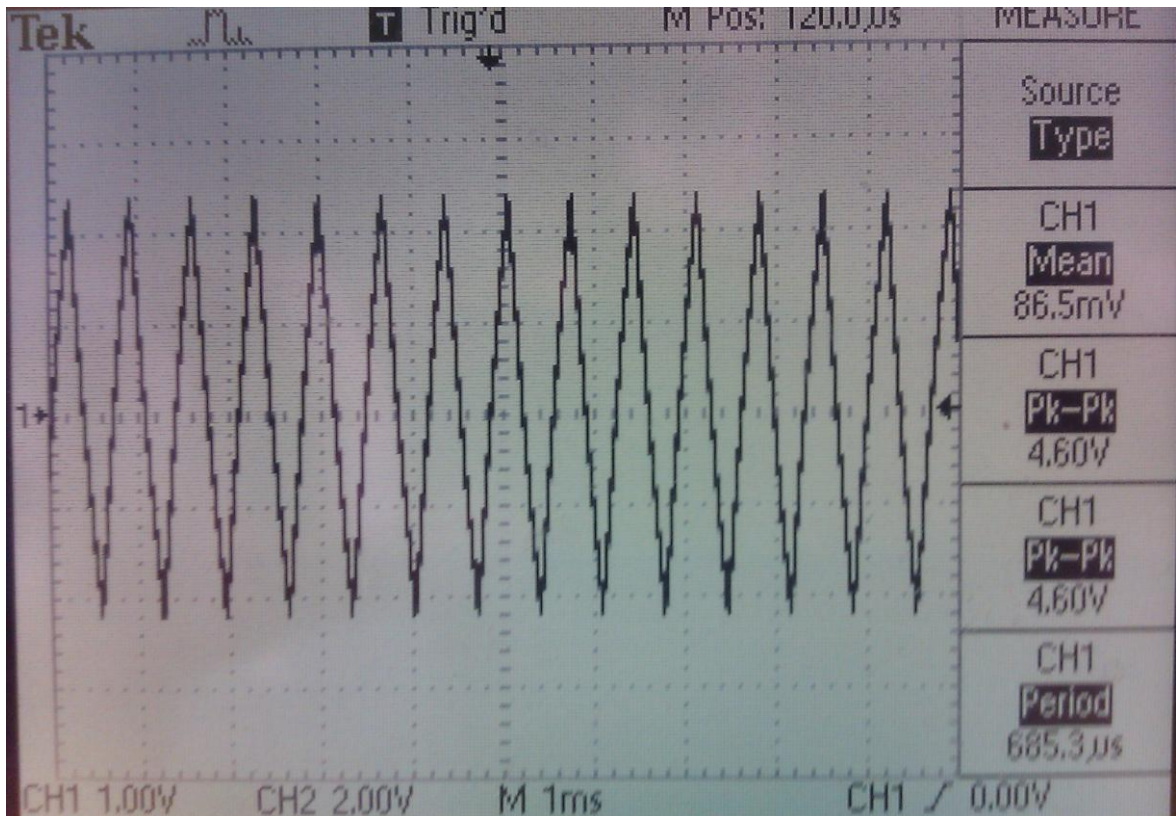


Obrázok 12. Schéma tzv. multivibrátoru



Obrázok 13. Ilustračný priebeh trojuholníkového signálu[5]

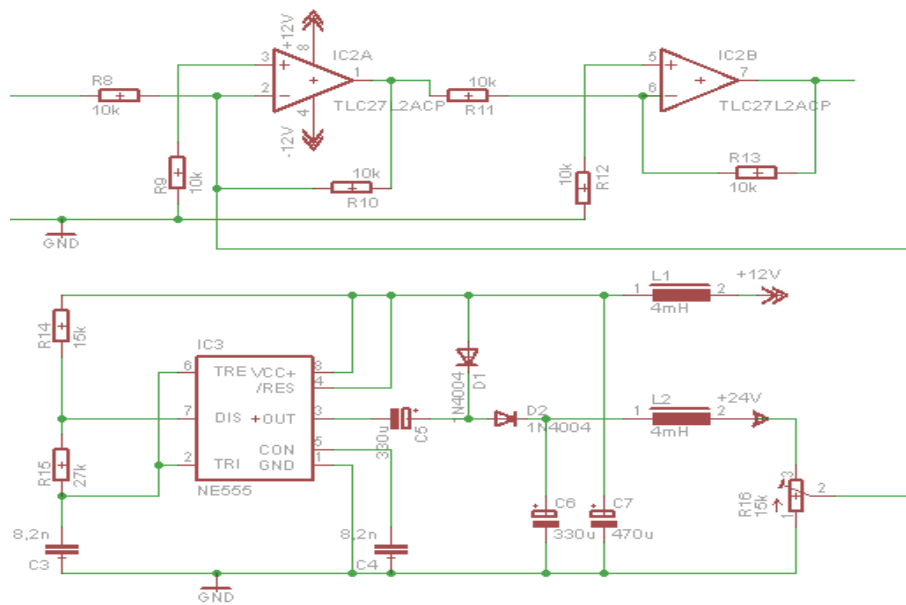
Takto navrhnutý trojuholníkový signál vyvedieme s invertujúceho vstupu ďalej. Na obrázku 14. možno vidieť nameraný priebeh trojuholníkového signálu:



Obrázok 14. Nameraný priebeh trojuholníkového signálu

4.2 Zosilňovač signálu

Zosilňovač signálu som navrhol pomocou dvoch súčtových (invertujúcich) zosilňovačov a privedením offsetového napájania na invertujúci vstup prvého zosilňovača. Po návrhu generátora som musel zostrojiť zosilňovač signálu, pretože potrebujeme mať na výstupe +13V ktoré budú riadiť napätím riadený oscilátor. Prvý operačný zosilňovač nám mení fázu o 180° na výstupe nám vznikne signál -13V a ďalší operačný zosilňovač nám mení fázu tiež o 180° a na výstupe nám vznikne +13V, ktoré môžeme preladovať pomocou trimru R16 na vstup napätím riadeného oscilátora podľa toho akú frekvenciu potrebujeme rozmetať. Ako je vidno na obrázku 15.

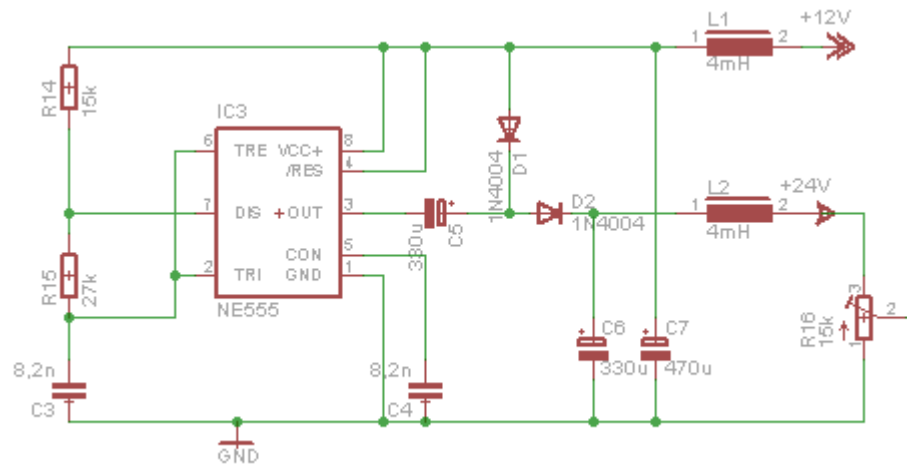


Obrázok 15. Schéma zosilovača signálu

Offsetové napájanie sme navrhli pomocou časovača NE555, je to astabilný klopný obvod, pretože nie je stabilný ani v jednom stave ale neustále sa meniaci medzi nízkou a vysokou úrovňou. Frekvencia(f) je počet cyklov za jednu sekundu. Po navrhnutí súčastok rezistorov R14, R15 a kondenzátorov C3 a C4 sme vypočítali frekvenciu signálu na výstupe podľa vzorca(5):

$$f = \frac{1,43}{C_3(R_{14} + 2R_{15})} \text{ [Hz]} \quad (5)$$

A pomocou diód D1,D2 a kondenzátorov C6, C7 sme upravili výstupné napätie na +24V. Tlmivky L1, L2 sme pridali do obvodu, pretože spínanie časovača nám spôsobovalo nechcenú striedavú zložku v obvode a vznikalo nám rušenie generátora, keďže vstupné napájanie je spoločné. Takto navrhnutý menič s 12V na 24V sme museli upraviť na požadovanú hodnotu offsetu pomocou trimru R16 ktorým meníme rozsah napájania. Ako môžeme vidieť na obrázku 16.



Obrázok 16. Schéma zapojenia zdvojovača napätia

4.3 Napätím riadený oscilátor (VCO)

Napätím riadený oscilátor je jedna s najdôležitejších komponentov rušičky. Vnútorne zapojenie VCO je na obrázku 18. Funguje tak že na vstup privedieme požadované napätie s nášho generátoru, rozsah napätia volím podľa toho akú frekvenciu chceme rušiť. Pre našu rušičku sme zvolili napätím riadený oscilátor od firmy Mini-Circuits, typ ZOS-1025, ktorého rozsah frekvencií je od 685-1025 MHz čo je pre naše pásmo rušenia dostatočné. Následne sme si overili či súhlasí výrobcom závislosť frekvencie na privádzanom napätí (obrázok 19.). Ako je možné vidieť na obrázku 17., na ktorom sme merali hodnoty napätia od 10V-14V v závislosti na frekvencií.



Obrázok 17. Namerané napätie v závislosti na frekvencií (VCO)

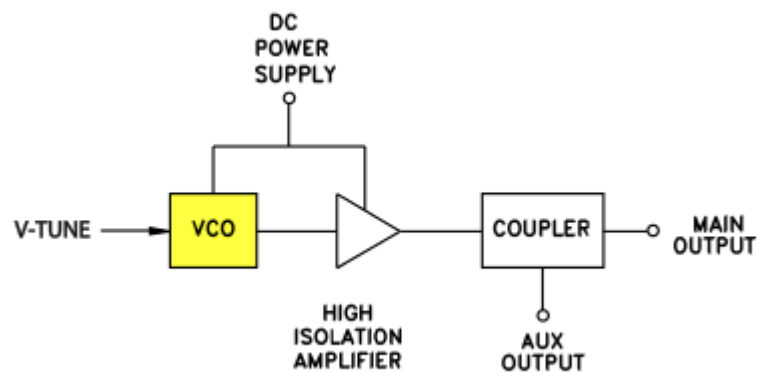
Pre náš frekvenční rozsah 910-975 MHz sme s rovnice grafu vypočítali napätie ktoré budeme privádzať na VCO aby sme rušili (downlink) pásma GSM čo je 935 -960 MHz, preto sme zvolili väčší rozsah aby sme rušili nielen celé pásmo ale aj frekvenciu pod a nad uvedením rozmedzím (downlinku). Krivka grafu má rovnicu regresie, s ktorej sme vypočítali hodnoty napätia pre VCO v danom frekvenčnom rozsahu:

$$y = 28,947x + 622,4 \quad (6)$$

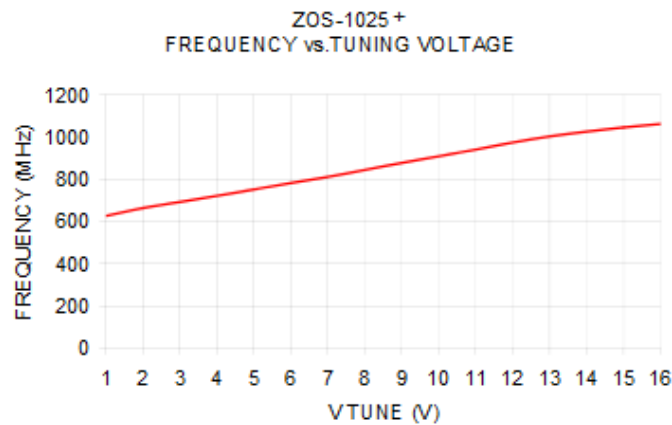
Po úprave:

$$x = \frac{y - 622,4}{28,947} \quad (7)$$

Z toho vyplýva že pre frekvencie od 910 MHz do 975 MHz je treba nastaviť napätie od 9,9V do 12,1V ktoré budeme nastavovať trimrom R16.



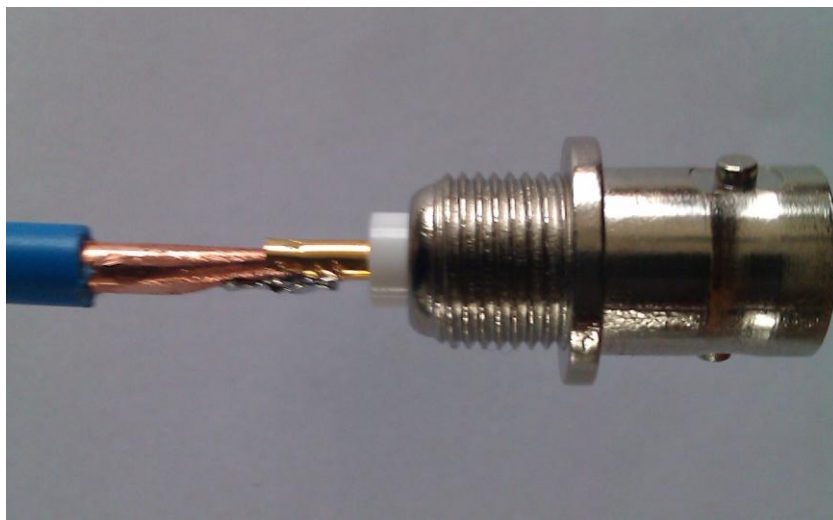
Obrázok 18. Blokovaná schéma VCO[14]



Obrázok 19. Napätie v závislosti na frekvencií (VCO) od výrobcu[14]

4.4 Návrh antény

V našom prípade budeme používať dva druhy antén prúťovú (vše smerová) a smerovú anténu a reflektorom, ktorá bude vyžarovať do sektoru cca 90°. Pre návrh smerovej antény s reflektorom sme využili poznatky a kapitoly 3, naša anténa je vytvorené pomocou cuprexitu, BNC konektora a vodiča . Postup pri realizácii antény, najskôr sme si museli upevniť anténu tvorenú medeným vodičom o priemere 3mm, ktorý som upravil tak aby sa dal upevniť na výstup BNC konektoru viz. Obrázok 20.



Obrázok 20. Upevnenie antény na BNC konektor

Ďalej sme si museli vypočítať dĺžku antény. Pri tvorbe antény nie je veľmi dôležité aký priemer antény mále ale hlavným parametrom je dĺžka antény, ktorá sa vypočíta podľa známeho vzorca(8),(9):

$$L = \frac{\lambda}{4} \text{ [m]} \quad (8)$$

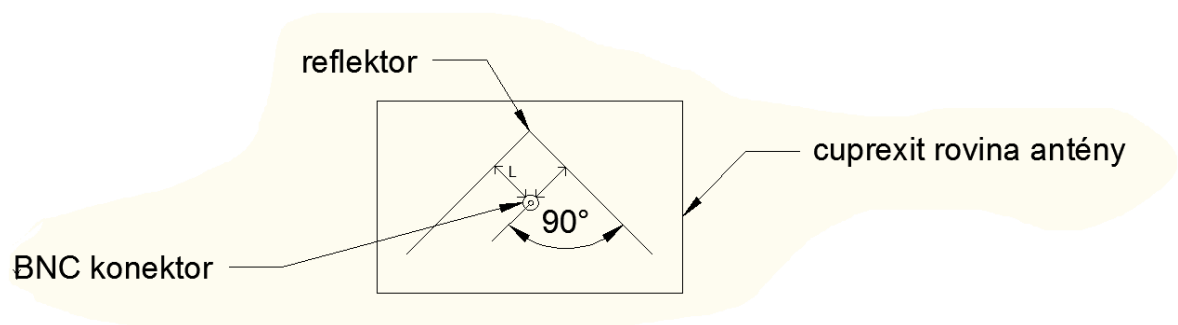
$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ [m]} \quad (9)$$

L- dĺžka vodiča

λ - vlnová dĺžka

c- rýchlosť elektromagnetického vlnenia

Po výpočte sme zistili že dĺžka antény od roviny tvorenou cuprexitom je 8,2 cm. Cuprexitová rovina nám bude plniť aj funkciu uzemnenia. Pri návrhu reflektoru som spojil dve cuprexitové dosky do tvaru V tak aby uhol medzi nimi bol 90°. Vzdialenosť reflektoru od antény sa vypočíta tak isto ako dĺžka antény L a musí byť kolmo na reflektor viz obrázok 21.



Obrázok 21. Návrh realizácie smerovej antény s reflektorom

5 REALIZÁCIA RUŠIČKY MOBILNÉHO TELEFÓNU

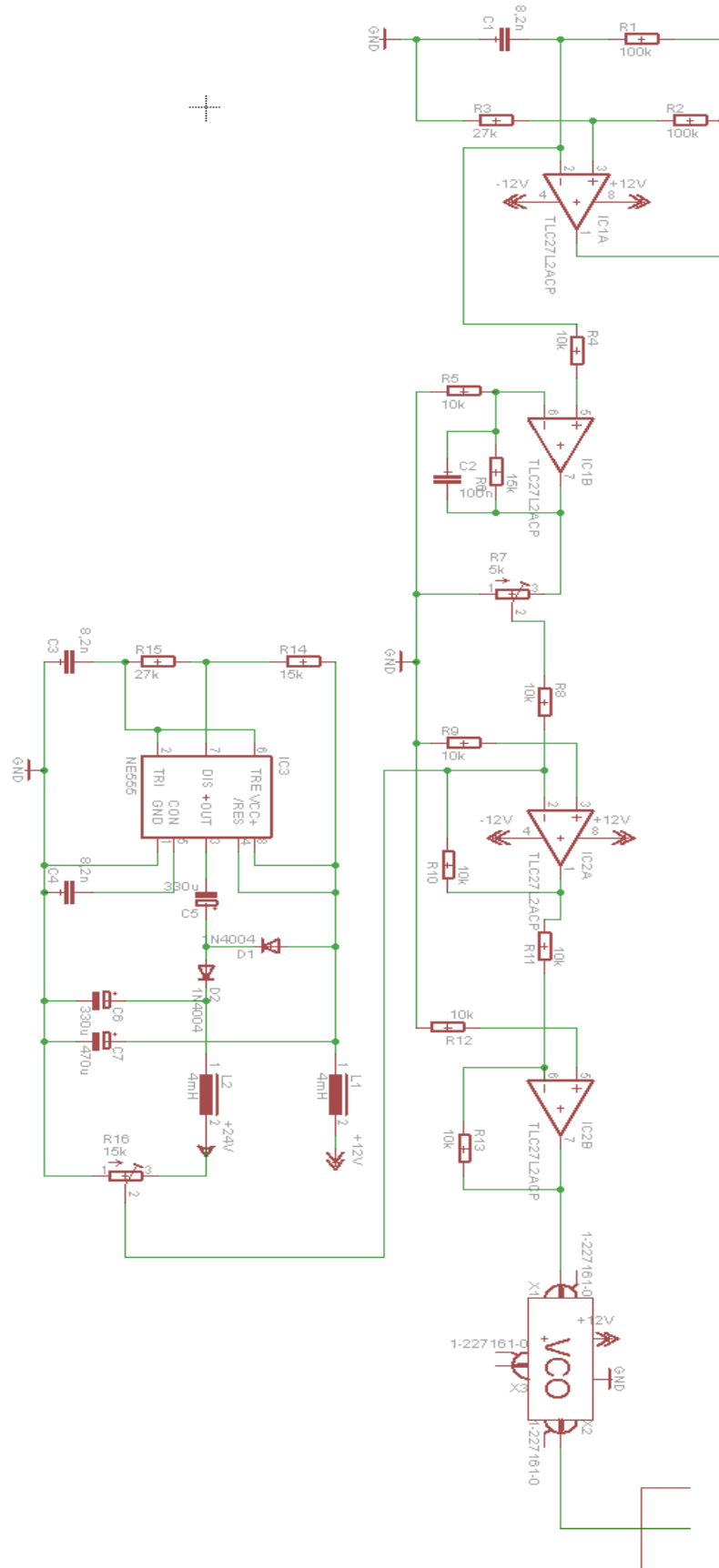
V tej kapitole sa budeme zaoberať samotnou realizáciou rušičky mobilného telefónu podľa zadania. Namerané veličiny a priebehy sú znázornené v grafoch. V prvej podkapitole sa budeme zaoberať funkciou rušičky pre prúťovú anténu. V druhej kapitole budeme skúšať funkciu pre smerovú anténu s reflektorom.

Pri návrhoch dosky plošného spoja budem používať editor Eagle.

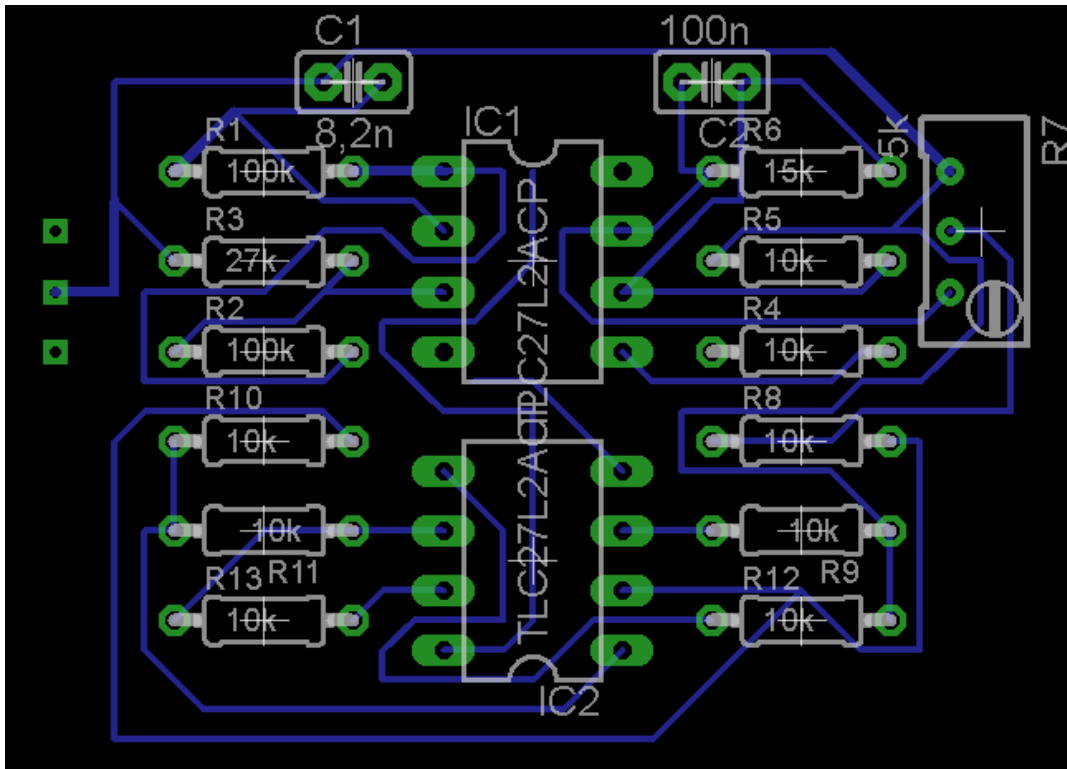
Naša rušička bude zarušovať pásmo GSM 900 MHz, funguje tak že vysielajú na rovnakých frekvenciách ako BTS tzv. downlink.

5.1 Funkcia rušičky pre prúťovú anténu

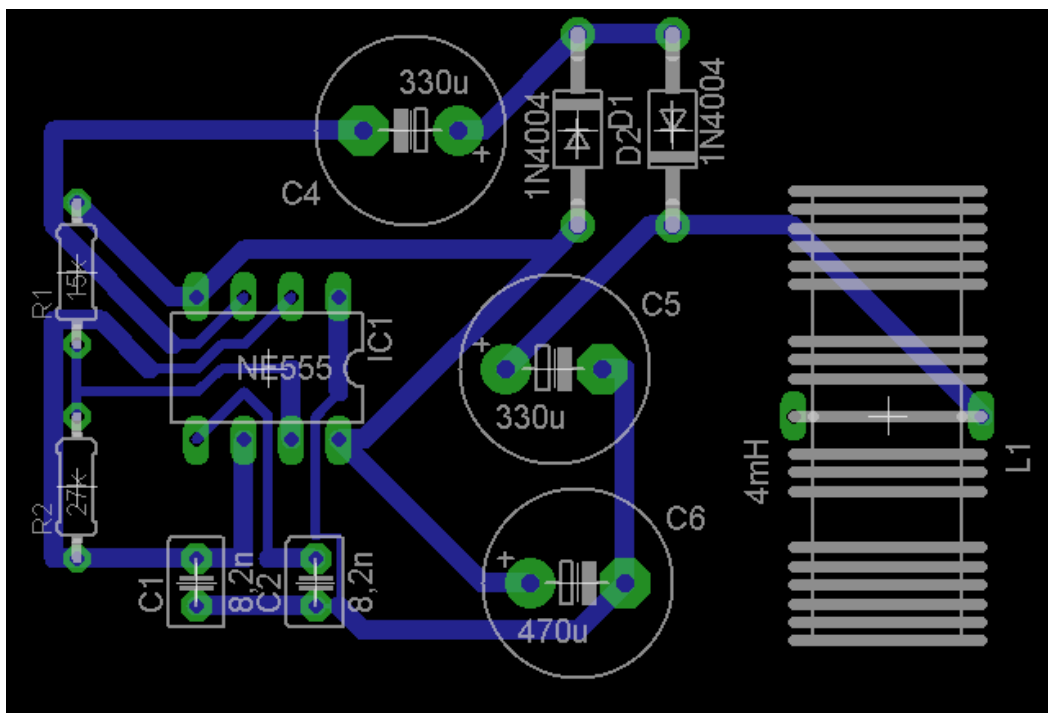
Ako bolo už spomenuté v kapitole 4 budeme na rozmetanie signálu používať nízkofrekvenčný rozmetajúci generátor trojuholníkového signálu. Privedeným napájacieho napätia na vstupy operačného zosilňovača $\pm 12V$. Na doske plošných spojov sme použili dva integrované obvody TL027CN, ktorý každý obsahuje dva operačné zosilňovače. S prvého operačného zosilňovača s invertujúceho vstupu máme trojuholníkový signál, viz Obrázok 14., ktorý vedieme na druhý operačný zosilňovač na neinvertujúci vstup, kde signál zosilní a vyfiltruje pomocou rezistora a kondenzátora na invertujúcom vstupe so spätnou väzbou, viz obrázok 25. Ďalej ide na odporový delič tvorený trimrom R7, kde upravíme napätie signálu na $\pm 1V$. Signál s napätím $\pm 1V$ je privedený na súčtový invertujúci zosilňovač, kde sa k tomuto pripojí offstové napájanie a na výstupe vznikne záporný zosilnený signál na požadované napätie. Aby sme získali plusovú hodnotu signálu je vedený na ďalší súčtový invertujúci zosilňovač ktorý obráti fázu o 180° a vznikne nám kladný trojuholníkový signál, viz obrázok 26., ktorý privedieme na VCO kde pomocou tohto napätia rozmetieme dané frekvenčné pásmo. S VCO ideme na prúťovú anténu pomocou koaxialu s impedanciou 50Ω a keďže je to prúťová anténa rušivý signál sa šíri všetkými smermi, viz obrázok 22. a dosky plošných spojov komponentov rušičky, viz obrázok 23. a obrázok 24.



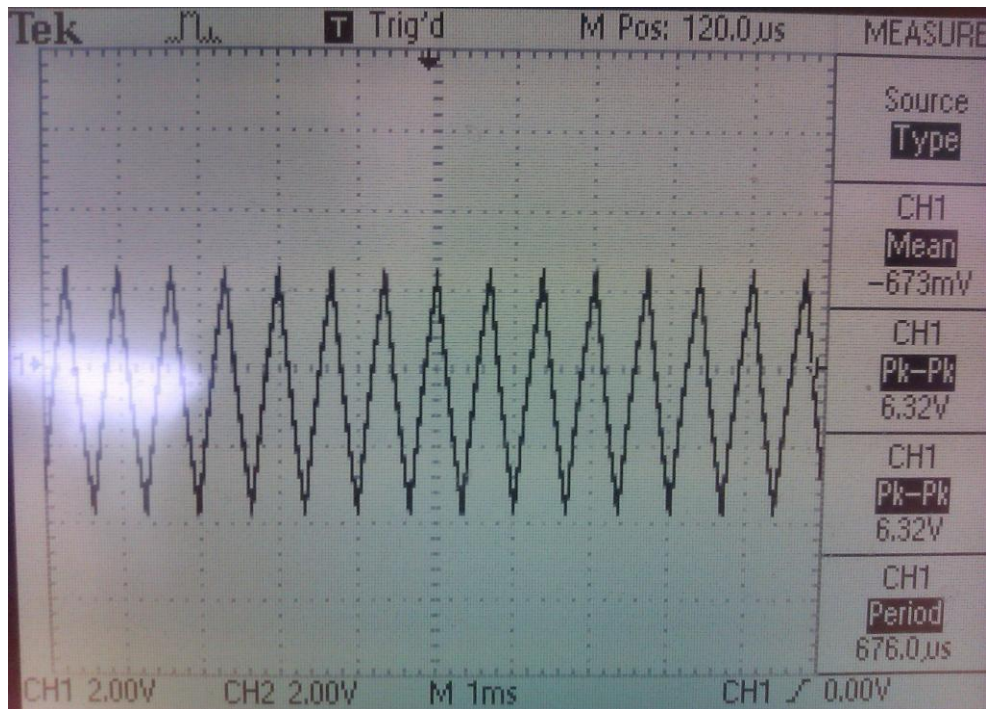
Obrázok 22. Schéma zapojenia rušičky



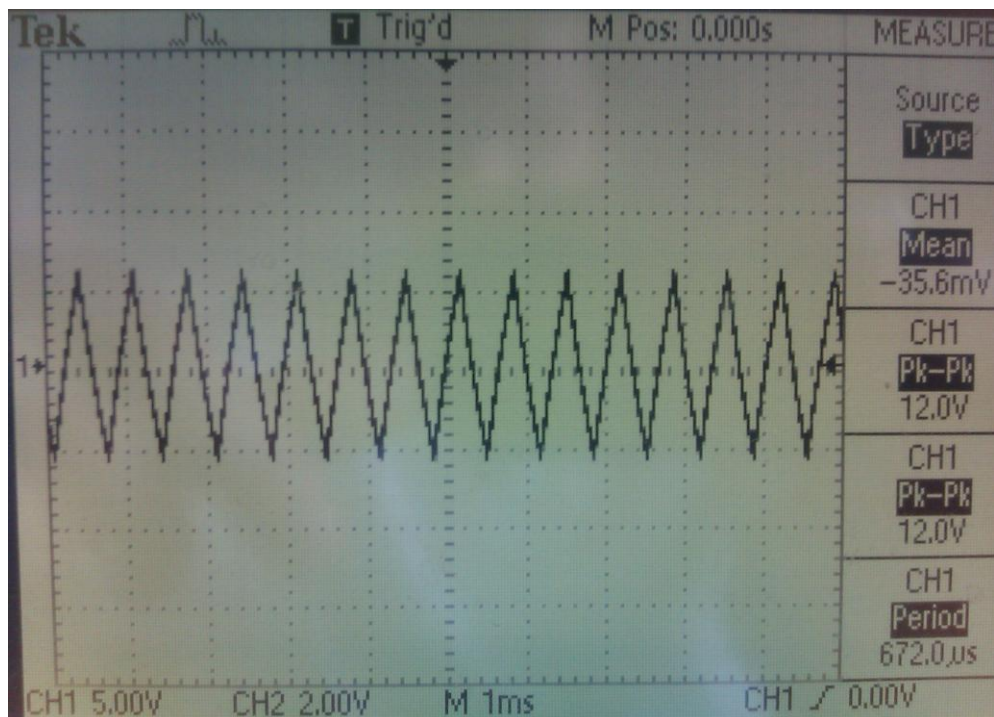
Obrázok 23. DPS nízkofrekvenčné rozmetajúceho generátora



Obrázok 24. DPS zdvojovača napätia



Obrázok 25. Namerané hodnoty z výstupu druhého zosilovača



Obrázok 26. Namerané hodnoty z výstupu zosilovača signálu

5.2 Funkcia rušičky so smerovou reflektorovou anténou

Princíp funkcie rušičky je rovnaký ako pre prúťovú anténu ale smerová anténa s reflektorom vyžarovania do sektoru 90° , nám ruší signál len v tejto oblasti.

ZÁVĚR

GSM systém patří do tzv. bunkových systémů, pracuje na principu rozdělení území do buněk, v těchto bunkách se signál šíří pomocí základňových stanic (BTS). Začátky návrhů bunkového systému začali v osmdesátých letech. Celkově systém GSM pracuje v dvou radiových pásmech, kterých šířka je $2 \times 25 \text{ MHz}$. Pro mobilní stanice je to 890-915 MHz (uplink) a základňové stanice vysílají v rozmezí 935 – 960 MHz (downlink). V naší práci budeme rušit právě tento downlink.

Při rušení mobilních telefonů také záleží na umístění a velikosti výkonových úrovní soustavy mobilní telefon – rušička – stanice BTS. Pokud je v místě dosah stanice so silným signálem a rušička nemá potřebnou úroveň výkonu, nemusí dojít k výpadku spojení. V tomto případě je nutné dát rušičku blíže k mobilnímu telefonu.

GSMK (Gaussian Minimum Shift Keying) je speciální fázová modulace pomocí, kterou je signál GSM modulovaný, fázová modulace GSMK je velmi odolná proti rušení. Ostatní modulační tedy amplitúdová a frekvenční už takovou odolnost neposkytují.

Při návrhu nízkofrekvenčního rozmetávacího generátoru jsme museli správně zvolit člen RC, který nám určoval velikost frekvencí dáleším krokem byla filtrace daného trojúhelníkového signálu. Celý princip rušičky jsme řešili pomocí operačních zesilovačů okrem zdvojovače napětí.

Základem navržené rušičky mobilních telefonů je napětím řízený oscilátor (VCO) od firmy Minicircuits, který je rozmetán pomocí navrženého nízkofrekvenčního rozmetávacího signálu, který má trojúhelníkový průběh.

Z teoretické části se fungování rušičky mobilních telefonů na základě nízkofrekvenčního rozmetávacího generátoru podařilo overit. Při návrhu rušičky došlo k několika problémům první problém bylo vytvoření tzv. offsetu, s kterým jsme na začátku nepočítali. Při vzniku tohoto zdvojovače jsme se setkali s několika problémy ten nejzávažnější byl velký spínací signál časovače NE555, který nám robil rušení trojúhelníkového signálu ten problém se odstránil přidáním tlumivky na výstup. Overení funkce pro směrovou anténu s reflektorem se do konce odovzdání práce nepodařilo overit. Problém nastal při realizaci této antény pro nedostatek času. Funkce bude předvedena při obhajobě práce.

Táto práca ako vyplýva s názvu „inovácia laboratórnej úlohy rušičky mobilných telefónov“, bude tvoriť jednu úlohu v laboratóriách daného predmetu, aby si študenti mohli vyskúšať funkciu rušičky a zoznámiť sa tak s jednou s problematik priemyslu komerčnej bezpečnosti. Rušičky mobilných telefónov sú v európskej únii zakázané. Používajú sa len vo výnimočných prípadoch.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

GSM system belongs to the so – called cell systems. It works on the principle of distribution of the territory to the cells, in these cells the broadcast is distributed by the base stations (BTS) The beginnings of the proposals the cells system began in eighties. Overall, the GMS system Works on the two radio bands, whose width is 2x25MHz. For mobile stations it is 890-915 MHz (uplink) and the base stations transmit in the range 935 – 960 MHz(downlink).

In this bachelor thesis we will interfere this downlink. In the interfering of mobile phones also depends on the location and size of power levels of system mobile phone – jammer – station BTS. If is in this place station with strong signal and the jammer have not necessary level of performance, may not be the connection failure. In this case is necessary give the jammer closer to the mobile phone.

GSMK (Gaussian Minimum Shift Keying) is a special phase modulation by which is signal GMS modulated, phase modulation GSMK is very resistant against the interference. Others modulations – amplitude and frequency – don't provide so big resistance.

When we made the design of low – frequented generator, we had to choose the correct article RC, which determinate the size of frequency. Next step was filtration of triangular signal. The whole principle of jammer we deal with operational amplifiers except volter doubler.

The basis of the proposed mobile phone jammer is by the voltage controlled oscillator (VCO) from the Minicircuits company, which is scattered by the proposed low – frequented signal, which has triangular process.

From the theoretical part of the functioning of mobile phones jammer on the base of low – frequented generator was verified. By the proposal of the jammer we had several problems. The first problem was when we tried to make co – called ofset, about which we didn't think about on the beggining. At the inception of this doubling we met some problems. The big one was the big turn – on signal timer NE555, which interefered of triangular signal. We canceled this problem when we added the output industors. Verification of function for the directional antenna with a reflector was not possible. We met problem, when we tried to implement this antenna, because of lack of time. We will

show the function, when we will vindicate this thesis. This thesis shows how the name of "innovation laboratory tasks cell phone jammers", will form one part of the laboratory course for students to be able to function jammers try and get comfortable with one of the issues of commercial security industry. The jammers of the mobile phones are banned in the European Union. They are used just in the special cases.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ADÁMEK, Milan. Zesilovače. In: *Mikroelektro.utb.cz* [online]. 2007 [cit. 2013-05-25]. Dostupné z: http://www.mikroelektro.utb.cz/e107_files/downloads/pr6.pdf
- [2] ČERNOHORSKÝ, Dušan, SVAČINA, Jiří, RAIDA, Zbyňek. Elektromagnetické vlny a vedení, Brno, 1995. PC-Dir. ISBN 80-214-0697-6.
- [3] CHARVÁT, Jiří. Experimentální rušička pro GSM síť. Brno, 2009. Diplomová práce. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vysoké Učení Technické v Brně. Vedoucí diplomové práce Tomáš Frýza.
- [4] NE555. [Http://svetelektro.com](http://svetelektro.com) [online]. 2012, 5.10. 2012 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z: <http://svetelektro.com/clanky/ne555-535.html>.
- [5] MORAVČÍK, Lukáš. *Úlohy pro fyzikální praktikum - Operačné zesilovače* [online]. Brno, 2007 [cit. 2013-05-25]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/80039/pedf_m/. Diplomová práce. Masarykova Univerzita v Brně. Vedoucí práce Jindřiška Svobodová
- [6] ORFANIDIS, Sophocles. *Electromagnetic waves and antennas*, New York, 2010. Dostupné z <http://www.ece.rutgers.edu/orfandi/ewa>.
- [7] Zesilovač-signal.cz. *Princip fungování GSM sítě* [online]. 2009 [cit. 2013-05-25]. Dostupné z: <http://www.zesilovac-signalu.cz/cs/princip-fungovani-gsm-site/>
- [8] RICHTR, Tomáš. *Technologie pro mobilní komunikaci. Tomas.richtr.cz* [online]. 2002 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/bunk-princip.htm>
- [9] RAUSCHER, Cristopher. *Fundamentals of spectrum analysis*. Munich, 2007. ISBN 978-3-939837-01-5. 219 stran
- [10] SNÁŠEL, Jaroslav. *Antény systému GSM. Www.elektrorevue.cz* [online]. 2004, 25.5. 2004 [cit. 2013-05-28]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/04031/index.html#literatura>
- [11] *Spectrum analyzer FS3000. Operating manual*. RohdeSchwarz. Munich, 2006. 246 stran.

- [12] STŘÍŽ, Vítězslav. Moderní operační zesilovače. *Amatérské rádio řada B*. 1990, XXXI., 3.
- [13] ZIKMUND, Petr. Realizace rušičky mobilního telefonu s chaotickým oscilátorem. Zlín, 2008. Diplomová práce. Fakulta aplikované informatiky. Univerzity Tomáše Baťi ve Zlíně. Vedoucí diplomové práce Stanislav Goňa.
- [14] ZOS-1025. In: *Www.minicircuits.com* [online]. 2005 [cit. 2013-05-25]. Dostupné z: <http://217.34.103.131/pdfs/ZOS-1025.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADC	Administrative Center(Administratívne centrum)
ARFCN	Absolute Rasdio Frequency Channel Number (Absolútne číslo rádio frekvenčného kanálu)
AuC	Authentication Center (autentizačné centrum)
BSS	Base Station Sub-System (subsystém základňových staníc)
BTS	Base Transceiver Station (základňová stanica)
BSC	Base Station Controller (základňová riadiaca jednotka)
BNC	Bayonet Neill–Concelman
CEPT	European Conference of Post and Telecommunications Administrations (Konferencia európskych správ a pôšt)
DCS	Digital Cellular System (digitálny bunkový systém)
DPS	Doska plošných spojov
ETSI	European Technical Standards Institute (Európsky telekomunikačný normalizačný inštitút)
EIR	Equipment Identity Register (identifikačný register mobilných staníc)
E-GSM	Extended Global System for Mobile Communication (rozšírený globálny systém pre mobilnú komunikáciu)
GSM	Global System for Mobile Communication (globálny systém pre mobilnú komunikáciu)
GSMK	Gaussian Minimum Shift Keying (Gaussovské kľučovanie s minimálnym zdvihom)
HLR	Home Location Register (domovský lokalizačný register)
ISDN	Integreted Services Digital Network (digitálna komunikačná sieť s integrovanými službami)
IMSI	International Mobile Subscriber Identity (medzinárodné identifikačné číslo)
IMEI	Inetrnational Mobile Equipment Identity (výrobné číslo mobilného telefónu)

MS	Mobile Station (mobilná stanica)
MSC	Mobile Switching Center (mobilná rádiatelefonna ústredňa)
NMC	Network Management Center (centrum pre riadenie siete)
NSS	Network Switching Subsystem (sieťový prepojovací systém)
OSS	Operation Support Subsystem (operačný podporný subsystém)
OMC	Operational and Maintenance Center (prevádzkové a servisné centrum)
P-GSM	Primary Global System for Mobile Communication (Základný systém pre mobilnú komunikáciu)
SIM	Subscriber Identity Module (účastnícky identifikačný modul)
TC	Trans Coder (transkóder)
TRX	Tansmitter/Receiver Module (vysielač/prijímač modul)
TDMA	Time Division Multiple Access (viacnásobný prístup s časovým delením)
VLR	Visitor Location Register (návštevnícky lokalizačný register)
VCO	Voltage Control Oscillator (napätím riadený oscilátor)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázok 1. Bunkový systém	11
Obrázok 2. Sektorizácia buniek	12
Obrázok 3. Systém smerových antén	13
Obrázok 4. Štruktúra systému GSM	14
Obrázok 5. Duplexná komunikácia	17
Obrázok 6. Frekvenčné pásma	17
Obrázok 7. Časové delenie prístupu	18
Obrázok 8. Orientačný pokles vysielacích signálov v závislosti na vzdialenosti	19
Obrázok 9. Smerová charakteristika vše smerovej antény a) v horizontálnej rovine b) vo vertikálnej rovine	22
Obrázok 10. Typy konštrukcií antén	22
Obrázok 11. Hysterézia	25
Obrázok 12. Schéma tzv. multivibrátoru	27
Obrázok 13. Ilustračný priebeh trojuholníkového signálu	27
Obrázok 14. Nameraný priebeh trojuholníkového signálu	28
Obrázok 15. Schéma zosilovača signálu	29
Obrázok 16. Schéma zapojenia zdvojovača napätia	30
Obrázok 17. Namerané napätie v závislosti na frekvencií (VCO)	30
Obrázok 18. Blokovaná schéma VCO	31
Obrázok 19. Napätie v závislosti na frekvencií (VCO) od výrobcu	32
Obrázok 20. Upevnenie antény na BNC konektor	32
Obrázok 21. Návrh realizácie smerovej antény s reflektorom	33
Obrázok 22. Schéma zapojenia rušičky	35
Obrázok 23. DPS nízkofrekvenčné rozmetajúceho generátora	36
Obrázok 24. DPS zdvojovača napätia	36
Obrázok 25. Namerané hodnoty z výstupu druhého zosilovača	37
Obrázok 26. Namerané hodnoty z výstupu zosilovača signálu	37