

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

MĚŘENÍ SMĚROVÝCH CHARAKTERISTIK ANTÉN

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

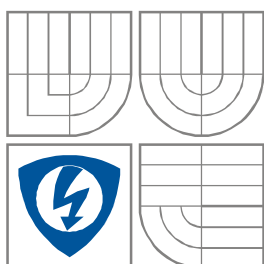
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. KAREL DRDLA

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

MĚŘENÍ SMĚROVÝCH CHARAKTERISTIK ANTÉN

MEASUREMENT OF ANTENNA RADIATION PATTERN

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

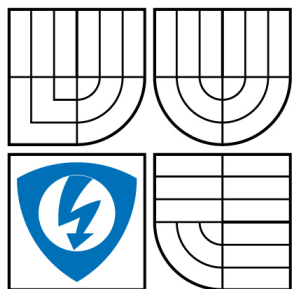
Bc. Karel Drdla

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Nováček, CSc.

BRNO, 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor

Elektronika a sdělovací technika

Student: Drdla Karel Bc.

ID: 47109

Ročník: 2

Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Měření směrových charakteristik antén

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s postupy měření směrových charakteristik antén ve vzdálené zóně a navrhnete uspořádání pracoviště, umožňující přechod k automatizovanému měření charakteristik.

Navrhnete měřicí systém pro automatizované měření směrových charakteristik antén využívající měřicího přijímače R&S ESCS 30 s tracking generátorem. Řešte součinnost ovládání točny antény a snímání její polohy s měřením úrovně uvedeným přístrojem a řízení pracoviště sběrnicí GPIB. Dílčí procedury funkčně ověřte.

Navrhnete a realizujte měřicí pracoviště a jeho funkci ověřte. Sestavte programové vybavení pro řízení procesu měření a pro zpracování získaných výsledků. Funkci pracoviště ověřte v praktické aplikaci.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] ČERNOHORSKÝ, D., TICHÝ, J. Anténní měření. Skriptum. Brno: VAAZ Brno, 1971

[2] R&S EMI Test Receiver ESCS 30. Operating manual.

Termín zadání: 5.10.2007

Termín odevzdání: 30.5.2008

Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Nováček, CSc.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Karel Drdla
Bytem: Bobrová 123, Bobrová 592 55
Narozen/a (datum a místo): 16. září 1982 v Nové Město na Moravě

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida, předseda rady oboru Elektronika a sdělovací technika
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
 - ☒ diplomová práce
 - ☐ bakalářská práce
 - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Měření směrových charakteristik antén

Vedoucí/ školitel VŠKP: doc. Ing. Zdeněk Nováček, CSc.

Ústav: Ústav radioelektroniky

Datum obhajoby VŠKP: _____

VŠKP odevzdal autor nabyvateli:

- ☒ v tištěné formě – počet exemplářů: 2
- ☒ v elektronické formě – počet exemplářů: 2

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

* hodící se zaškrtněte

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy
(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 30. května 2008

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt

Cílem této práce je vytvoření automatizovaného pracoviště pro měření směrových charakteristik antén, které obsahuje měřicí přístroj R&S ESCS 30. Konečným výsledkem je pak Software Pro Měření anténních parametrů označený SFMAP.EXE. Tento program řídí celý měřicí proces podle zadaných požadavků uživatelem, sbírá naměřené hodnoty od R&S ESCS 30 a dokáže spočítat velikost vyzařovacího úhlu antény. Zároveň i dokáže nastavovat některé parametry měřicího přístroje a také řídí rotaci točny, na které je umístěna měřená anténa.

Aby program byl schopen točnu ovládat, byl v rámci projektu vyvinut ovládací prvek na bázi obvodu FT232BL od firmy FTDI, pomocí kterého je pak možné točnu ovládat přes rozhraní USB. Toto řešení umožňuje použít jakýkoliv počítač nebo notebook, protože jsou všechny standardně vybavovány USB rozhraním.

Klíčová slova

funkce záření, šířka hlavního laloku, vybavení pracoviště, program SFMAP, oživení ovladače

Abstrakt

The aim of my diploma thesis is to produce an automated workplace for an antenna radiation pattern measurement with the R&S ESCS 30 measurement device. The result is a program named SFMAP.EXE. The measurement process is controlled by this program according to user defined parameters. The program collects the R&S ESCS 30 measured values and can evaluate the radiation angle values of the antenna. It can set up some parameters of the measurement device and controls the rotation of the turn-table, where the measured antenna is positioned.

The controlling device based on FT232BL circuit was developed to capacitate the program to control the turn-table. With created program the turn-table can be controlled over the USB interface. This solution allows using any PC or notebook because of its standard equipment - the USB interface.

Keywords:

function radiation, latitude main lobe, working place equipment, program SFMAP, resurgence drivers

Bibliografická citace dle CSN ISO 690

DRDLA, K. *Měření směrových charakteristik antén*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 44 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Zdeněk Nováček, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Měření směrových charakteristik antén jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 30. května 2008

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Zdeňku Nováčkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 30. května 2008

.....
podpis autora

OBSAH:

OBSAH:	1
ÚVOD	3
1 MĚŘENÍ SMĚROVÉ CHARAKTERISTIKY	4
1.1 FUNKCE ZÁŘENÍ A SMĚROVÁ CHARAKTERISTIKA	4
1.2 MĚŘENÍ PARAMETRŮ SMĚROVÝCH CHARAKTERISTIK	5
1.2.1 ÚHLOVÁ ŠÍŘKA HLAVNÍHO LALOKU	7
1.2.2 ČINITEL SMĚROVOSTI A ZISK ANTÉNY	7
2 MĚŘÍCÍ STANOVIŠTĚ	8
2.1 ROHDE&SCHWARZ ESCS 30	8
2.2 OPTICKÝ SNÍMAČ A OVLADAČ	10
3 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ MĚŘÍCÍHO PRACOVISTĚ	13
3.1 HLAVNÍ OKNO PROGRAMU	13
3.2 AKTIVACE R&S ECES30 A TOČNY	17
3.2.1 OVLÁDÁNÍ TOČNY	17
3.2.2 OVLÁDÁNÍ PŘÍSTROJE ESCS 30	18
3.3 INICIALIZAČNÍ SOUBOR	18
4 VYTVOŘENÍ PROGRAM SFMAP.EXE	20
4.1 KOMUNIKACE S ESCS 30	20
4.2 KOMUNIKACE S TOČNOU	22
4.2.1 NÁVRATOVÁ HODNOTA FUNKCÍ FT_STATUS	22
4.2.2 VYBRANÉ FUNKCE PRO KOMUNIKACI S FT232BL	23
4.3 POPIS ZDROJOVÉHO KÓDU PROGRAMU SFMAP.EXE	25
4.3.1 VOID __FASTCALL TForm1::PRIKAZ (ANSISTRING INSTRUKCE)	26
4.3.2 ANSISTRING __FASTCALL TForm1::DOTAZ (VOID)	26
4.3.3 BOOL __FASTCALL TForm1::AKTIVESCE30(VOID)	27
4.3.4 VOID __FASTCALL TSetECES30::AKTIVTOCNA(TOBJECT *SENDER)	28

4.3.5	VOID __fastcall TSetECES30::INICIALIZACE TOCNY(TOBJECT *SENDER)	29
4.3.6	BOOL __fastcall TSetECES30::UROVEN(VOID)	29
4.3.7	VOID __fastcall TForm1::MERENI2 (TOBJECT *SENDER).....	30
4.3.8	VOID __fastcall TForm1::ROTMER(TOBJECT *SENDER)	32
4.3.9	VOID __fastcall TForm1::VYPOCET(TOBJECT *SENDER)	33
4.3.10	DALŠÍ VYTVOŘENÉ FUNKCE	35
5	SESTAVENÍ A OŽIVENÍ OVLADAČE TOČNY	36
5.1	DESKA PLOŠNÝCH SPOJŮ A OSAZOVACÍ SCHÉMATA	36
5.2	OŽIVENÍ PŘÍPRAVKU A INSTALACE	38
6	MĚŘENÍ POMOCÍ NAVŽENÉHO PRACOVISTĚ	41
	POUŽITÁ LITERATURA	43
	SEZNAM OBRÁZKŮ	44

ÚVOD

Náplní této práce je vytvoření automatizovaného pracoviště pro měření směrových charakteristik antén. Dříve se pro měření těchto charakteristik byly používány souřadnicové zapisovače nebo jiné méně praktické metody. Základními prvky výsledného automatizovaného pracoviště jsou pak referenční anténa napájena z generátoru, proměřovaná anténa na točně, R&S ESCS 30 jako měřicí přístroj a s trackingový generátor pro zjištění aktuální úrovně napětí nebo výkonu na měřené anténě a napájení referenční antény, ovladač točny spolu s optickým snímačem polohy točny.

Celé toto pracoviště je pak možné ovládat z počítače ve kterém je nainstalován program SFMAP.EXE. Jeho název vychází z počátečních písmen slov: System For Measurment Antenna Patterns nebo-li Systém pro měření anténních parametrů. Hlavním úkolem tohoto programu je řídit celé pracoviště a vyhodnocovat naměřené hodnoty, případně uložit do datového souboru tak, ze kterého naměřené hodnoty je možné zpracovávat v jiném programu např. MS Exel.

Tato práce je rozdělena do několika částí. V první části se zabývá teoretickým rozbořem měřících postupů charakteristik antén a splnění podmínek pro vlastní měření. Druhá část se zabývá rozložením pracoviště a podrobnějším popisem použitých zařízení. Třetí část popisuje práci s programem SFMAP.EXE a seznamuje nás s jeho jednotlivými prvky. Ve zbývajících částech je pak popsán vývoj programu a modifikace ovladače točny, aby bylo možná točnu ovládat pomocí USB spolu s realizací a oživením ovladače točny.

Na závěr je ukázka testovacích měření, která byla pomocí tohoto měřícího pracoviště provedena.

1 MĚŘENÍ SMĚROVÉ CHARAKTERISTIKY

1.1 Funkce záření a směrová charakteristika

Pro jakýkoliv bod v prostoru lze jeho pozici vyjádřit pomocí kulového souřadného systému (r, φ, ϑ) . Tento souřadný systém má počátek v místě měřené antény. Intenzitu pole v tomto bodě lze pak obecně vyjádřit pomocí vztahu:

$$E = \frac{60I_{\max}}{r} * F_0(\varphi, \vartheta) * e^{-jkr} , \quad [\text{V.m}^{-1}; \text{A} , - , \text{m}] \quad (1)$$

Kde $I_{\max}$ je proud v kmitně a $F_0(\varphi, \vartheta)$ je charakteristická funkce záření pro antény ve volném prostoru.

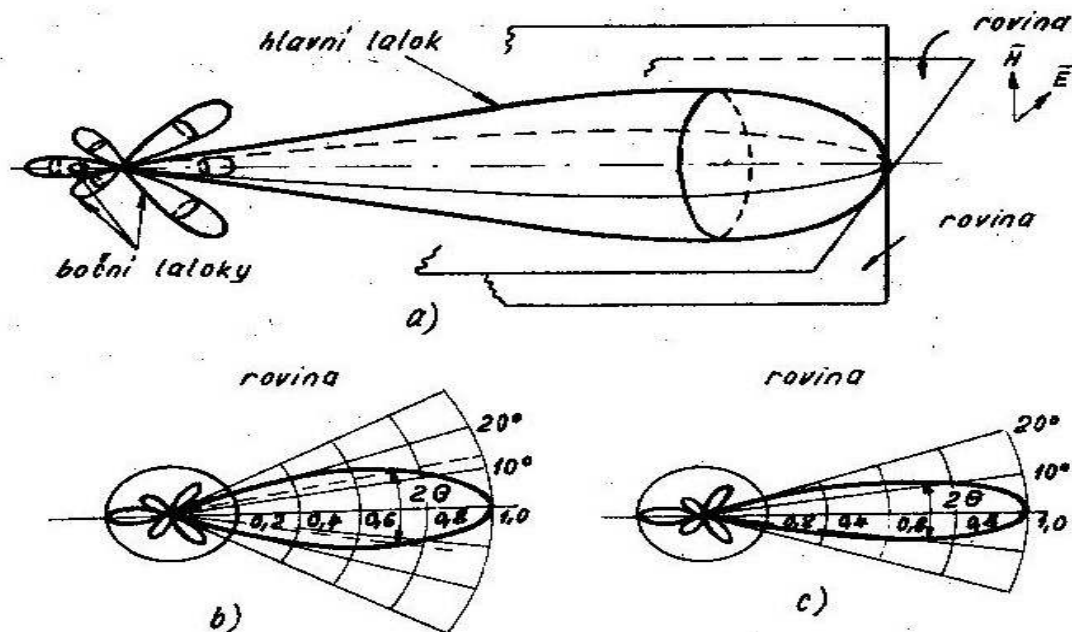
Při měření určujeme obecně složky E_φ a E_ϑ (především jejich absolutní hodnoty) v každém bodě prostoru a buď získáme hodnoty charakteristické funkce pro tyto složky individuálně nebo pro výsledné pole pomocí:

$$E = \sqrt{E_\varphi^2 + E_\vartheta^2} , \quad [\text{V.m}^{-1}; \text{V.m}^{-1} , \text{V.m}^{-1}] \quad (2)$$

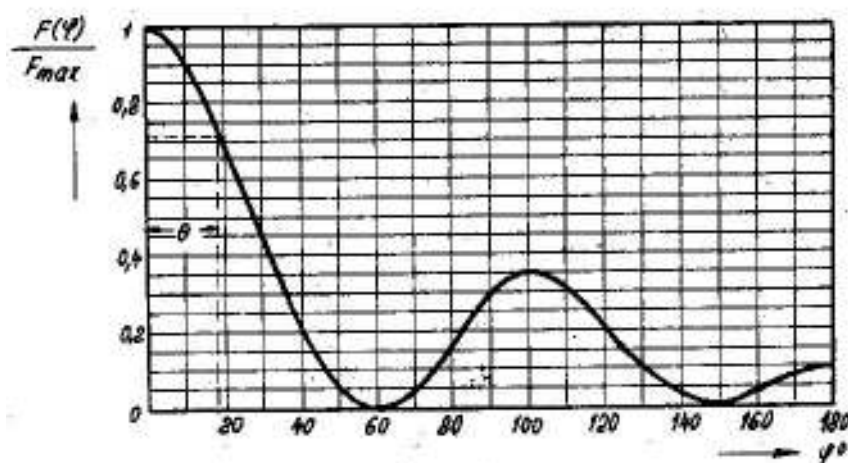
Z takto získané hodnoty intenzity pole lze pro daný bod určit příslušnou hodnotu funkce záření F . Grafickým zobrazením charakteristické funkce záření je směrová charakteristika antény. Vynáší se buď přímo hodnoty funkce nebo častější zobrazení je jako poměrné hodnoty $F/F_{\max}$ jako funkce směrů φ a ϑ ve vhodném diagramu.

Měříme-li záření směrových antén ve volném prostoru, nalezneme prostorovou charakteristiku, jejíž typický tvar ve nakreslen na Obr. 1.a. Ve většině případů se rovněž spokojujeme se změřením charakteristiky záření ve dvou hlavních rovinách: v rovině H představující rovinu, kde se projevuje intenzita magnetického pole H (Obr. 1.b) a v rovině E pro intenzitu elektrického pole (Obr. 1.c).

Pro analytické stanovení dalších parametrů, pro snadnější čtení i kresbu je výhodné vynášet poměrové (normované) charakteristiky $F/F_{\max}$ jako funkce směrů φ a ϑ v kartézských souřadnicích (Obr.2.).



Obr. 1 Směrové charakteristiky antény ve volném prostoru



Obr. 2 Normovaná směrová charakteristika v Kartézských souřadnicích

1.2 Měření parametrů směrových charakteristik

Při měření je lhostejné, zda se anténa měří jako vysílací nebo jako přijímací. Relativní směrové charakteristiky totiž nezávisí na účelu antény. Pro náš případ budeme uvažovat, že měřená anténa je přijímací.

Měřili-li se zkoumaná anténa jako přijímací, vytvoříme si potřebné pole zářením pomocné antény, napájené generátorem požadovaného kmitočtu a s dostatečným

výkonem. Tato anténa musí vyzařovat vlnu s požadovanou polarizací. Na její směrové vlastnosti nejsou kladeny zvláštní požadavky, avšak směrovou pomocnou anténou získáme větší úroveň pole. Takto se zjednodušuje měření a omezuje se vliv nežádoucích signálů. Proud v pomocné anténě musí zůstat stálý během měření.

Pokud měřená anténa je malá a lehká a lze ji snadno otáčet, tak mohou zůstat vysílací i přijímací místa stabilní. Na vysílací straně se udržuje stálý proud a měří se indukované napětí v závislosti na natočení antény. Chyba výsledku může vzniknout hlavně odrazem od objektů v okolí nebo od země. Z toho plyne, že podmínkou přesného měření je volné prostranství, ale vyhovující výsledky lze často získat i v prostorech na první pohled značně stíněných.

Dále je třeba zajistit, aby dopadající vlna na měřenou přijímací anténu se jen velmi málo lišila od vlny rovinné (odchylka $< \lambda/16$). Pokud jsou měřicí a vysílací antény blízko sebe, tak pro získání rovinné vlny se jako vysílací anténa použije čočkovitá anténa, na jejímž výstupu je rovinná vlna. Při použití této antény je ovšem třeba, aby její rozměry v obou směrech byly nejméně 2x větší než je rozměr měřené antény.

Nelze-li použít metoda čočkovité antény, musíme měřenou anténu umístit do minimální vzdálenosti, které zajistí, že fázová odchylka vlivem dráhových rozdílů na kraji antény bude menší než $\pi/8$ vůči středu apertury, který leží na spojnici se zdrojem. Další podmínkou je, aby výkon přijatý anténou ze zdroje, ležícího ve vzdálenosti R od antény se nelišil od výkonu přijatého ze zdroje, který vyzařuje rovinou vlnu o více než 5%.

Jako příklad pro určení potřebné minimální vzdálenosti můžeme uvést vztah pro anténu s kruhovou aperturou:

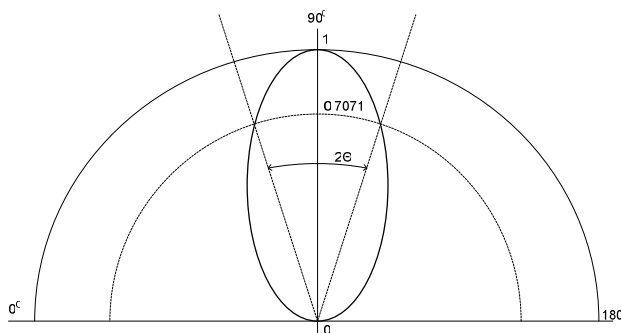
$$R_{\min} = \frac{D^2}{\lambda}, \quad [\text{m}; -, \text{m}^{-1}] \quad (3)$$

kde D je vzdálenost krajů antény.

Při měření v pásmu VKV (30MHz - 300MHz) je třeba brát na zřetel vliv okolních předmětů. Proto je nutné použít antény s vysokou směrovostí a sejmout několik směrových charakteristik při různé směrové orientaci vysílací antény. Rozdíly v těchto charakteristikách umožní posoudit, do jaké míry se projevují vlivy okolních předmětů na výsledky měření.

1.2.1 Úhlová šířka hlavního laloku

Úhlová šířka hlavního laloku je určena body směrové charakteristiky, jejichž hodnota je menší o 3dB vzhledem k maximální hodnotě laloku. V případě, že normujeme charakteristiku vzhledem k maximální hodnotě v ne-dB vyjádření, tak hodnota těchto bodů je 0,7071 maximální hodnoty. Odpovídající úhly těmto bodů pak dávají hledanou šířku laloku 2Θ . Pro lepší názornost je tato šířka hlavního laloku ukázána na obr.3.



Obr. 3 Definování Úhlové šířky hlavního laloku 2Θ v polárních souřadnicích

1.2.2 Činitel směrovosti a zisk antény

Činitel směrovosti $D_{\max}$ vyjadřuje poměr mezi výkonem vyzářeným anténou ve směru maxima a výkonem, který ve stejném směru vyzáří všesměrový zářič napájený stejným výkonem. Přímé určení $D_{\max}$ je celkem složité. Pokud ovšem má anténa výrazný hlavní lalok a nevelké boční laloky, lze uplatnit pro výpočet činitele směrovosti přibližný vztah:

$$D_{\max} \cong \frac{35000}{2\Theta_E * 2\Theta_H}, \quad [^{\circ}, ^{\circ}] \quad (4)$$

kde $2\Theta_E$ je šířka laloku v rovině elektrického pole

$2\Theta_H$ je šířka laloku v rovině magnetického pole

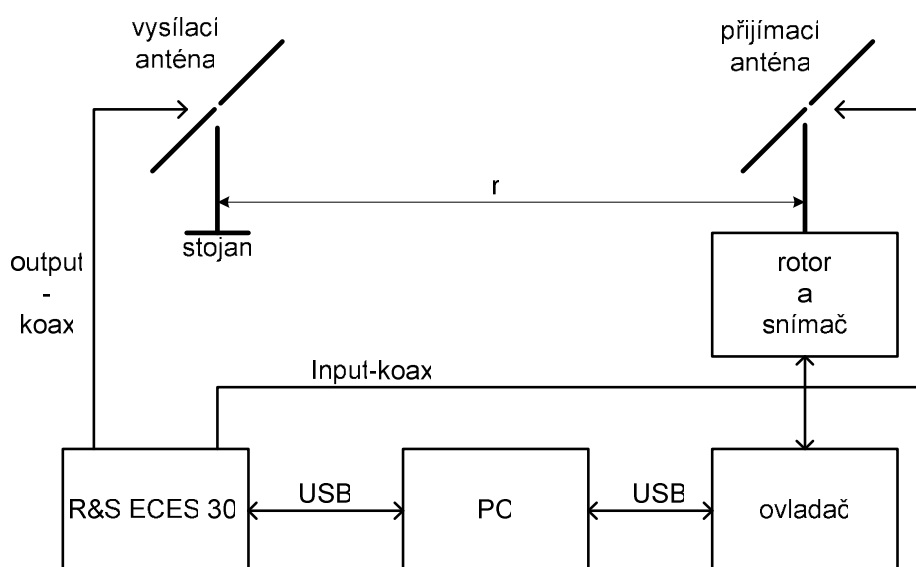
Činitel směrovosti je bezrozměrná veličina. Pokud aplikujeme přepočítání na decibeli podle vztahu (5) získáme veličinu $G_{\max}$, která se nazývá zisk antény.

$$G_{\max} = 10 * \log(D_{\max}), \quad [\text{dB}; -] \quad (5)$$

2 MĚŘÍCÍ STANOVIŠTĚ

V laboratoři při splnění předchozích podmínek (rovinná vlna a volný prostor bez vlivu okolí, vzdálenost mezi referenční a měřenou anténou atd.) sestavíme automatizované pracoviště pro měření směrových charakteristik podle obr 3.

Vysílací anténa je nepohyblivá a je napájena z trackingového generátoru přístroje R&S ECES 30. Příjemci anténa umístěna ve vzdálenosti r od vysílací antény. Její výstup je pak připojen na vstup toho samého přístroje. Tato anténa je zároveň připevněna na pohyblivé točce s rotací kolem svislé osy. Její pohyb je ovládán z PC pomocí ovladače, který zároveň snímá krok otáčení pomocí optické závory a tyto impulzy zasílá zpět do PC.



Obr. 4 Schéma měřicího systému

2.1 Rohde&Schwarz ESCS 30

Jedná se o širokopásmý mikrovoltmetr od firmy Agilent. Měří ve frekvenčním rozsahu od 9kHz až po 2,75 GHz a s napěťovým měřicím rozsahem od -38 dBμV do +137 dBμV. Je především používán pro měření elektromagnetického rušení a zahrnuje v sobě tři jednotky:

- přenosný, ručně laditelný zkušební přijímač se zabudovanou baterií
- přenosný automatický přijímač, který je schopen jako samostatná měřicí jednotka vykonávat měření a prezentovat výsledky

- testovací přijímač, který je systémově kompatibilní s IEC/IEEE-BUS rozhraním a programy běžícími pod Windows



Obr. 5 Rohde&Schwarz ECES 30

Jeho podrobnější popis a případné postupy nastavování nalezneme v [2].

Komunikace probíhá pomocí sběrnice GP-IB. Jedná se o paralelní sběrnici s maximální přenosovou rychlostí 1MB/s. Datový formát je rozdělen příjem a vysílání ve standardu IEEE488.2. Syntaxe vysílaných a přijímaných přístrojových zpráv je pak definována následujícím způsobem:

- oddělení příkazů na dvou různých úrovních je provedeno dvojtečkou „:“ např. „BANDWIDTH:IF“
- oddělení parametru příkazu od jeho významové části se provede mezerou „ „ např. „ATTENUATION 10DB“
- ukončovací znak dotazu je proveden otazníkem „?“ např. „LEVEL?“
- atd.

Podrobnější popis této sběrnice a její používání ke komunikaci může například nalézt v [3].

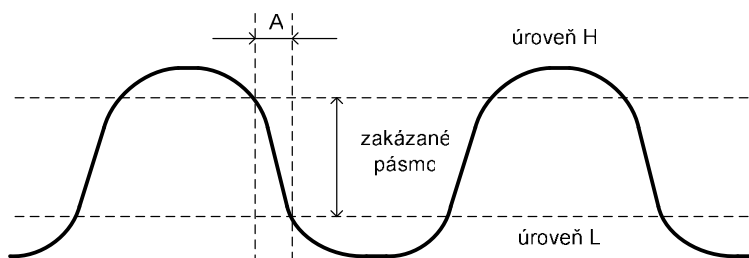
2.2 Optický snímač a ovladač

Problematikou měření směrových charakteristik se již zabýval LUBOMÍR MIHÁLIK ve svojí diplomové práci [4]. Vzhledem k tomu, že mimo měřicího přístroje je použito totožné zařízení které otáčí anténou, tak základ ovladače a snímače je stejný. Rozdíl je v řízení ovladače a snímače s PC prostřednictvím sběrnice USB.

Komunikace s ovladačem je zprostředkována pomocí obvodu FT232BL od firmy FTDI. Jedná se o převodník USB $\leftrightarrow$ RS232, ovšem jeho výstupní úrovně jsou typu TTL oproti standardní sběrnici RS232. Tento převodník je možné napájet přímo ze sběrnice USB. Proto stačí převodník propojit s ovladačem pouze čtyřmi vodiči (GND, RTS, DTR a DSR) a ovladač je pak napájen síťovým napětím.

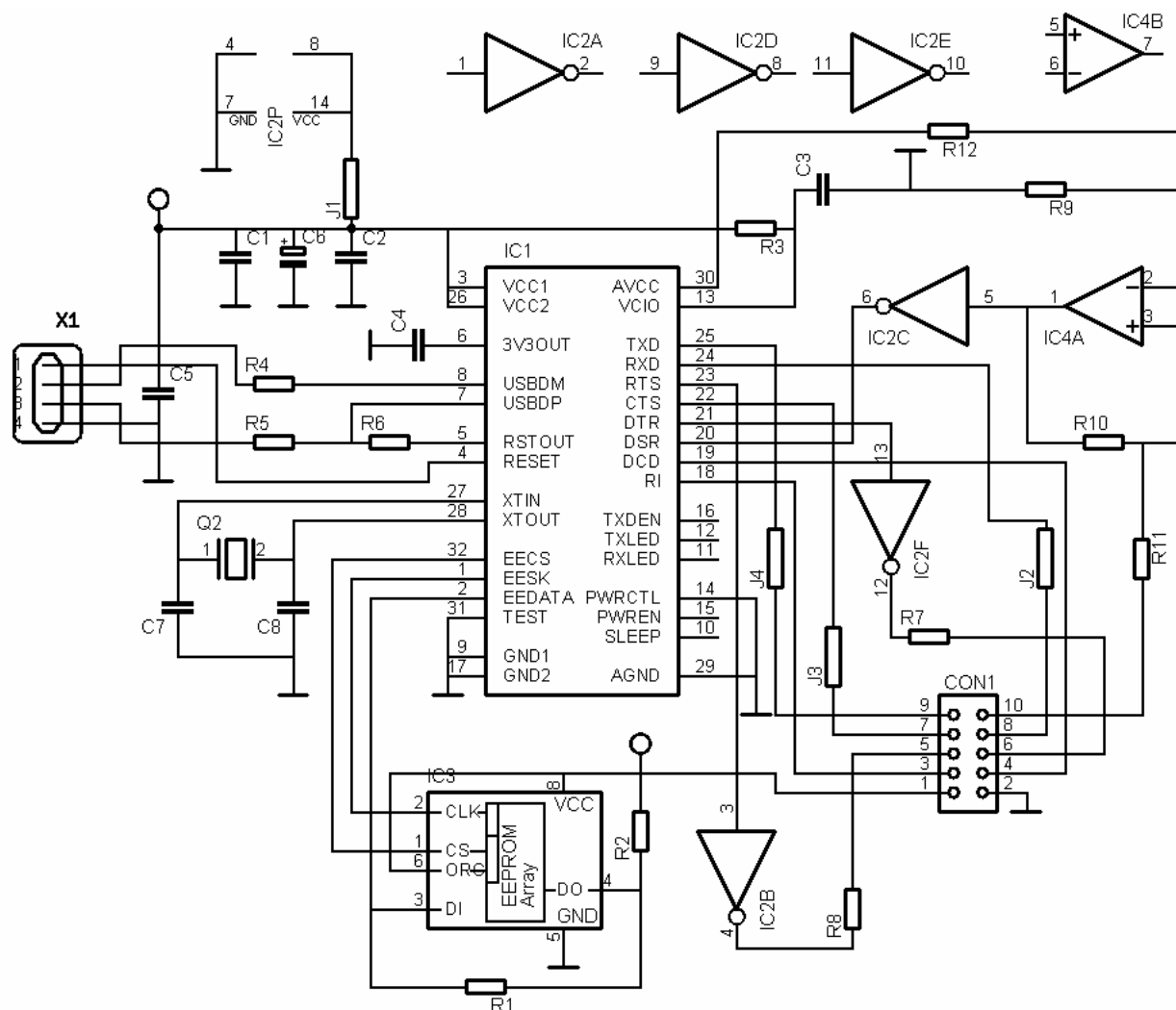
Dále pak obvod má invertované hodnoty úrovní ($H \approx 0V$ a $L \approx 5V$) proto se úrovně upraví invertorem, aby po připojení k USB a připojení ovladače k napájení nedošlo k samovolnému rozběhu točny. Výstupní linky RTS a DTR tedy invertujeme pomocí 74HC04 a pak přes snižovací odpory 2,2 k Ω připojíme přímo na báze tranzistoru T1 a T2 na schématu z Obr.7.

Připojení snímače k převodníku pak provedeme obdobným způsobem, ale je nutné mezi snímač a investor vložit komparátor s hysterezí. Důvodem je, že optický snímač vytváří signál s průběhem podle Obr.5.

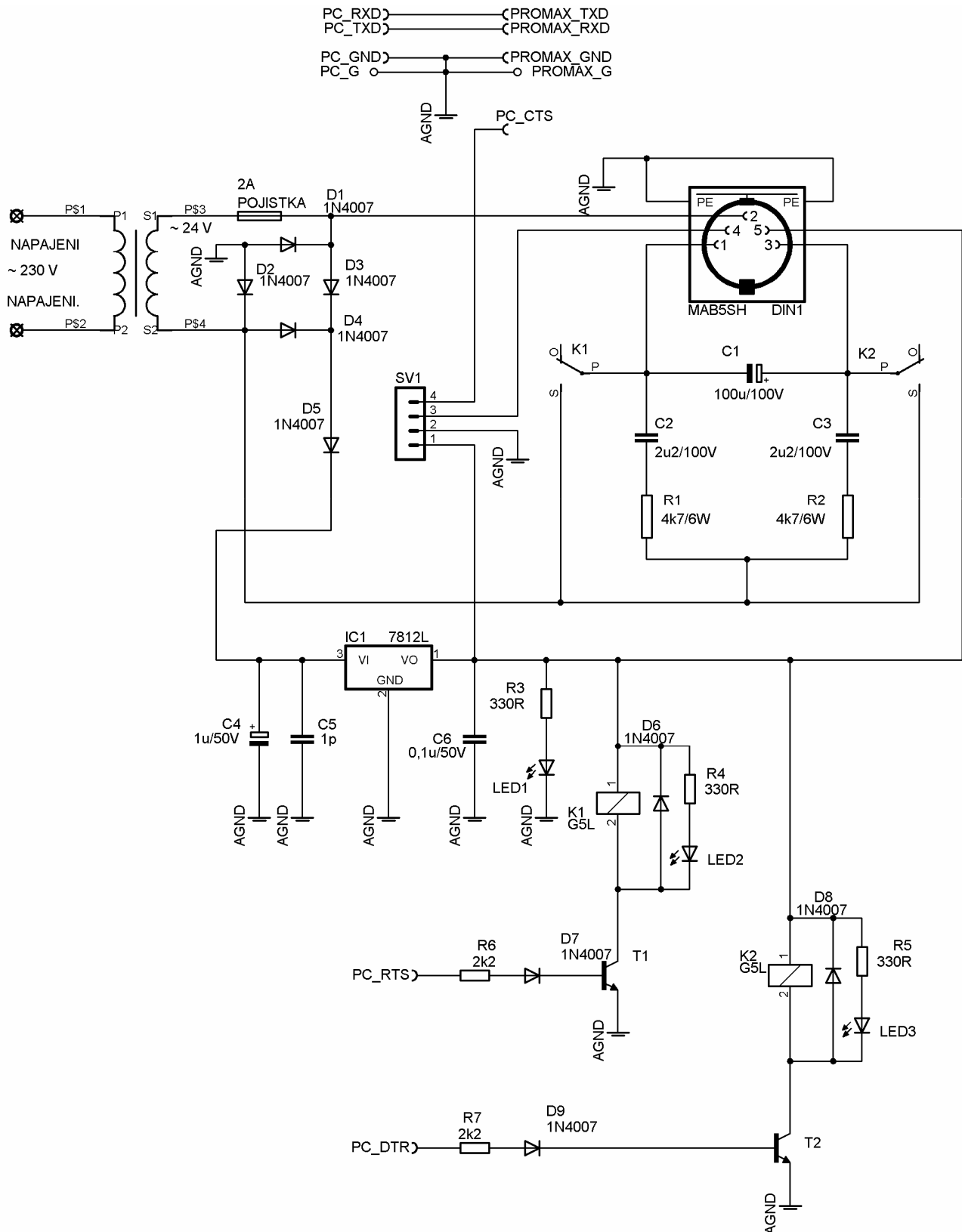


Obr. 6 Průběh signálu z optického snímače

Pokud točna zastaví, kdy úroveň signálu ze snímače se nachází v zakázané oblasti (v našem případě se jedná o rozsah hodnot od 1,2V do 1,7V), tak dojde k situaci, kdy invertor se nedokáže rozhodnout mezi úrovněmi, tak začne nekontrolovaně překlápět a převodník USB $\leftrightarrow$ RS232 předává do PC pokyny k odečtu hodnot z ECES 30. Výsledné schéma zapojení převodníku s komparátorem a investorem je na Obr.6.



Obr. 7 Schéma zapojení převodníku USB↔RS232 s komparátorem



Obr. 8 Schéma použité točny

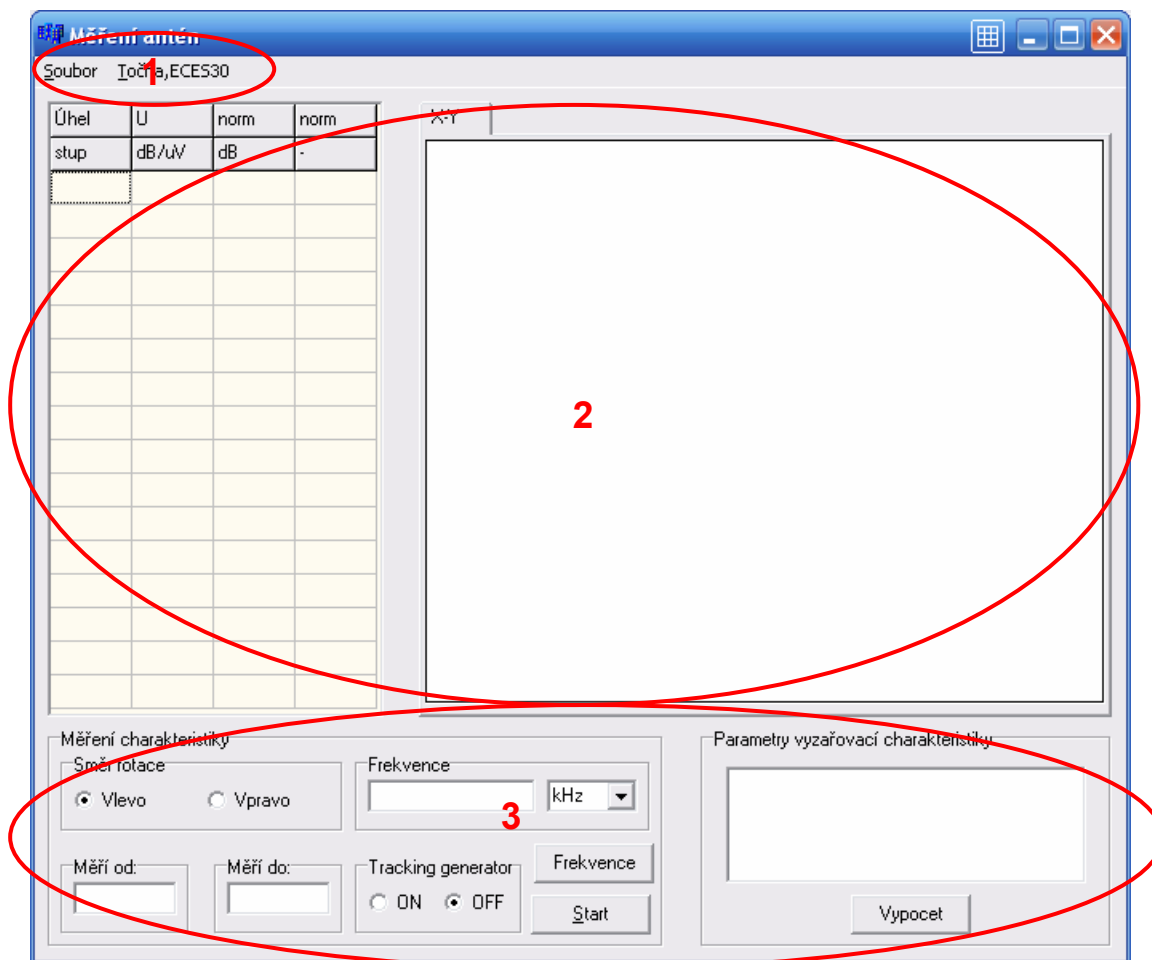
3 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ MĚŘÍČÍHO PRACOVISTĚ

3.1 Hlavní okno programu

Po spuštění programu SFMAP.EXE a za předpokladu, že se v adresáři s tímto programem nalézají příslušné knihovny spolu s inicializačním souborem, se na pracovní ploše aktivuje okno, které je na Obr. 8. Pomocí tohoto okna provádíme vlastní měření a vyhodnocování naměřených hodnot. Opticky lze toto okno rozdělit na několik částí:

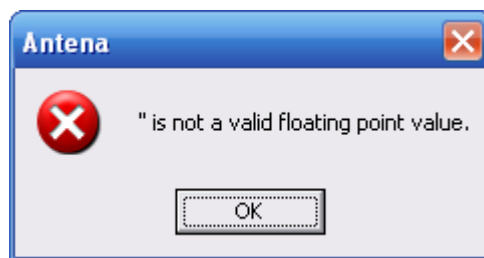
1. **Menu** – (v obr 8 číslo 1) obsahuje dvě položky: Soubor a Točna, ESCS30. Pomocí položky Soubor lze ukládat nebo načíst data v tabulce. Ta se ukládají ve formě textového souboru, který lze případně načíst v MS EXEL a pak s těmi to daty dále pracovat. Položka Točna, ESCS 30 pak aktivuje další okno ve kterém se provádí podrobnější nastavení přístroje R&S ESCS 30 a aktivuje se zde také točna se snímačem.
2. **Zobrazení naměřených hodnot a orientační vyobrazení v grafické podobě** – (v obr 8 číslo 2) tato oblast obsahuje tabulku do které jsou postupně načítány hodnoty z měřicího přístroje a pak po provedení výpočtu jsou doplněny normované hodnoty jak v dB tak i bezrozměrné normované hodnoty. Vedle tabulky se pak nachází plocha na které se po výpočtu zobrazí přibližný průběh směrové charakteristiky antény v Kartézském souřadném systému
3. **Nastavování parametrů měření a výpočet** - (obr 8 číslo 3) tato oblast není hned po spuštění programu aktivní a nelze ji měnit. Aktivuje se až po otevření komunikace s přístrojem ESCS 30 a točnou. Po aktivaci zde lze volit kmitočet na kterém bude prováděno měření (nastaví se zadáním hodnoty, vybráním jednotky a kliknutím na tlačítko Frekvence), zapínat nebo vypínat tracking generátor a pomocí kolonek Měří od: a Měří do: zadáváme v jakém rozsahu stupňů měření bude probíhat. Takto lze zadat, že třeba bude změřena celá charakteristika (Měří od: 0° Měří do: 360°) nebo jen část (Měří od: 90° Měří do: 110°). Počáteční hodnota natočení je vždy vztažena k aktuálním poloze měřené antény vzhledem k referenční anténě. Proto lze zadávat i rozsahy jako od -180° do 180° nebo od -20° do 60° . Vlastní měření se zahájí po kliknutí na tlačítko Start. Měření se provede ve zvoleném rozsahu a to po půl stupňových intervalech. Směr, kterým se bude anténa otáčet a tedy i princip načítání

hodnot je ovlivněn volbou směru. V jednom směru se provádí měření od hodnoty označené jako Měří od: a dochází k inkrementaci až do hodnoty Měří do:. Ve druhém směru je průběh opačný, tedy dochází k dekrementaci hodnoty Měří od: po hodnotu Měří do:. Po skončení měření a kliknutí na tlačítko Vypocet dojde k výpočtu normovaných hodnot, určí se šířka vyzařovacího úhlu a zobrazí se graf.



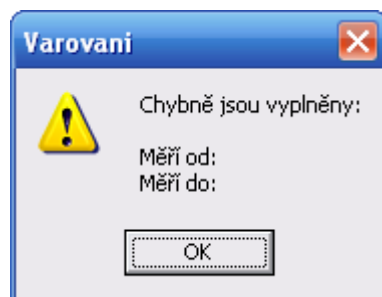
Obr. 9 Základní okno programu

Při práci s tímto oknem programu se můžeme setkat s několika varovnými hlášeními. Jde především o hlášení při nekorektním zadání hodnoty frekvence a při pokusu výpočtu bez hodnot v tabulce, viz Obr.9



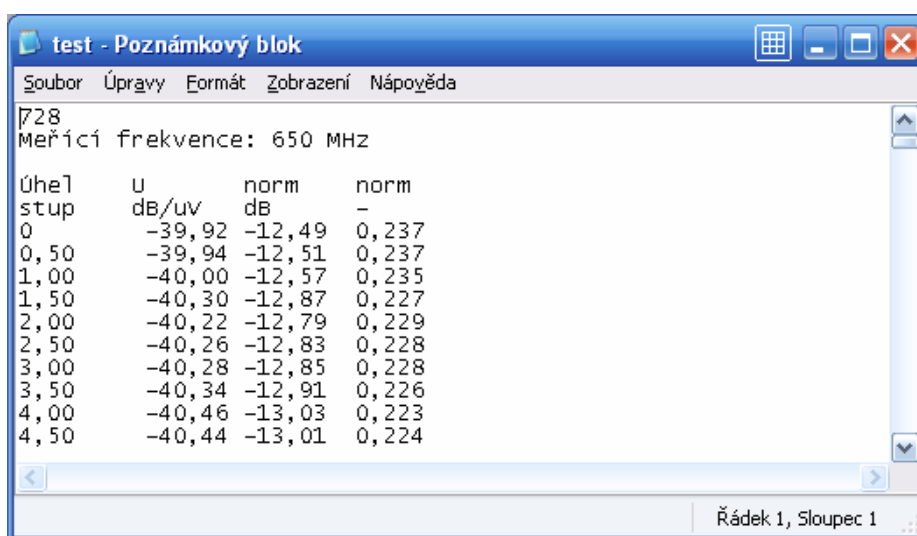
Obr. 10 Varování při nekorektním zadání hodnot frekvence nebo v hodnot v tabulce

Dále se vyskytuje podobné varování při nesprávném zadání hodnot určující měřicí rozsah proměřované oblasti charakteristiky, viz Obr.10.



Obr. 11 Varování při nekorektním zadání měřeného rozsahu

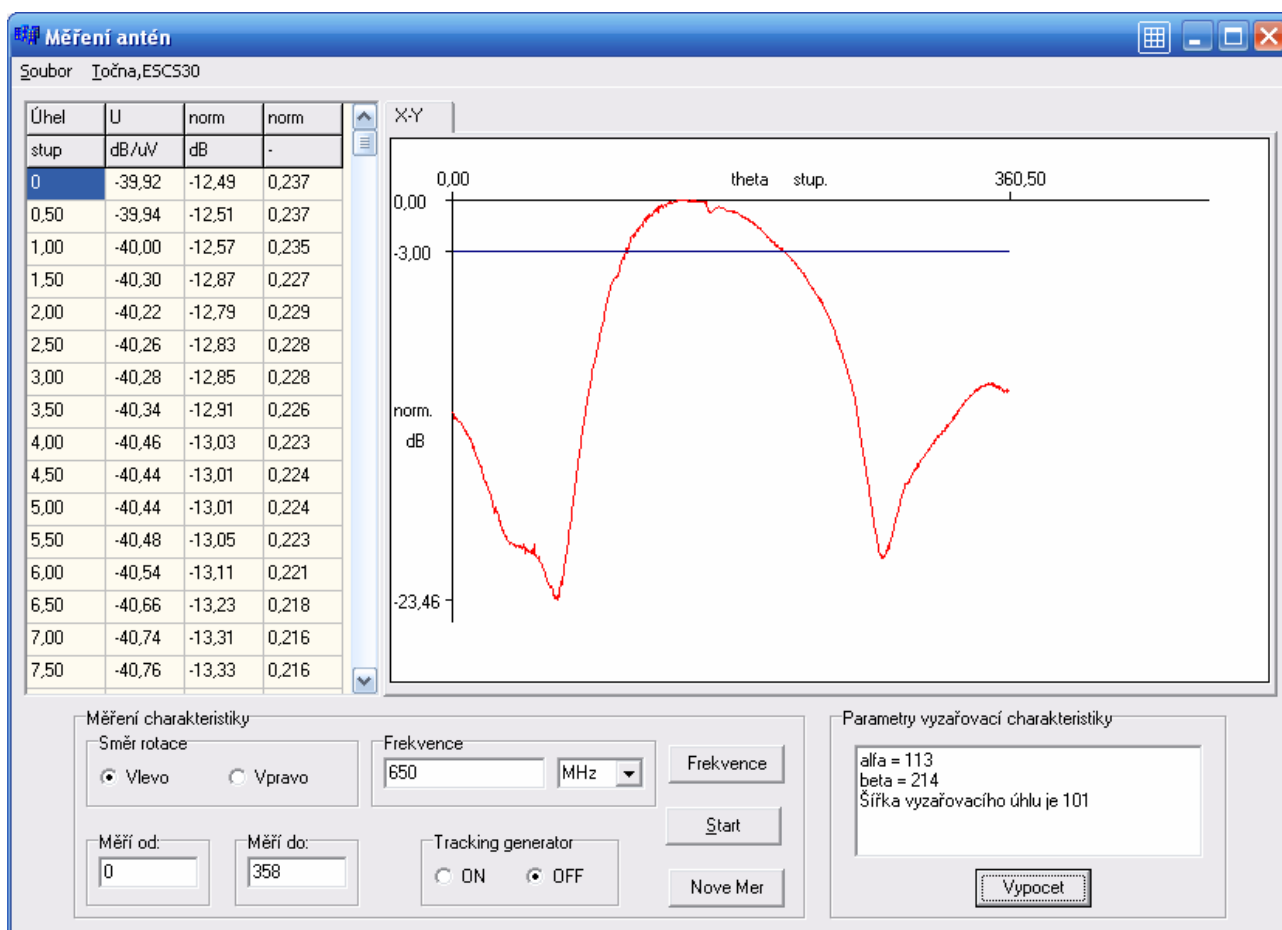
Za povšimnutí stojí v jakém formátu se daná data ukládají do textového souboru. Částečný výpis tohoto souboru je na obrázku Obr.11 :



Obr. 12 Soubor naměřených a vypočtených hodnot

Na prvním řádku se nachází číslo, které udává počet řádků v souboru a je důležité při opětovném načítání dat do programu antény. Pokud toto číslo vymažeme, tak se při načítání souboru do programu objeví varovné upozornění z Obr. 5. Na dalším řádku je vypsán kmitočet na kterém byly hodnoty charakteristiky naměřeny. Získané hodnoty směrové charakteristiky jsou následně uvedeny v jednotlivých sloupcích.

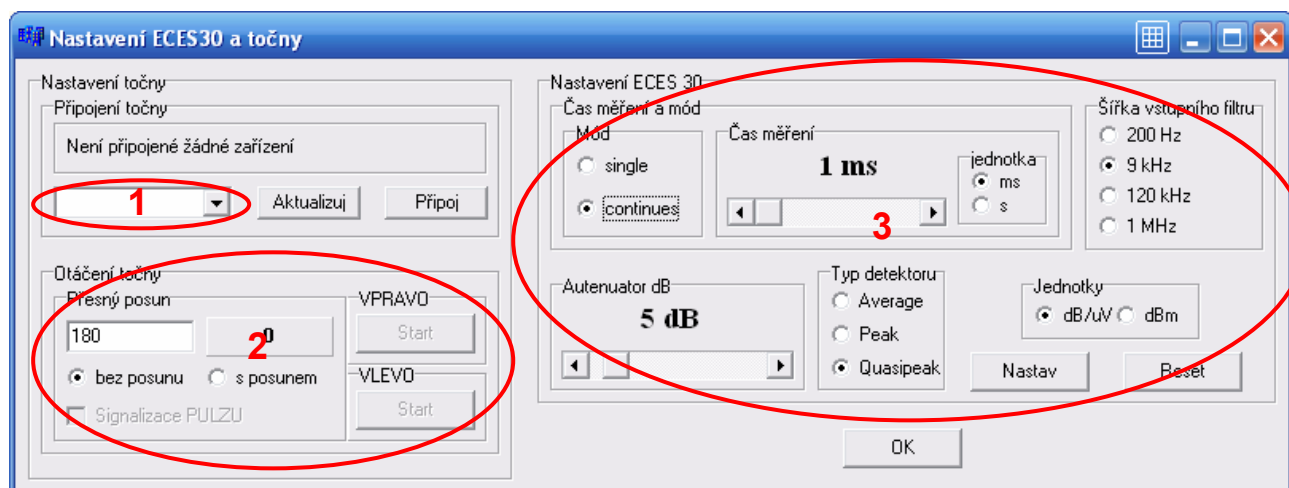
Jak vypadá program, který vygeneroval soubor ukázaný na Obr.7 je vidět na následujícím Obr.12



Obr. 13 Program po změření a stanovení parametrů charakteristiky na kmitočtu 650MHz

3.2 Aktivace R&S ECES30 a točny

Po kliknutí na položku Točna, ESCS 30 v menu hlavního okna se aktivuje okno pro navázání komunikace s přístrojem R&S ESCS 30 a točnou. Vzhled tohoto okna je pro názornost zobrazen na Obr.13. Pomocí tohoto okna ovládáme točnu a nastavujeme měřicí přístroj.



Obr. 14 Okno pro ovládání točny a nastavování ECES 30

3.2.1 Ovládání točny

Je-li k PC již točna připojena, tak se její popis automaticky po aktivaci programu objeví v seznamu (číslo 1 na obr 13). V případě, že točnu připojíme až po aktivaci okna, tak stačí stisknout tlačítko **Aktualizuj** a přípravek se načte do seznamu. Pokud je připojeno více zařízení používající obvod FTDI tak dojde i k jejich načtení do seznamu. Aktivace a navázání se provede stiskem tlačítka **Připoj**. Stisknutím tohoto tlačítka se aktivují tlačítka pro otáčení točnou (číslo 2).

V této vyznačené oblasti lze zvolit, zda posun provedeme jako Start-Stop, kdy stiskem tlačítka rotaci začneme a opětovným stiskem vypneme. To je v případě pokud máme vybranou možnost **bez posunu**. Když naopak chceme natočit točnu o přibližný počet stupňů vybereme položku **s posunem**. Tato volba je lepší při natáčení točny oproti původní poloze o určitý úhel natočení. V obou případech je třeba počítat s dojezdem točny, který je přibližně tři stupně. Dále je zde provedena signalizace impulzů snímače polohy. Je to určitá zpětná kontrola otáčení v případě, že měřená anténa se nachází mimo řídicí pracoviště.

3.2.2 Ovládání přístroje ESCS 30

Oblast označená číslem 3 na obr 13 slouží k nastavení měřících parametrů přístroje ECES 30. Pro nastavování parametrů je nutné navázat komunikaci s přístrojem. Komunikaci navážeme stisknutím tlačítka, kdy podle adresy uvedené v inicializačním souboru SFMAP.INI dojde k navázání komunikace a pak dojde k zresetování přístroje. Při dalším otevření tohoto okna nemusíme již provádět reset a můžeme rovnou provádět nastavování přístroje.

Pro nastavení přístroje můžeme z těchto možností:

Čas měření a mód – nastavení zda přístroj hodnoty odečítá neustále nebo jen v okamžiku požadavku a čas mezi jednotlivými měřeními hodnot při kontinuálním měření.

Šířka vstupního filtru – volka šířky pásma vstupního filtru, která má pouze čtyři hodnoty a to: 200 Hz, 9 kHz, 120 kHz a 1 MHz.

Autenuator dB – nastavení vstupního útlumu v rozmezí 0 až 60 dB s krokem 5dB

Typ detektoru – nastavíme jakou hodnotu měříme. Zda průměrnou, špičkovou nebo kvazi-špičkovou.

Jednotky – lze si vybrat v jakých jednotkách bude přístroj měřit. Pokud používáme při měření tracking generátor, tak přístroj automaticky měří v dBm

Podrobnější popis jednotlivých parametrů nalezneme v manuálu k přístroji ECES 30 viz. [2].

3.3 Inicializační soubor

Do tohoto souboru se ukládá poslední nastavení okna pro ovládání točny a nastavování měřícího přístroje. Takto se při dalším použití programu automaticky nastaví v nabídkách posledně vybrané parametry. To umožňuje rychle nastavit přístroj se stejnými parametry jako při posledním měření. Stačí jen provést rutinu resetu a pak stisknout tlačítko Nastav. Dále je zde uvedena adresa, pomocí které se provádí navázání komunikace s měřícím přístrojem. V tomto případě je naše adresa **gpib1,18**. Aktuální adresu přístroje, lze zjistit pomocí Agilent Connection Expert, který bývá součástí software pro přístroje firmy Agilent.

Poslední položkou tohoto souboru je krok měření. Ta udává kolik pulzů vygeneruje snímač na jednu otočku kolem své osy. V naší aplikaci je použit jako snímač optická

závora, která generuje 684 pulzů na jednu otáčku. Touto konstantou je následně v programu podělena hodnota 360^0 . Tím dostaneme krok s jakým bude prováděn odečet hodnot.

Tato modifikace také umožňuje použít i snímač s jiným rozlišením, pak stačí jen přepsat příslušnou položku v inicializačním souboru a nemusí se tedy předělávat samotný program.

4 VYTVOŘENÍ PROGRAM SFMAP.EXE

4.1 Komunikace s ESCS 30

Program pro komunikaci s přístrojem R&S ESCS 30 využívá dynamickou knihovnu `sicl32.dll`, která v sobě obsahuje potřebné procedury. Aby bylo možné se na tuto knihovnu odvolávat je nutné k programu připojit hlavičkový soubor `sicl.h` a statickou knihovnu `bcsicl32.lib`, kterou je třeba pro propojení dll knihovny s programem vyvíjeném v C++ Builderu. Vlastní připojení dll knihovny je popsáno v [4], kapitola 18. Tyto knihovny obsahují několik základních funkcí, které umožňují posílat a přijímat data z měřicího přístroje. Především se jedná o následující funkce:

Funkce *iopen* a *iclose*

Funkce *iopen* má za úkol navázat spojení s přístrojem.

Její hlavička:

```
id = iopen(char *data);           // otevření komunikace s přístrojem
```

parametry: **id** – identifikační číslo, které je přiděleno měřicím přístrojem

***data** – ukazatel na první znak řetězce adresy

Funkce vyšle na sběrnici, na které je připojen hledaný přístroj řetězec znaků reprezentující adresu získanou z inicializačního souboru. Tato adresa se skládá z části „gpi0“, která označuje typ sběrnice a druhá část „18“ je číslo, které musí mít hledaný přístroj nastavené, aby mohla probíhat komunikace. Tato adresa jako řetězec je uložena ve vyhrazeném paměťovém prostoru na jehož počátek odkazuje ukazatel `data`. Při úspěšně vytvořené komunikaci s přístrojem vrátí tato funkce identifikační číslo `id` pomocí kterého zasíláme další příkazy nebo dotazy.

Opakem funkce *iopen* je *iclose*. Ta uzavře komunikaci s přístrojem, který je specifikován zadaným identifikátorem `id` získaný pomocí předchozí funkce *iopen*.

Funkce iwrite

Tato funkce je určena pro odesílání řídicích příkazu nebo dotazů do zvoleného přístroje.

Její hlavička:

iwrite(int **id**,char ***data**,unsigned long **datalen**, int **end**, unsigned long **act**)

parametry: **id** – identifikační číslo přístroje, pro který jsou data určena
 ***data** – ukazatel na první znak vysílaných dat
 datalen – počet znaků ve vysílaném řetězci
 end – počet příkazů
 act – pozice prvního odesílaného znaku

Funkce vysílá požadovaný příkaz pro přístroj označený pomocí id. Tento příkaz je jako v případě *iopen* vysílán po jednotlivých znacích, které musejí být uloženy v paměťovém prostoru na jehož první znak ukazuje ukazatel data. Ostatní parametry funkce vychází především z obsahu řetězce.

Funkce iread

Jejím úkolem je přijmout od přístroje řetězec znaků reprezentující odpověď na jakýkoliv dotaz od řídicí jednotky.

Její hlavička:

iread(int **id**,char ***data**,unsigned long **datalen**, int ***end**, unsigned long ***act**)

parametry: **id** – identifikační číslo přístroje, ze kterého čteme data
 ***data** – ukazatel na první znak přijímaných dat
 datalen – počet znaků v přijatém řetězci
 end – počet příkazů
 act – pozice prvního přijatého znaku

Její parametry jsou téměř totožné jako u funkce *iread* až na poslední dva parametry, které jsou zavedeny jako ukazatele, protože nevíme, jaký počet příkazu bude odpověď obsahovat ani kterým znakem jednotlivé příkazy začínají.

Úplný popis těchto jednotlivých funkcí lze nalézt v [7] kde jsou i ukázky příkladů použití nejen pro vývojové prostředí používající jazyk C++.

4.2 Komunikace s točnou

Hlavním ovládacím prvkem točny je již zmíněný FT232BL. Ke komunikaci s tímto je zapotřebí mít dynamickou knihovnu FTD2XX.DLL, která obsahuje příkazy pro komunikaci s obvodem od firmy FTDI. Aby program komunikoval i s touto knihovnou musíme při programování zahrnout do programu (obdobně jako u měřicího přístroje) statickou knihovnu FTD2XX.LIB a hlavičkový soubor FTD2XX.H.

4.2.1 Návrátová hodnota funkcí FT_STATUS

Z knihovny FTD2XX.DLL pak pro ovládání a komunikaci s točnou použijeme klasické funkce pro přístup k tomuto obvodu. Tyto funkce indikují úspěšnost svého provedení pomocí návratové hodnoty. Při úspěšném provedení vrací hodnotu FT_OK, při chybě je vrácena hodnota specifikující vzniklou chybu. Některé hodnoty FT_STATUS jsou v tab.1 :

HODNOTA FT_STATUS	VÝZNAM
FT_OK	operace úspěšně provedena
FT_INVALID_HANDLE	neplatný handle zařízení
FT_DEVICE_NOT_FOUND	zařízení nenalezeno
FT_DEVICE_NOT_OPENED	zařízení neotevřeno
FT_IO_ERROR	vstupně/výstupní operace selhala
FT_INSUFFICIENT_RESOURCES	nedostatečné systémové zdroje
FT_INVALID_PARAMETR	neplatný parametr operace
FT_INVALID_BAUD_RATE	neplatná přenosová rychlost

Tab.1 Příznakové hodnoty FT_STATUS

U některých funkcí se zadávají řetězce označené dwFlags. Tyto dwFlags pak blíže určují jaké informace má daná funkce buď zaslat nebo získat . Některé hodnoty těchto dwFlags jsou uvedeny v tab.2

HODNOTA dwFlags	VÝZNAM
FT_LIST_NUMBER_ONLY	zjistí počet připojených zařízení; pvArg1 jako ukazatel na proměnnou typu DWORD , kam se uloží počet připojených zařízení
FT_OPEN_BY_SERIAL_NUMBER	zjistí sériové číslo zařízení
FT_OPEN_BY_DESCRIPTION	zjistí popis výrobku
FT_LIST_BY_INDEX	Lze použít pro zjištění informačních řetězců pro jedno zařízení; pvArg1 musí obsahovat pořadové číslo (index) zařízení (čísluje se od 0), pvArg2 je interpretován jako adresa řetězce pro příjem informačních dat
FT_LIST_ALL	Lze použít pro zjištění informačních řetězců všech připojených zařízení; pvArg1 ukazatel na pole adres řetězců pro načtení informačních dat (poslední adresa musí být NULL); pvArg2 počet položek pole odkázaného pvArg1

Tab.2 Možné hodnoty dwFlags a jejich význam

4.2.2 Vybrané funkce pro komunikaci s FT232BL

FT_ListDevices

Získá informace o aktuálně připojených zařízeních (počet připojených zařízení, řetězce sériových čísel zařízení a popisů výrobků)

Její hlavička je následující:

FT_STATUS **FT_ListDevices** (PVOID **pvArg1**, PVOID **pvArg2**, DWORD **dwFlags**);

Parametry: **pvArg1**, **pvArg2** – závisí na dwFlags

dwFlags- určuje formát zjišťované informace, možné hodnoty viz. tab 2

FT_OpenEx

Otevře pojmenované zařízení a vrátí identifikační proměnnou typu handle, přes který lze dané zařízení následně ovládat v případě úspěšně navázané komunikace.

Hlavička:

FT_STATUS **FT_OpenEx** (PVOID **pvArg1**, DWORD **dwFlags**, FT_HANDLE ***ft_handle**);

Parametry: **pvArg1** – závisí na dwFlags

dwFlags- určuje identifikaci zařízení, a to řetězcem sériového čísla nebo řetězcem popisu viz. tab.2

***ft_handle** – adresa proměnné typu FT_HANDLE, do které je po otevření uložen identifikační parametr handle zařízení

FT_Close

Uzavře zařízení, které je určeno jeho handle, který byl získán pomocí FT_OpenEx

Hlavička:

```
FT_STATUS FT_Close (FT_HANDLE ft_handle);
```

Parametry: **ft_handle** – identifikační parametr uzavíraného zařízení

FT_SetDtr a FT_ClrDtr

Tyto dvě funkce pracují s výstupní linkou DTR a tuto linku uvádějí do log. 0 nebo do log. 1

Hlavičky:

```
FT_STATUS FT_SetDtr (FT_HANDLE ft_handle);
```

```
FT_STATUS FT_ClrDtr (FT_HANDLE ft_handle);
```

Parametry: **ft_handle** – identifikační parametr zařízení kde linku nastavujeme

FT_SetRts a FT_ClrRts

Funkce jsou podobné jako předchozí dvě s tím rozdílem, že pracují s výstupní linkou označenou RTS. Mají i podobné hlavičky a stejný parametr, jako předcházející funkce.

FT_GetModemStatus

Tato funkce zjistí aktuální stav vstupních linek CTS, DSR, RI a DCD.

Hlavičky:

```
FT_STATUS FT_GetModemStatus (FT_HANDLE ft_handle, LPDWORD ModStatus);
```

Parametry: **ft_handle** – identifikační parametr zařízení kde zjišťujeme stav linek

ModStatus – adresa proměnné typu DWORD do které se ukládá stav modemu.

Problém je, že výstupem je kombinace všech těchto linek. Pokud tedy potřebujeme zjistit stavy jednotlivých linek, musíme provést logický součin mezi *ModStatus a symbolem podle tab.3. Je-li pak příslušný příznak vynulován, tak linka se nachází ve stavu log.1 v případě nastavení příznaku je linka ve stavu log.0.

Symbol	Odpovídající linka
MS_CTS_ON	CTS
MS_DSR_ON	DSR
MS_RI_ON	RI
MS_DCD_ON	DCD

Tab.3 Symboly pro dekódování stavu modemu

Podrobnější popis jednotlivých funkcí nalezneme v [5]. Zde jsou také popsány zbývající funkce, se kterými obvod lze řídit, ale ty nebyly pro řízení točny použity. Je však možné toto zařízení modifikovat tak, aby zařízení vytvořené v [4] bylo možné taktéž ovládat pomocí USB.

4.3 Popis zdrojového kódu programu SFMAP.EXE

K napsání programu bylo použito vývojové prostředí C++ Builder, ve kterém byly vytvořeny jednotlivé funkce pro ovládání periférií a zpracování naměřených dat. Tyto funkce byly rozděleny do dvou zdrojových souborů Unit1.cpp a ESEC30.cpp s příslušnými hlavičkovými soubory. Dále pak jak již bylo zmíněno byly k programu připojeny statické knihovny bcsicl32.lib a FTD2XX.lib. Ty se následně odkazují na příslušné dynamické knihovny.

V souboru Unit1.cpp jsou pak definovány funkce pro komunikaci s ESCS30, výpočetní funkce, funkce pro uložení a načtení souboru a funkce pro orientační zobrazení v Kartézském souřadném systému.

V druhém souboru ESEC30.cpp jsou vytvořeny funkce, které navážou komunikaci s točnou, případně tuto točnu ovládají a funkce pro sestavování nastavovacích zpráv pro ESCS 30.

Při vytváření těchto funkcí se pak objevil problém, kdy bylo nutné řešit sběr dat tak, aby v případě potřeby bylo možné zastavit měření. Tento problém bylo možné vyřešit dvěma způsoby: použitím samostatného vlákna nebo Timeru.

První řešení se samostatným vláknem, které se aktivovalo při stisku tlačítka Start a ukončilo se po provedení měření nebo stiskem tlačítka Stop, vedlo k nahodilému běhu programu a proto bylo zvoleno druhé řešení s komponentami Timer. Jeden Timer označený jako Mcasovani se aktivuje každých 10 ms a provede v případě výskytu

náběžné hrany odečet dat. Čas 10ms je něco jako vzorkovací perioda pro testování signálu, který má frekvenci pulzů 8,55Hz (viz. [4]). Druhý označený jako Dojezd se aktivuje při dosažení požadované koncové hodnoty úhlu a provede ukončení sebe sama i předchozího Timeru.

Výsledkem pak byly následující základní funkce programu.

4.3.1 void __fastcall TForm1::prikaz (AnsiString instrukce)

Tato funkce mám jako vstupní parametr řetězec instrukce, který se zasílá do přístroje ESCS 30. Je koncipována pro zasílání příkazů pro nastavení jakéhokoliv parametru (frekvence, typ filtru atd.)

```
void __fastcall TForm1::prikaz (AnsiString instrukce)
{
    data = &pamet2[0]; // ukazatel na první pozici v paměti
    strcpy(data,instrukce.c_str()); // zkopirovani příkazu do paměti
    iwrite(Form1->id,data,strlen(data),1,0); // zaslani retezce do pristroje
}
```

4.3.2 AnsiString __fastcall TForm1::dotaz (void)

Výstupem této funkce je řetězec znaků, který reprezentuje změřenou úroveň signálu na anténě.. Také upravuje řetězec vyjadřující desetinné číslo tím, že nahradí desetinnou tečku za čárku. Je to z důvodu dalšího zpracování, kdy funkce pro převod řetězců na čísla musejí mít řetězec s desetinnou čárkou a ne tečkou.

```
AnsiString __fastcall TForm1::dotaz (void)
{
    AnsiString dat;
    data = &pamet2[0]; //ukazatel na první volné místo paměti pro znakove
                        // proměnné typu char

    int i,j,dl;
    unsigned long delka;
    AnsiString pd;
    pd="LEVEL?"; // dotaz namerenou hodnotu
    strcpy(data,pd.c_str());
    iwrite(Form1->id,data,strlen(data),1,0);
    iread(Form1->id,data,delka,zacatek,konec);
    dl=strlen(data);
}
```

```

    dat=" ";
    //odtrzeni a nahrazeni znaku '.' za znak ','
    for (i=0;i<=(dl-1);i++)
    { if ( pamet2[i]!='.')
      pamet2[i]=',';
      if (pamet2[i]=='\n') //narazi-li na ukoncovaci znak ukonci cyklus
        {break;}
      dat=dat+pamet2[i];
    }
    return dat; // vrati řetězec dat
  }

```

4.3.3 bool __fastcall TForm1::AktivESCE30(void)

Pomocí této funkce se navazuje komunikace s měřícím přístrojem ESCS 30. Zjistí jeho identifikační číslo a provede zresetování přístroje. A po provedení vrátí hodnotu true jako informaci, že tato funkce proběhla.

```

bool __fastcall TForm1::AktivESCE30(void)
{ char *retezec;
  AnsiString Adresa;
  Adresa=IniSystem->ReadString("Adresa","ECES30","gpi0,18");
  //pokud v ini souboru není jiná adresa použije gpi0,18
  index1 = 0;
  data = &pamet[0];
  strcpy(data,Adresa.c_str());
  id = iopen(data); // otevření komunikace s přístrojem
  itimeout(id,1000); // časové zpoždění

  //reset přístroje
  retezec = "*RST";
  data = &pamet[0];
  strcpy(data,retezec);
  iwrite(id,data,strlen(data),1,0);
  return true;
}

```

4.3.4 void __fastcall TSetECES30::AktivTocna(TObject *Sender)

Vykonání této funkce je spojena se dvěma událostmi: otevření okna pro nastavování a ovládání ESCS 30 a točny a kliknutím na tlačítko Aktualizuj. Jejím úkolem je zjistit veškerá zařízení připojená k PC, která obsahují FT232BL a jejich názvy pak vypíše do seznamu.

```
void __fastcall TSetECES30::AktivTocna(TObject *Sender)
{
    FT_STATUS hlaseni;
    DWORD pocet;
    AnsiString text;
    // vynulovani pole pulzu
    det=0; //globální promenna
    StavZ->Caption="Není připojené žádné zařízení";
    SeznamFTDI->Items->Clear();
    FT_Close(Form1->zarizeni);
    TVlevo->Enabled=false;
    TVpravo->Enabled=false;
    Imp->Caption="0";
    char retezec[100];
    hlaseni=FT_ListDevices(&pocet,NULL,FT_LIST_NUMBER_ONLY);
    if(hlaseni==FT_OK)
    {
        for (DWORD Index=0;Index<pocet;Index++)
        {
            hlaseni=FT_ListDevices((PVOID)Index,retezec,
                                    FT_LIST_BY_INDEX|FT_OPEN_BY_DESCRIPTION);
            if(hlaseni==FT_OK)
            {
                text=retezec;
                SeznamFTDI->Items->Add(text);
            }
        }
        SeznamFTDI->ItemIndex=0;
    }
}
```

4.3.5 void __fastcall TSetECES30::inicializaceTocny(TObject *Sender)

Tato funkce má za úkol po stisku Tlačítka otevřít komunikaci ze zařízením (v našem případě s točnou), které je specifikováno názvem v seznamu. Tento seznam je získán pomocí předešlé funkce.

```
void __fastcall TSetECES30::inicializaceTocny(TObject *Sender)
{
    AnsiString text;
    int i,j;
    char *data;
    FT_STATUS hlaseni;
    FT_ClrRts(Form1->zarizeni);
    FT_ClrDtr(Form1->zarizeni);
    FT_Close(Form1->zarizeni); // pokud je otevrena komunikace s
                               //nějakým zariadením, tak ji uzavre
    i=SeznamFTDI->ItemIndex;
    text=SeznamFTDI->Items->Strings[i];
    data=text.c_str();
    hlaseni=FT_OpenEx(data,FT_OPEN_BY_DESCRIPTION,
                      &(Form1->zarizeni));
    if (hlaseni==FT_OK)
    {
        StavZ->Caption="Zařízení "+text+" je připojeno.";
        TVlevo->Enabled=true;
        TVpravo->Enabled=true;
        akTOC=true; //glob. Promenna, signalizuje aktivaci tocný
        if ((akTOC&&akECES)==true) //je-li aktivni točna i ESCS30
            //zpřístupni ovladavi mereni v hlavnim okne
            {Form1->PanMer->Enabled=true; }
    }
}
```

4.3.6 bool __fastcall TSetECES30::Uroven(void)

Tato funkce slouží k testování vstupní linky DSR ke které je připojen optický snímač. Má dvě návratové hodnoty: true a false. Hodnota true signalizuje výskyt náběžná hrany. Jinak v ostatních případech je vrácena hodnota false.

```

bool __fastcall TSetECES30::Uroven(void)
{
    bool hodnota;
    bool pokus,vstup;
    DWORD Stav;
    //nacteni stavu snimace
    FT_GetModemStatus(Form1->zarizeni,&Stav);
    vstup=(Stav&MS_DSR_ON);
    //zpracovani
    if ((!det)&&vstup) //je-li predchozi stav log. 0 a vstup log. 1
    {
        pokus = true;
        det=true; } //glob. Promenna, která uchova soucasny stav linky
    else
    {
        pokus=false; }
    if (!vstup)&&det) //je-li predchozi stav log. 1 a vstup log. 0
    {
        det=false;} // uschovej log. 0
    return pokus;
}

```

4.3.7 void __fastcall TForm1:: mereni2 (TObject *Sender)

Voláním této rutiny se provede nastavení velikosti tabulky a aktivuje se timer označený Mcasovani, tím je zahájeno vlastní měřicí proces, kdy jednotlivé měření probíhají podle timeru Mcasovani. Zároveň měření může ukončit v případě stisku tlačítka Stop.

```

void __fastcall TForm1:: mereni2 (TObject *Sender)
{
    AnsiString inst,hodnota,hor,dol;
    int k,l,inkrok;
    if (!Varning()) //není-li varovani tak pokracuj
    {
        hor=StrToInt(KonMer->Text); //hodnota uhlu po kterz se ma merit
        dol=StrToInt(ZacMer->Text); //hodnota uhlu od ktereho se meri
        inkrok=Form1->InitSystem->ReadInteger("uhel","krok",1); //pocet pulzu
        // na stupeň, podle ini souboru
        rozsah=(hor-dol)*inkrok; //velikost tabulky pro mer data podle rozsahu
        hodnoty->RowCount=2+40+rozsah; //nastavi pocet radku i s rezervou pro dobeh
        hodnoty->Width=225;
        TabSet(); // obnovi pocatecni nastaveni tabulky
        //zakaze zmenu parametru mereni
        hodnotaF->Enabled=false;
        JedF->Enabled=false;
    }
}

```

```
KonMer->Enabled=false;
generator->Enabled=false;
Srot->Enabled=false;
ZacMer->Enabled=false;
SetFrek->Enabled=false;
ResMer->Enabled=false;
if ((mereni->Caption)=="&Start")
    { //hodnota=dotaz();
      Mcasovani->Enabled=true;
      mereni->Caption="&Stop";
      switch(Srot->ItemIndex)
      { case 0:{ FT_SetDtr(Form1->zarizeni);
        if(smer==1) //pokud je zahajeno mereni ve stejnem smeru jako predchozi,
          {posIH="";} // tak vymaz posledni hodnotu a tim i posledni pozici tab
          smer=1;
          if (posIH=="")
            { posIH=ZacMer->Text;
              tab=22; } //posun na yacatek tabulky
          break;
        case 1:{ FT_SetRts(Form1->zarizeni);
          if(smer==-1) //pokud je zahajeno mereni ve stejnem smeru jako predchozi,
            {posIH="";} // tak vymaz posledni hodnotu a tim i posledni pozici tab
            smer=-1;
            if (posIH=="")
              {posIH=KonMer->Text;
                tab=22+rozsah;} //posun na konec tabulky
            break;
          }
        }
      }
    }
else //pokud klik během mereni, tak vypne točku a aktivuje odmerovani dojezdu
    {FT_ClrRts(Form1->zarizeni);
      FT_ClrDtr(Form1->zarizeni);
      Mdojezd->Enabled=true;
      Mcasovani->Enabled=false;
      hodnoty->RowCount=18;
      hodnoty->Width=210;
    } }
```

4.3.8 void __fastcall TForm1::RotMer(TObject *Sender)

Tato funkce je aktivována pomocí Timeru Masování vždy po 10 ms, jejím úkolem je získání dat z přístroje ECSC 30 a uložení do tabulky. Pracuje s několika globálními proměnnými, a to: smer – udává který směr rodace byl vybrán a podle toho buď řádky inkrementuje nebo dekrementuje. řádky jsou pak představovány globální proměnnou tab. Další globální proměnnou je poslH, do které se vždy uloží poslední zaznamenaný úhel, pro který byla změřena data.

```
void __fastcall TForm1::RotMer(TObject *Sender)
{
    AnsiString hodnota;
    int pdojezd,pocet,inkrok;
    float cis,krok,k=360,pom,ukonMer;
    bool testU;
    inkrok=Form1->InitSystem->ReadInteger("uhel","krok",1);    //pocet pulzu na
                        //stupeň z ini souboru
    krok=k/inkrok;    //velikost uhlu na pulz
    switch(Srot->ItemIndex)
    {
        case 0:{ smer=1;
                ukonMer=StrToFloat(KonMer->Text);
                }break;
        case 1:{ ukonMer=StrToFloat(ZacMer->Text);
                }break;
    }
    testU= SetECES30->Uroven();
    if (testU) //pri nabezne hrane pulzu nacti data
    {
        hodnota=dotaz();    //nacte data z ECES 30
        hodnoty->Cells[0][tab]=poslH;    //tab je glob.promenna indexujici tabulku
        hodnoty->Cells[1][tab]=hodnota;    //zapise hodnotu do tabulky
        tab=tab+smer;    //posun nadalsi prazdny radek
        pom=StrToFloat(poslH)+smer*krok;    //nastavi dalsi hodnotu radku
        poslH=FloatToStrF(pom,ffFixed,15,2);
        if (pom>=ukonMer) //pokud dojde na konec rosahu aktivuje obsluhu dojezdu
            //a vzpne tocnu
        {
            FT_ClrRts(Form1->zarizeni);
            FT_ClrDtr(Form1->zarizeni);
            Mdojezd->Enabled=true;
        }
    }
}
```

4.3.9 void __fastcall TForm1::Vypocet(TObject *Sender)

Úkolem této funkce je získaná data v tabulce zpracovat. V první fázi si nejdříve určí první a poslední řádek s daty. To je kvůli určení skutečného počtu změřených dat, protože se počet liší od zadaného rozsahu díky dojezdu točny. V dalším kroku se určí maximální hodnota, díky které se určí úroveň pro uhel 2Θ a provede se normování jak v decibelové míře, tak i v normované veličině v intervalu $<0;1>$. Nakonec se najde velikost vyzařovacího úhlu a vykreslí se průběh změřené funkce vyzařování v kartézském souřadném systému. Toto zobrazení je více méně orientační a lepší je tedy získat data uložit a vykreslit např. v MS Excel.

```
void __fastcall TForm1::Vypocet(TObject *Sender)
{
    int pocet,j,up;
    float maxim,hodnota,mp,del,pokles,delta1,delta2,deltap,vstup;
    int prvni,druhy,prvU,druhU;
    AnsiString cislo,jed;
    bool prechod=false;
    del=20; // pouyito pri prepocitu z decibelu pri dB/uV
    ParamCh->Clear(); //vymaze plochu s vypoctenymi daty
    jed=hodnoty->Cells[1][1]; //urceni zda data byla dBm nebo dB/uV
    if(jed=="dBm")
    {
        del=10; //pokud dBm tak se z decibelu prepocitava pomoci 10^(cislo/10)
        //urceni, kde v tabulce se nachazeji data: nejdrive najde prvni radek s daty
        for (j=2;j<hodnoty->RowCount;j++)
        {
            cislo=hodnoty->Cells[0][j];
            if (cislo!="")
            {
                prvni=j; //pozice radku s prvni hodnotou
                break; //a ukonci cyklus
            }
        }
        //a ted prochazi tabulku od konce a hleda pozici posledniho radku s daty
        for (j=hodnoty->RowCount;j>2;j--)
        {
            cislo=hodnoty->Cells[0][j];
            if (cislo!="")
            {
                druhy=j; //pozice radku s prvni hodnotou
                break; //a ukonci cyklus
            }
        }
        grafDat=pocet=druhy-prvni+1; //ulozeni velikosti dat pro pozdejsi prekreslovani
    }
}
```

```

Data= new float[pocet]; //vymezení prostoru v pameti
Uhly= new float[pocet];

for(j=prvni;j<=druhy;j++) //pocet hodnot je dan poctem radku v tabulce krom prvnich
dvou s popisky
{ cislo=hodnoty->Cells[1][j];
  hodnota=StrToFloat(cislo);
  Data[j-prvni]=hodnota;          //ulozi do pameti zmerena data
  Uhly[j-prvni]=StrToFloat(hodnoty->Cells[0][j]); } //ulozi prislusne uhly
pokles=(maxim=MaxX(Data,pocet))-3; // pokles o tri decibely pro urceni vyz. uhlu
//stanoveni velikosti vyzarovaciho uhlu
for(j=1;j<(pocet);j++)
{ if (Data[j]==maxim)
  {prechod=true;
   druhU=j;}
delta1=Data[j-1]-pokles;
delta2=Data[j]-pokles;
if (delta1*delta2<=0)
{ if((fabs(delta1)<=fabs(delta2)))
  { if (!prechod)
    {prvU=j-1;}
    else
    {druhU=j-1;
     break;    }    }
  else
  { if (!prechod)
    {prvU=j;}
    else
    {druhU=j;
     break;}    } } }

for(j=0;j<pocet;j++) //provede normalizaci k max hodnote v dB
{ vstup=Data[j];
  hodnota=vstup-maxim; //provede normalizaci k max hodnote v dB
  Data[j]=hodnota;
  cislo=FloatToStrF(hodnota,ffFixed,15,2);
  hodnoty->Cells[2][j+prvni] =cislo ;
  mp=(vstup-maxim)/del; //provede normalizaci k max hodnote U/Umax
  hodnota=pow(10,mp); //vypocet 10^(hodnota/del)
  cislo=FloatToStrF(hodnota,ffFixed,15,3);
  hodnoty->Cells[3][j+prvni] =cislo ;
}

//dopocita a vypise data vypoctu vyzarovaciho uhlu

```

```
ParamCh->Lines->Add("alfa = "+FloatToStr(Uhly[prvU]));
ParamCh->Lines->Add("beta = "+FloatToStr(Uhly[druhU]));
mp=fabsf(Uhly[prvU]-Uhly[druhU]);
ParamCh->Lines->Add("Šířka vyzařovacího úhlu je "+FloatToStr(mp));
// nastavz ukazatel provedeni vypoctu
vypoc=true;
if (vypoc)
{ GrafXYK(GrXY->Canvas,"uhel","norm.",grafDat,Uhly>Data,
GrXY->Width,GrXY->Height); //volani funkce pro vykresleni
} }
```

4.3.10 Další vytvořené funkce

Program mimo jiné obsahuje řadu dalších pomocných funkcí. Jde především o funkce k ukládání a načítání změřených dat do txt souboru. Dále jsou to pak funkce pro obsluhu dojezdu, zobrazovací funkce a další.

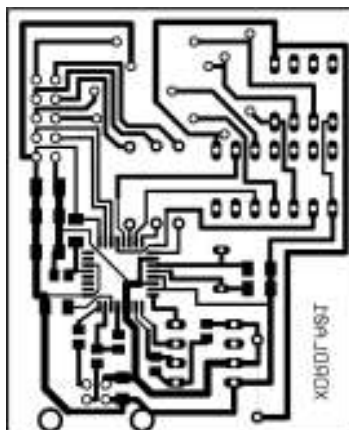
V případě zájmu je možné si celý zdrojový kód prohlédnout na přiloženém CD.

5 SESTAVENÍ A OŽIVENÍ OVLADAČE TOČNY

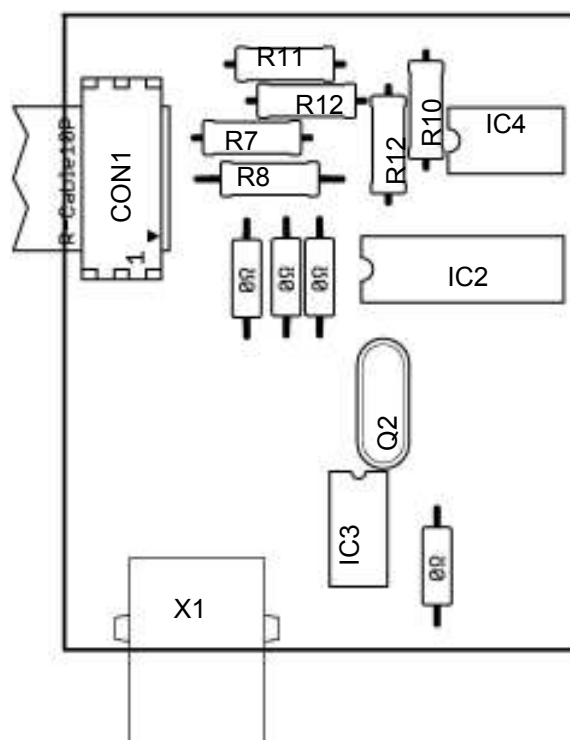
Již jsme si řekli, že ovladač se skládá ze dvou částí navzájem propojených pomocí vodičů GND, RTS, DTR a DSR. Realizaci části na obr. 8 se zabývat již nebudu, neboť je velmi detailně rozebrána v [4] a budu se zabývat sestavením a oživením části, která obsahuje převodník USB $\leftrightarrow$ RS232. Pokud tento převodník chceme točnu pro měření s přístrojem v [4], tak je již třeba původní koncepci pozměnit a přidat úrovněvý převodník z TTL na RS232 a tím lze nahradit zcela sériové rozhraní RS232, ze které schéma na obr.8 vychází.

5.1 Deska plošných spojů a osazovací schémata

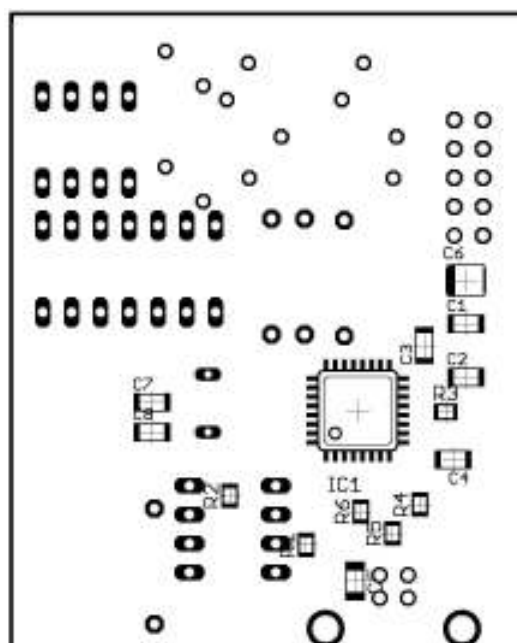
Plošný spoj je navržen jako jednostranný a kombinuje součástky jak klasického provedení, tak i součástky pro SMD montáž, protože samotný obvod FT232BL se vyrábí jen v provedení SMD.



Obr. 15 Předloha plošného spoje v měřítku 1:1



Obr. 16 Osazení přípravku (strana součástek)



Obr. 17 Osazení přípravku (strana spojů)

Seznam součástek:

Označení	Hodnota	Provedení			
C1	100n	C1206K			
C2	100n	C1206K			
C3	100n	C1206K			
C4	33n	C1206K			
C5	10n	C1206			
C6	6M8	SMC_B			
C7	27p	C1206K			
C8	27p	C1206K			
CON1					
IC1		QFP-32	FTDI		
IC2	74AC04N	DIL14			
IC3	93LC46P	DIL8			
IC4	LM358N	DIL08			
Q2	6MHz				
R1	2k2	M0805	rcl	(2.13 0.735)	MR90
R2	10k	M0805	rcl	(2.395 0.905)	MR90
R3	470	M0805	rcl	(1.645 1.195)	MR0
R4	27	M0805	rcl	(1.735 0.875)	MR90
R5	27	M0805	rcl	(1.83 0.775)	MR90
R6	1k5	M0805	rcl	(1.94 0.85)	MR90
R7	2k2				
R8	2k2				
R9	10k				
R10	15k				
R11	10k				
R12	10k				
X1	MINI-USB				

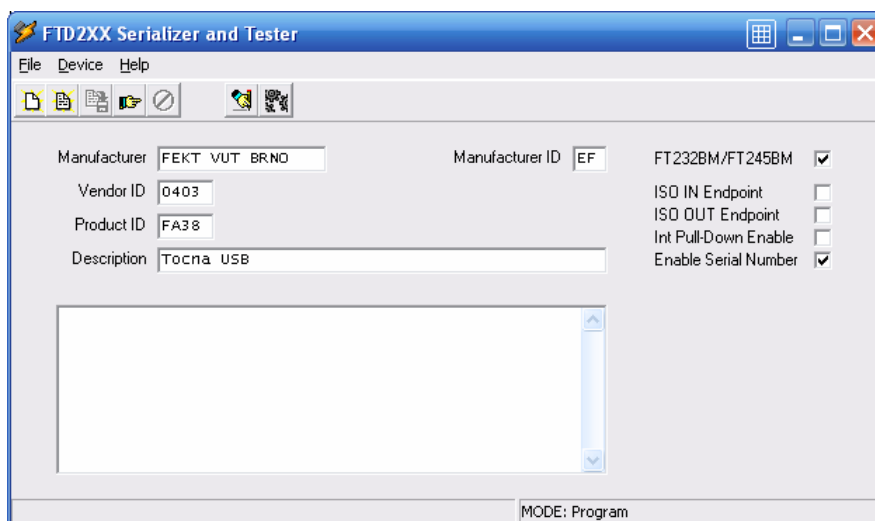
5.2 Oživení přípravku a instalace

Pokud se při montáži postupovalo opatrně a všechny součástky byly osazeny správně, tak po připojení k PC se objeví informace, že bylo nalezeno neznámé USB zařízení. To znamená, že zařízení je funkční a můžeme přistoupit k vlastní instalaci.

V prvním kroku provedeme instalaci jako u běžného zařízení s použitím ovladačů umístěných na přiloženém CD nebo si je můžeme stáhnout přímo ze stránek výrobce obvodu FT232BL [8]. Po nainstalování ovladačů přejdeme k naprogramování paměti, ve

kteřé jsou pak uloženy identifikační údaje o přípravku, podle kterých pak SFMAP toto zařízení najde.

K naprogramování slouží utilita FTD2XXST.EXE. Tu rovněž nalezneme na přiloženém CD nebo na stránkách výrobce. Po spuštění tohoto programu se objeví následující okno:



Obr. 18 Program FTDXXST

Význam jednotlivých položek :

Manufacturer – řetězec popisu výrobce (rozsah 2 až 38 znaků)

ManufacturerID – dva znaky identifikující výrobce, pokud ponecháme prázdné číslo se vygeneruje automaticky

Vendor ID – identifikační číslo výrobce (0403 odpovídá FTDI, pro získání vlastního VID je třeba složit registrační poplatek organizaci USB www.usb.org)

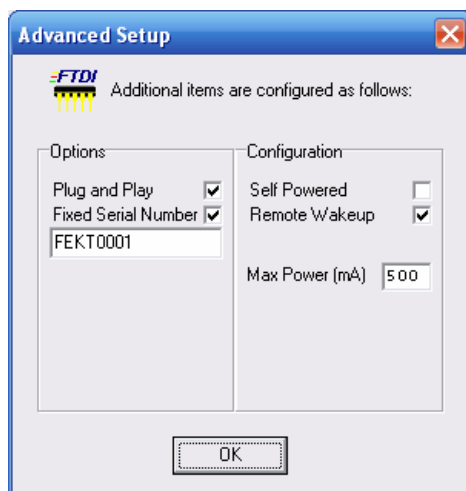
Produkt ID – identifikační nezačíslo výrobku (6001 odpovídá FTDI, pokud chceme vlastní číslo musíme požádat o přidělení FTDI)

Description – popis výrobku, který se pak objeví v seznamu programu SFMAP

Rev4 – zpřístupňuje další položky

- **ISO IN** – vstupní endpoint je izochronní
- **ISO OUT** – výstupní endpoint je izochronní
- **Int PDEN** – povolení pull-down rezistorů
- **Int Do SerNo** – povolení programování sériového čísla
- **Int USB Ver** – povolení verze USB deskriptoru (0200 značí USB 2.0)

Po nastavení příslušných parametrů klikneme do pole pod Descriptin a tím se nám zpřístupní **Device|Advanced Setup** , kde můžeme provést pokročilejší nastavení:



Obr. 19 Pokročilejší nastavení FTD2XXST

Význam jednotlivých položek pokročilejšího nastavení:

- **Plug and Play** – povolení Plug&Play enumerace dostupných zařízení
- **Fixed Serial Number** – přímé zadání sériového čísla (max. 8 znaků)
- **Self Powered** - zařízení napájeno z vlastního zdroje
- **Remote Wakeup** – podporuje Remote Wakeup
- **Max Power** – maximální odběr proudu z USB sběrnice v mA.
Maximálně lze zadat 500mA pro host a 100 mA pro hub.

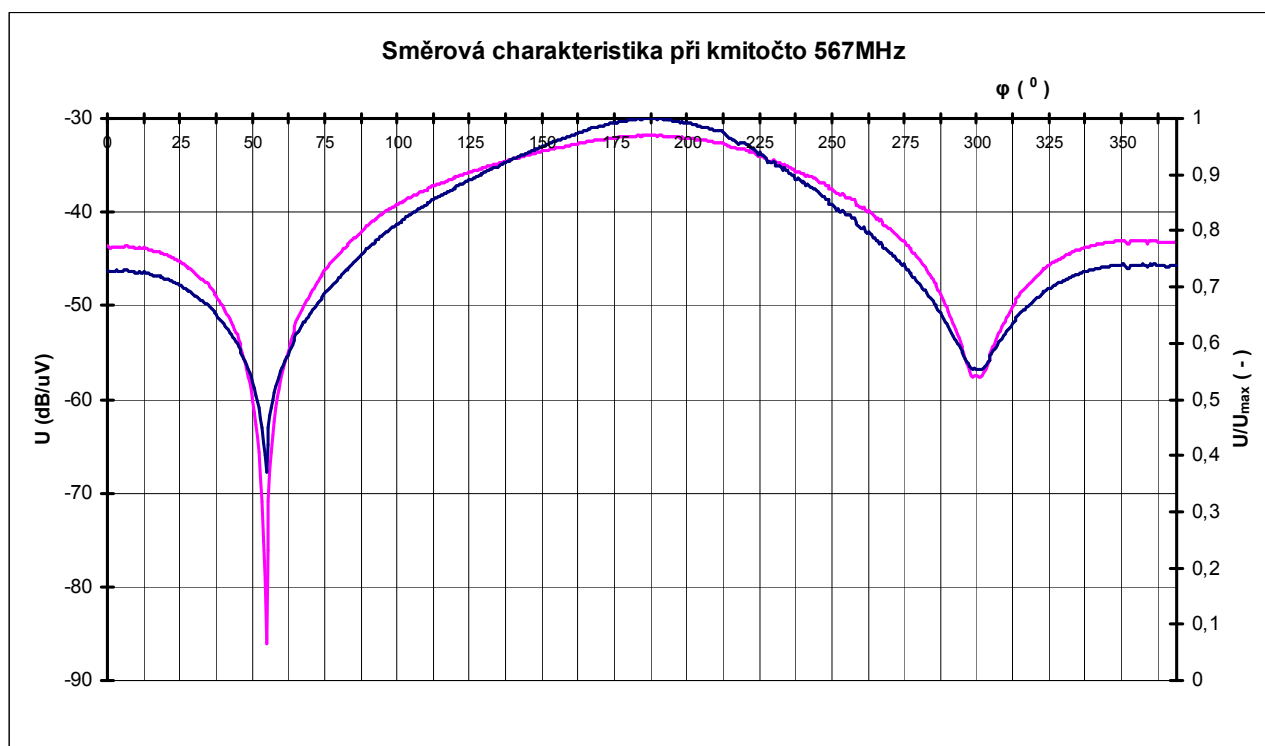
Tyto nastavené parametry je nutné uložit položkou **File|Save** a poté je teprve možné provést operaci zápisu do paměti EEPROM. Tato operace se provede aktivací položky menu **Device|Program**. Nové nastavení se projeví teprve po znovu připojení zařízení.

6 MĚŘENÍ POMOCÍ NAVŽENÉHO PRACOVISTĚ

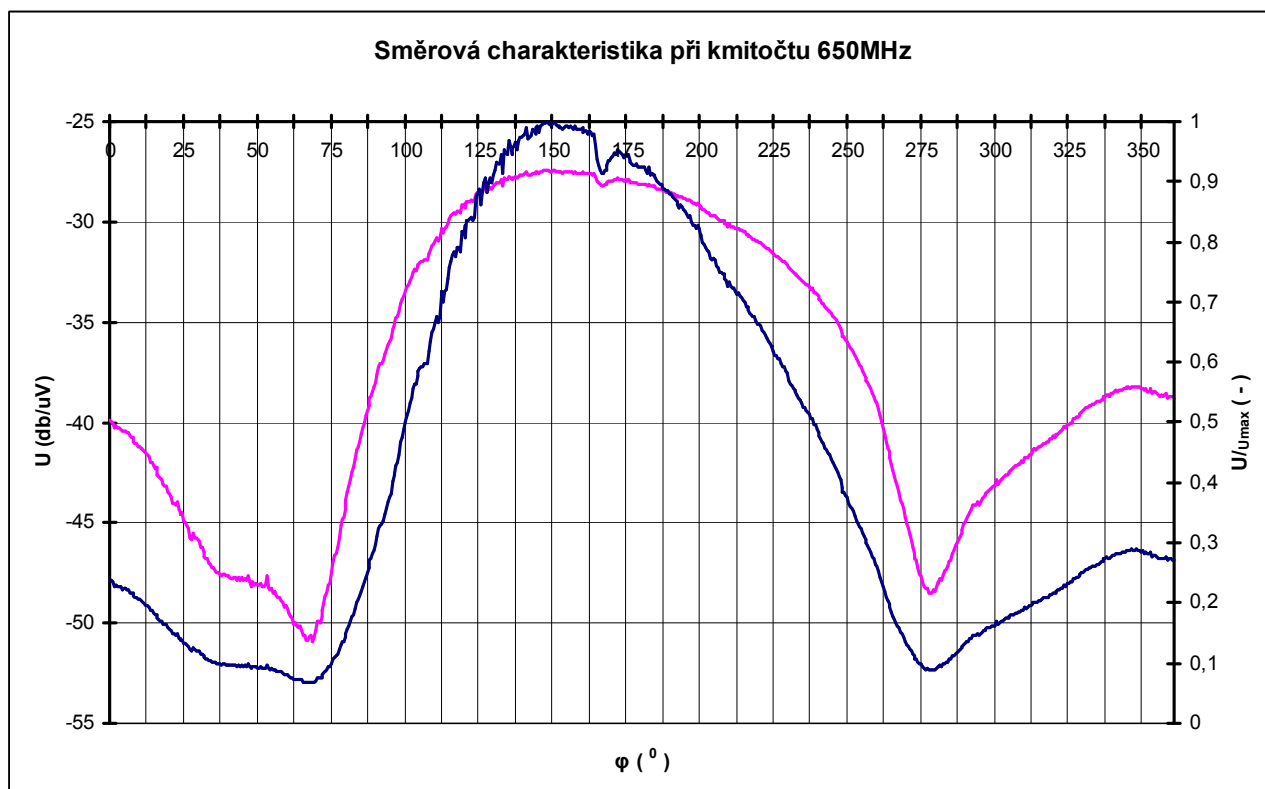
Po oživení bylo provedeno několik měření pro ověření funkčnosti. Tato měření byla provedena na dipólu s reflektorem na několika kmitočtech. První testování bylo, zda je pracoviště schopno změřit celou charakteristiku. Při měření bylo vždy naměřeno o několik hodnot více díky dojezdu točny. Ale vždy se jednalo maximálně několik hodnot v rozsahu 3 úhlových stupňů. Pro názornost získaných dat jsou uvedeny dva grafy pro kmitočty 567MHz a 650MHz na obr. 20 a obr. 21. V obou případech byl zadán výchozí rozsah hodnot 0 – 360 stupňů.

Pro první kmitočet program následně spočítal šířku hlavního laloku 98° s krajními úhly $134,5^\circ$ a $232,5^\circ$ stupňů.

U druhého kmitočtu byly úhly 113° a 214° s celkovým šířkou laloku 101° .



Obr. 20 Charakteristika antény při kmitočtu 567MHz



Obr. 21 Charakteristika antény při kmitočtu 650 MHz

Na obrázku 21 je vidět, že v rozsahu 160° až 175° je jistá chyba, která může byla způsobena úmyslným narušením prostoru mezi anténami. K této chybě je možné se vrátit zadáním opačného směru a se stejným zadaným rozsahem měření.

Výsledkem celé práce je systém, který je schopen pomocí přístroje ESCS 30 změřit data a zpracovat je do takové formy, kterou pak lze snadno zpracovat a vyhodnotit. Případně nutnosti pak lze použít klávesovou zkratku Alt+Prt Sc a okno si takto uložit přes ClipBoard.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČERNOHORSKÝ, D., TICHÝ, J. Anténní měření. Skriptum VAAZ Brno, 1971
- [2] R&S EMI Test Receiver ESCS 30. Operating manual
- [3] Dřínovský J., Podklady pro přednášky z REM. FEKT VUT Brno, 2008
- [4] Mihálik L., Automatizace měření směrových charakteristik antén, diplomová práce FEKT VUT Brno, 2007
- [5] Matoušek D., USB prakticky s obvody FTDI. Technická literatura Ben, Praha 2003
- [6] Matoušek D., C++ Builder vývojové prostředí 2.díl. Technická literatura Ben, Praha 2002
- [7] Agilent E2094 SICL Libraries. Operating manual
- [8] <http://www.ftdichip.com/FTDrivers.htm>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Směrové charakteristiky antény ve volném prostoru	5
Obr. 2	Normovaná směrová charakteristika v Kartézských souřadnicích.....	5
Obr. 3	Definování Úhlové šířky hlavního laloku 2Θ v polárních souřadnicích	7
Obr. 4	Schéma měřicího systému.....	8
Obr. 5	Rohde&Schwarz ECES 30.....	9
Obr. 6	Průběh signálu z optického snímače.....	10
Obr. 7	Schéma zapojení převodníku USB $\leftrightarrow$ RS232 s komparátorem	11
Obr. 8	Schéma použité točny	12
Obr. 9	Základní okno programu	14
Obr. 10	Varování při nekorektním zadání hodnot frekvence nebo v hodnot v tabulce	15
Obr. 11	Varování při nekorektním zadání měřeného rozsahu	15
Obr. 12	Soubor naměřených a vypočtených hodnot.....	15
Obr. 13	Program po změření a stanovení parametrů charakteristiky na kmitočtu 650MHz	16
Obr. 14	Okno pro ovládání točny a nastavování ECES 30	17
Obr. 15	Předloha plošného spoje v měřítku 1:1	36
Obr. 16	Osazení přípravku (strana součástek)	37
Obr. 17	Osazení přípravku (strana spojů).....	37
Obr. 18	Program FTDXXST	39
Obr. 19	Pokročilejší nastavení FTD2XXST	40
Obr. 20	Charakteristika antény při kmitočtu 567MHz.....	41
Obr. 21	Charakteristika antény při kmitočtu 650 MHz.....	42