

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Martin Kranjc

Računalniško krmiljena UHF antena

DIPLOMSKO DELO
NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

Mentor: prof. dr. Dušan Kodek

Ljubljana, 2012

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavljanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.



Št. naloge: 01820/2012

Datum: 15.03.2012

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **MARTIN KRANJC**

Naslov: **RAČUNALNIŠKO KRMILJENA UHF ANTENA
COMPUTER CONTROLLED UHF ANTENNA**

Vrsta naloge: Diplomsko delo univerzitetnega študija

Tematika naloge:

Delež gospodinjstev, ki sprejemajo televizijski signal preko anten, se sicer zmanjšuje vendar je še vedno precejšen. Pri sprejemu signala z več oddajnikov se običajno uporablja več v različne smeri usmerjenih anten. Boljša rešitev je daljinsko krmiljena antena, ki se lahko usmeri na določen oddajnik. Razvijte in izdelajte sistem za računalniško krmiljenje UHF antene, ki omogoča nastavljanje smeri, naklona in polarizacije antene. Sistem naj omogoča krmiljenje preko stikal, preko daljinskega upravljalnika in preko računalnika. Omogoča naj tudi shranjevanje nastavitev. Izberite ustrezne mehanske, električne in računalniške komponente ter izdelajte potrebno programsko opremo. Pravilnost delovanja preverite in podajte možne načine za izboljšave.

Mentor:


prof. dr. Dušan Kodek



Dekan:


prof. dr. Nikolaj Zimic

IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani/-a Martin Kranjc,

z vpisno številko 63050157,

sem avtor/-ica diplomskega dela z naslovom:

Računalniško krmiljena UHF antena

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal/-a samostojno pod mentorstvom prof. dr. Dušana Kodeka
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki "Dela FRI".

V Ljubljani, dne 14.9.2012

Podpis avtorja/-ice:

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju red. prof. dr. Dušanu Kodeku za pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se družini, predvsem staršem, za podporo in razumevanje v času študija, hkrati pa tudi sovaščanki Magdi Juretič za slovnično ureditev besedila diplomske naloge in sovaščanu Petru Uršiču za tehnično pomoč.

Seznam kratic

- **DVB-C/S/T** - Digital video broadcasting - Cable/Satellite/Terrestrial
- **USB** - Universal Serial Bus
- **LED** - Light-Emitting Diode
- **IR** - Infrared
- **TTL** - Transistor-Transistor Logic
- **UHF** - Ultra High Frequencies
- **VHF** - Very High Frequencies
- **QPSK** - Quadrature Phase Shift Keying
- **QAM** - Quadrature Amplitude Modulation
- **EEPROM** - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

Kazalo

Povzetek	1
Abstract	2
1 Uvod	3
1.1 Motivacija	3
1.2 Kaj je krmilnik?	4
2 Ozadje	7
2.1 Frekvenčni prostor	7
2.2 VHF in UHF spekter	9
2.3 DVB-T in DVB-T2	9
3 Obstoječa oprema na tržišču	13
4 Krmilnik - strojni del	15
4.1 Opis krmilnikove strojne opreme	15
4.2 Princip delovanja	19
4.3 Zgradba vezja	20
4.3.1 Fizična razdelitev vezja	20
4.3.2 Funkcionalna razdelitev vezja	23
4.4 Načini delovanja	24
4.5 Načini usmerjanja	26
4.6 Natančnost pozicioniranja	28
4.7 Poraba energije	29
4.8 Možne optimizacije	30
5 Krmilnik - programski del	32
5.1 Osnovna zgradba in psevdokoda	32
5.2 Uporabniški vmesnik za računalniško usmerjanje	37

6	Zaključek	40
A	Tabela frekvenc	42
	Literatura	45

Povzetek

V razvitem svetu najdemo televizijski sprejemnik v vsakem gospodinjstvu, različni pa so načini, kako televizijski signal sprejemamo. Čeprav je v Sloveniji delež gospodinjstev, ki sprejemajo signal preko strešne ali sobne antene le okoli tretjina, je ta način drugje po svetu, pa tudi pri nas, še vedno priljubljen, saj je eden redkih, ki je brezplačen. V ta namen sem se odločil izdelati krmilnik, ki omogoča usmerjanje ene same antene v različne smeri - k različnim oddajnikom. To nam odpravi zmešnjavo večjega števila anten, ki morajo biti preko filtrov in združevalnikov povezane na en televizijski sprejemnik.

Krmilnik omogoča izbiro smeri, naklona in polarizacije. Anteno lahko usmerjamo na tri različne načine, in sicer: preko računalnika, s pomočjo daljinskega upravljalnika in s stikali in tipkami na krmilniku samem. Krmilnik lahko deluje na dva načina. Prvi način je ročni, kjer anteni določamo poljubno smer oziroma pozicijo (ta "poljubnost" je sicer omejena s končnimi legami). Pozicijo lahko tudi shranimo. Drugi način je avtomatski, kjer lahko izberemo katerokoli od treh smeri antene, ki smo jo shranili v ročnem načinu. Krmilnik je izdelan s pomočjo mikrokrmilnikov tipa PIC.

Ključne besede:

Antena, krmilnik, mikrokrmilnik, signal

Abstract

In the developed world, a television receiver can be found in every household, but there are different ways to receive the television signal. Although the portion of Slovenia households that receive the signal via the roof or indoor antenna is only about one third, this type of reception is still popular because it is one of the few that is free of charge. To this end I decided to create a controller that allows a single antenna to be pointed in different directions - to a different transmitter. This eliminates a mess of a large number of antennas, which must be connected through the filters and combiners to a television set.

The controller allows the choice of direction, inclination and polarization. The antenna can be directed at three different ways, namely: via computer, via a remote control, and with switches and buttons on the controller itself. The controller can operate in two modes. In the manual mode the antenna's direction or position is determined arbitrary (the "arbitrariness" is limited by the end positions). This positions can also be saved. The second method is automatic where one can select any of the three directions of the antenna which were saved in the manual mode. The controller is built using the PIC microcontroller.

Key words:

Aerial, controller, microcontroller, signal

Poglavje 1

Uvod

1.1 Motivacija

Televizijski sprejemnik je v današnjem času, poleg računalnikov, še vedno ena glavnih elektronskih naprav v skoraj vsakem gospodinjstvu. Skoraj ne najdemo gospodinjstva brez enega ali več televizijskih sprejemnikov. Seveda pa sam televizor slike ne proizvaja, tako da moramo nanj priključiti bodisi drugo video napravo, kot na primer DVD predvajalnik, bodisi anteno ali drug izvor video signala. Razne video naprave, kot omenjeni DVD predvajalnik, dobimo v vsaki trgovini. Tudi razne televizijske sprejemnike, ki jih moramo uporabiti, kadar naš televizijski aparat nima možnosti sprejema zelenega signala, dobimo na tržišču, zato se bolj osredotočimo na izvor signala, ki ga sprejemamo z anteno.

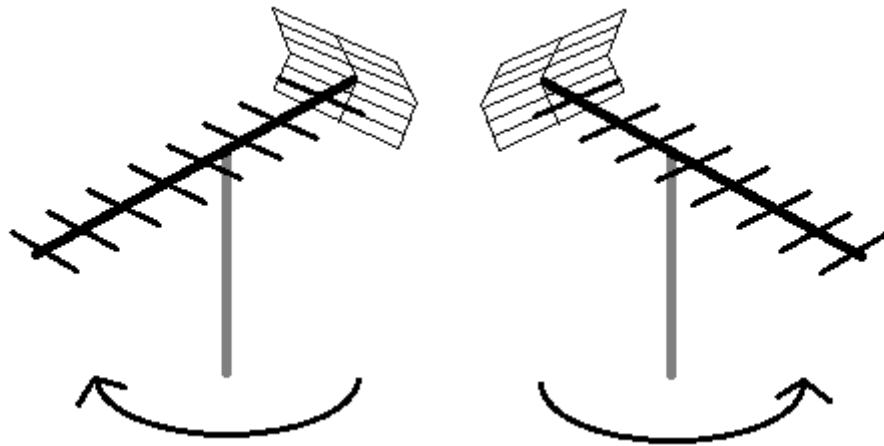
Anteno imamo običajno na strehi oziroma na drugem zunanem delu stanovanja. Na nekaterih strehah je mogoče opaziti celo zbirko strešnih anten, obrnjenih v različne smeri, kjer vsaka sprejema signal z drugega oddajnika. Koaksialni kabel, ki je namenjen prenosu signala od sprejemne antene do televizijskega aparata, se v takih primerih poveže oziroma združi v en kabel, ki vodi do televizorja, saj ima le ta običajno le en priključek. Te združitve več kablov so običajno izvedene s temu namenjenimi združevalniki, ki jih dobimo na tržišču, dostikrat pa moramo uporabiti tudi ojačevalce signala in razne dušilce, da dobimo optimalni sprejem. Da bi se te zmešnjave s kabli, antenami in vso drugo potrebno dodatno opremo znebili, sem se odločil izdelati krmilnik, ki bi eno samo anteno usmerjal v vse zelene smeri.

1.2 Kaj je krmilnik?

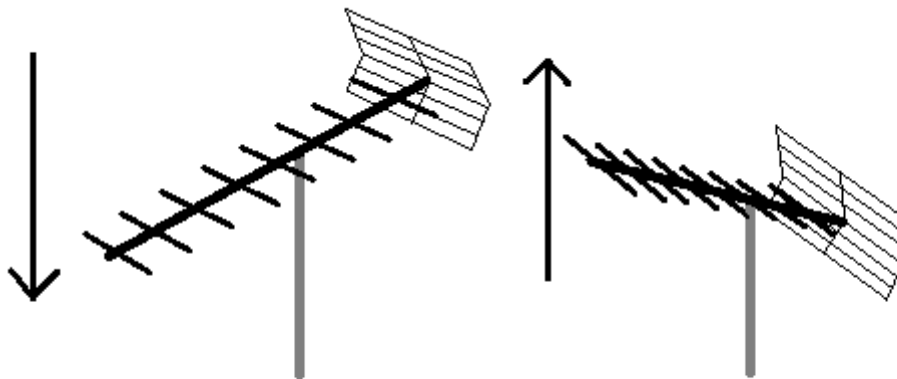
Krmilnik za UHF ali VHF anteno je elektronska naprava, ki omogoča obračanje antene v različne smeri. Pomaga nam, da lahko sprejemamo televizijski signal z več različnih oddajnikov, pri tem pa potrebujemo le eno anteno. Velika prednost pri tem je ta, da ne potrebujemo nobenih filtrov in združevalnikov. Uporaba ojačevalnikov je vseeno priporočljiva. Signal, ob uporabi krmilnika, sprejemamo z več oddajnikov, jakost pa ni pri vseh enaka. Nekateri so bolj oddaljeni, nekateri pa oddajajo s šibkejšo močjo. V tem primeru moramo z uporabo ojačevalnika omogočiti sprejem najšibkejšega signala, vse pa je odvisno od uporabnikovih potreb in želja.

Za delovanje celotnega sistema rabimo poleg samega krmilnika, lahko mu rečeno elektronski del, tudi ustrezen strešni nosilec in elektromotorje ter ustrezno prenosno mehaniko – mehanski del. Na ta mehanski del je nameščena antena. Po potrebi, in mogoče zaradi zasnove mehanskega dela ali velikosti same antene, bi potrebovali tudi dodatne uteži, da bi uravnotežili težišče sistema. Krmilnik je narejen tako, da omogoča obračanje antene v treh smereh in sicer:

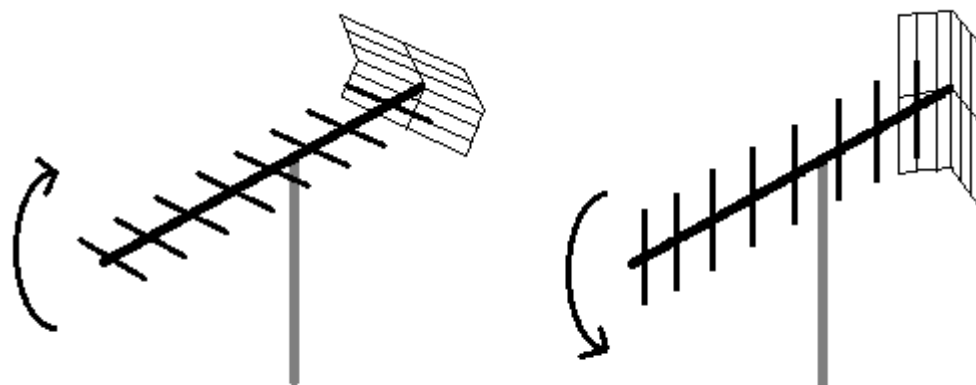
- smer antene: Slika 1.1 – vodoravno v levo ali desno,
- naklon: Slika 1.2 – navzgor ali navzdol in
- polarizacija: Slika 1.3 - vertikalna ali horizontalna.



Slika 1.1: Spreminjanje smeri antene. Pomikanje levo in desno.



Slika 1.2: Spreminjanje naklona antene. Pomikanje dol in gor.



Slika 1.3: Spreminjanje polarizacije antene. Pomikanje v vertikalno in v horizontalno polarizacijo.

Poglavje 2

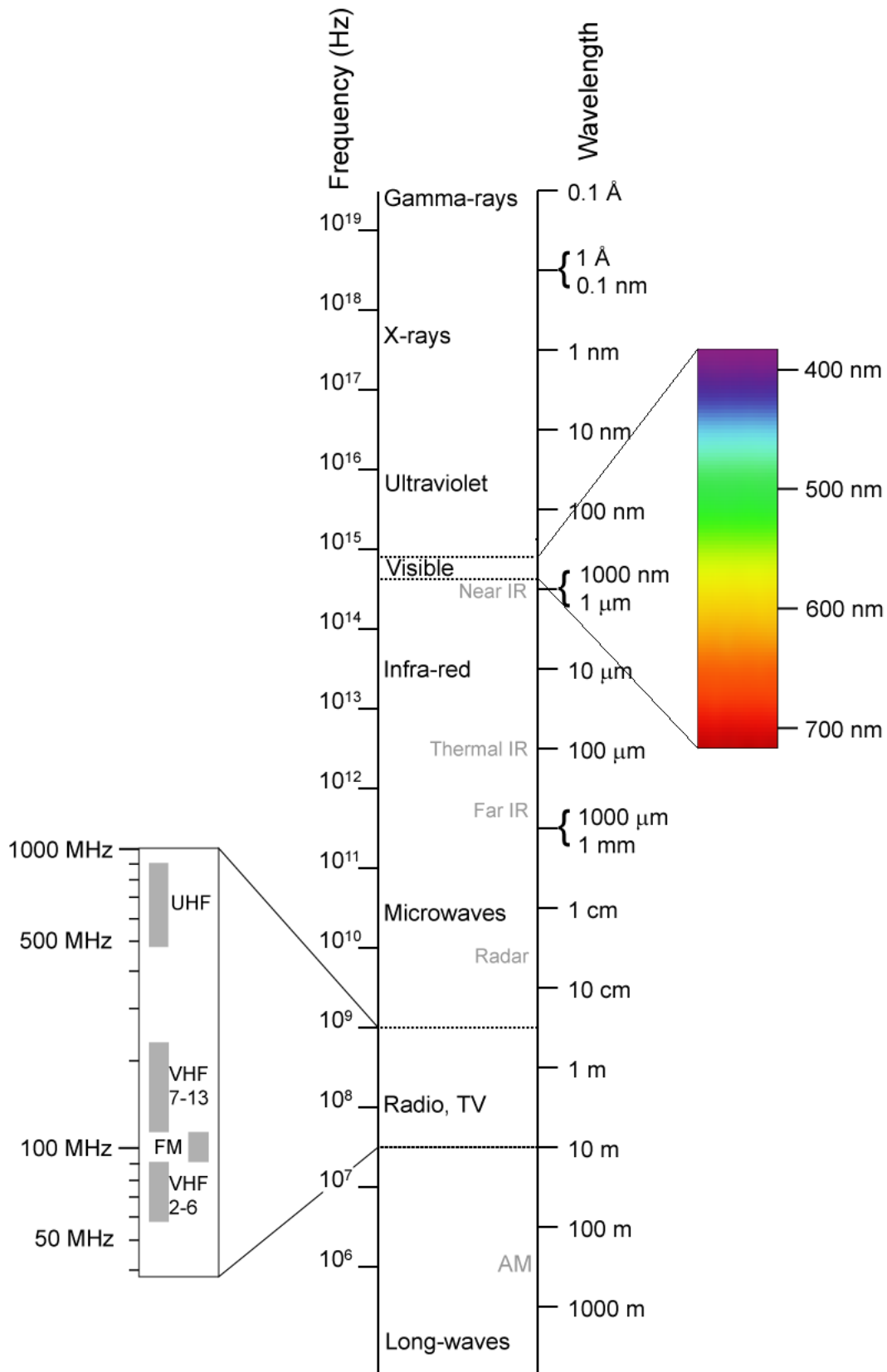
Ozadje

2.1 Frekvenčni prostor

Ko govorimo o antenah, vemo, da ima v ozadju velik pomen frekvenčni prostor. Frekvenčni prostor je razpon frekvenc od 0 Hz pa do zelo visokih, merjenih na primer v THz (tera hercih). Frekvenčni prostor je razdeljen na pasove: radijski valovi, mikrovalovi, infrardeča svetloba, vidna svetloba, ultravijolična svetloba, rentgenski žarki in gama žarki. Celoten spekter je prikazan na sliki 2.1. Radijski valovi obsegajo vse frekvence do 300 GHz, nad to frekvenco pa je absorbcija elektromagnetnega valovanja v Zemljini atmosferi tolikšna, da valov ne prepušča več. Treba je poudariti, da so v tem območju do 300 GHz tudi mikrovalovi. Ti obsegajo frekvence od 1 GHz pa vse do 300 GHz. Med najbolj znanimi območji radijskih valov so na primer:

- **za televizijo:** VHF (very high frequencies) in UHF (ultra high frequencies) in
- **za radio:** FM (frekvenčna modulacija) radio frekvence so uvrščene v VHF, poleg njih pa so še frekvence LF (low frequencies), MF (middle frequencies) in HF (high frequencies).

Omenim naj še, da je skala, po kateri je frekvenčni prostor razdeljen na pasove, logaritemske oblike. Vsak naslednji pas je od predhodnika širši za faktor 10. VHF pas na primer obsega frekvence od 30 MHz do 300 MHz, UHF pa od 300 MHz do 3000 MHz.



Slika 2.1: Celoten spekter radijskih valov [8].

2.2 VHF in UHF spekter

Kot je že iz naslova diplomskega dela razvidno, sem krmilnik namenil antenam, ki sprejemajo frekvence območji VHF in UHF. Ne glede na to pa bi ga bilo mogoče uporabiti tudi za druge namene. V prejšnji točki sem navedel frekvenčno območje omenjenih dveh pasov, treba pa je vedeti, da to območje ni v celoti uporabljeno, ko govorimo o televiziji. To območje je še ožje, ko govorimo o prizemni televiziji – televiziji, ki jo sprejemamo z navadno strešno anteno. Določen del frekvenčnega območja je namreč namenjen tudi kabelski televiziji.

Prizemna televizija uporablja VHF območje med frekvenca 174 MHz in 230 MHz, UHF pa med frekvenca 470 MHz in 862 MHz. Omenjena območja so razdeljena na ožje pasove, imenovane kanale. Območje VHF je razdeljeno na 8 kanalov, širine 7 MHz. Oštevilčeni so s števili od 5 do 12. Kanali s števili nižjimi od 5 so postavljeni na nižje frekvence, vendar se danes te frekvence ne uporabljajo več za namene televizijskega oddajanja, so pa vseeno vsebovane v VHF območju, od 30 MHz navzgor. UHF območje ima kanale široke 8 MHz, iz tega pa lahko izračunamo, da jih imamo na razpolago 49. Lahko bi pričakovali, da bi bili le ti oštevilčeni s števili od 13 do 61, vendar temu ni tako. Zaradi frekvenc, ki so med 230 MHz in 470 MHz uporabljene za kabelsko televizijo, se kanali v UHF spektru številčijo od 21 pa do 69.

Naj še opozorim, da omenjeno območje, namenjeno kabelski televiziji ne vsebuje samo 8 kanalov, kolikor je med števili 12 in 21, temveč veliko več, uporabljajo pa se drugačni načini številčenja, kar ni več predmet obdelave v tem diplomskem delu. Več o tem si lahko preberete v dodatku A - Tabela frekvenc.

2.3 DVB-T in DVB-T2

DVB pomeni Digital Video Broadcasting ali digitalno video oddajanje. Poznamo tri osnovne skupine DVB oddajanja, in sicer:

- DVB-C: (Cable) način oddajanja preko kabla – kabelski operaterji,
- DVB-S: (Satellite) satelitski način oddajanja in
- DVB-T: (Terrestrial) prizemni način oddajanja.

Z večanjem potreb po kapacitetah so se z razvojem tehnologije v zadnjih letih razvile novejšje različice nekaterih; predvsem sta v uporabi DVB-T2 in DVB-S2, saj sta satelitski in prizemni signal prisotna v zraku in lahko prihaja do

interferenc. To se zgodi, ko je frekvenčni prostor prezaseden, saj se lahko frakvence sosednjih držav prekrivajo.

Kot vemo, smo v Sloveniji konec leta 2010 v celoti prešli na digitalni način oddajanja televizijskega signala. Ta proces se v zadnjih letih odvija po vsem svetu, saj analogni način oddajanja slabo izkorišča pripadajoč frekvenčni prostor. V analogni tehnologiji se na določenem območju z oddajnika na enem kanalu oddaja en TV program. To pomeni, da je potrebno na sosednjem oddajniku, katerega signal delno pokriva območje prvega oddajnika, iste TV programe oddajati na drugih kanalih, saj bi v nasprotnem primeru zaradi interferenc prihajalo do sprejema popačenega in neuporabnega signala. Omenjene težave, prisotne v analogni tehnologiji, so odpravljene v digitalni tehnologiji. Nekatere popolnoma, druge delno, nekatere pa se celo pojavijo na novo, čeprav lahko niso tako moteče. Naj naštejem mogoče težave v analogni tehnologiji in kako so odpravljene v digitalni.

1. Prva je slabo izkoriščen frekvenčni prostor, saj je na enem kanalu v analogni tehnologiji oddajen en televizijski program. Glede na to, da imamo na razpolago 8 kanalov v VHF frekvenčnem pasu in 49 v UHF frekvenčnem pasu, lahko hitro pride do pomanjkanja prostih kanalov na določenem ozemlju. V digitalni tehnologiji se TV programi kodirajo z različnimi video in avdio kodeki (na primer razne različice MPEG). Kodirani signal se nato združi oziroma multipleksira v tako imenovani multipleks, ta multipleks, ki je še dodatno moduliran (saj je v naravi vse zvezno in moramo digitalni signal prilagoditi temu), oddaja na enem frekvenčnem kanalu. Tipe uporabljenih modulacij si lahko ogledate v Tabeli 2.1.
2. Druga slabost so motnje sosednjih oddajnikov, saj je analogni signal direktno pretvorjen v oddajne frekvence in lahko, čeprav je program enak, zaradi zakasnitev signala, pride do popačenja. Pri digitalnem načinu oddajanja je ta težava odpravljena s tako imenovanim varovalnim intervalom. To je število, zapisano v obliki ulomka, ki pove, kolikšen delež časa se signal ne oddaja. Na primer število $1/4$ pove, da se signal oddaja $3/4$ enote, $1/4$ enote časa pa se signal ne oddaja. Ta enota časa je seveda zelo kratka in je prilagojena frekvencam oddajanja. Ker so te izražene v MHz, bi te številke bile nekaj mikrosekund. S pomočjo varovalnega intervala lahko sprejemnik razbere signal in odpravi minimalne zakasnitve. Potrebno je poudariti, da ta varovalni interval deluje samo za oddajnike, ki so na neki maksimalni razdalji. Ta razdalja je lahko največ okoli 100 km pri intervalu $1/4$, s krajšanjem tega intervala na vrednosti $1/8$ ali $1/16$ pa se območje še zoži. Na teh območjih – imenovanih alotmenti

- se običajno oddaja en multipleks na enem kanalu z vseh oddajnikov znotraj območja, kar poleg kodiranja iz prve točke še dodatno prihrani frekvenčni prostor.
3. Tretja slabost analogne tehnologije je šum ob slabšem sprejemu. To se na TV zaslonu vidi kot "zasnežena" slika. Ob prevelikih motnjah pa slike ne vidimo več, prisoten pa je le še zvok, pa tudi ta ni več čisto slišen. Digitalna tehnologija odpravlja to slabost s kodnim razmerjem. Tudi to je število zapisano v obliki ulomka, čeprav ta v primerjavi z varovalnim intervalom, razen pri vrednosti $1/2$, nima vrednosti 1 v števcu, je pa števec vedno za 1 manjši od imenovalca. Vrednosti so na primer še $2/3$, $3/4$, $7/8$ itd., pomenijo pa, kolikšen delež podatkov predstavlja "koristne" v primerjavi s celoto. Pri vrednosti $1/2$ je polovica podatkov pri prenosu namenjena odpravljanju napak pri sprejemu, pri vrednostih z višjimi števkami pa je ta delež nižji in potrebujemo za normalno spremljanje televizijskega programa boljši oziroma čistejši signal.

Za konec naj še omenim, da na sprejem v analogni in digitalni tehnologiji vplivajo tudi razni odboji signala in še drugi dejavniki. Kljub vsem naštetim prednostim digitalnega načina sprejema še vedno prihaja do motenj, ki pa povzročijo, ko so te prevelike, popolnoma neuporaben sprejem signala, tako da bi tu lahko rekli, da je ob zelo slabih pogojih boljša analogna tehnologija, saj lahko vsaj vemo, kaj "poslušamo" po televiziji.

Iz vseh prej naštetih parametrov pri digitalni tehnologiji lahko izračunamo pasovno širino enega multipleksa. Celotna kombinacija podatkov je predstavljena v Tabeli 2.1, s tem da DVB-T2 dodaja nekaj vrednosti več, kar še poveča pasovno širino.

Modulacija	Kodno razmerje	Varovalni interval			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4.976	5.529	5.855	6.032
	2/3	6.635	7.373	7.806	8.043
	3/4	7.465	8.294	8.782	9.048
	5/6	8.294	9.216	9.758	10.053
	7/8	8.709	9.676	10.246	10.556
16-QAM	1/2	9.953	11.059	11.709	12.064
	2/3	13.271	14.745	15.612	16.086
	3/4	14.929	16.588	17.564	18.096
	5/6	16.588	18.431	19.516	20.107
	7/8	17.418	19.353	20.491	21.112
64-QAM	1/2	14.929	16.588	17.564	18.096
	2/3	19.906	22.118	23.419	24.128
	3/4	22.394	24.882	26.346	27.144
	5/6	24.882	27.647	29.273	30.160
	7/8	26.126	29.029	30.737	31.668

Tabela 2.1: Prenosne hitrosti v Mbit/s glede na prenosne parametre [6].

Poglavje 3

Obstoječa oprema na tržišču

Razmere na tržišču so bolj usmerjene na antenske sisteme. Veliko je trgovin, ki imajo v ponudbi široko izbiro raznih anten, ojačevalcev, združevalcev in drugih elektronskih elementov. Nekateri ponujajo tudi že sestavljene antenske sisteme z več antenami, pri nekaterih pa je te mogoče sestaviti po naročilu za potrebe strank.

Krmilnike z elektromotorji je mogoče dobiti, čeprav redkeje, so pa ti namenjeni predvsem satelitskim antenam. Primer takega krmilnika lahko vidimo na sliki 3.1. Lahko bi jih uporabili tudi za navadne antene. Vedeti pa moramo, da imajo ti krmilni sistemi samo en nivo obračanja – to je obračanje levo-desno ali drugače povedano po smereh kompasa – ne ponujajo pa polarizacije ali naklona. Čeprav ne ponujajo vseh funkcij tako kot krmilnik, izdelan v tej diplomski nalogi, so pa nekako bolj univerzalni, saj jih lahko uporabimo za katerokoli vrsto antene: satelitsko ali UHF. Pri tem pa moramo vedeti, da ne dobimo vedno najboljšega sprejema, kar je prednost mojega krmilnika.

Krmilniki, namenjeni satelitskim antenam, so nekoliko počasnejši, krmiljeni so pa preko vrtečega se gumba, na katerem se pomikamo po nebesnih smereh. Njihova počasnost je namenjena natančnemu usmerjanju antene, saj pri satelitskem sprejemu majhen kot zamika že pomeni sprejemanje signala z drugega satelita – sateliti so postavljeni nad ekvatorjem na geostacionarni višini 37.000 km.

Obstajajo tudi krmilniki, namenjeni UHF ali VHF antenam, so pa ti zelo redki. Ponujajo sicer en način obračanja antene, in sicer enako kot pri satelitskih krmilnikih, hkrati pa nam dajejo možnost upravljanja preko daljinskega upravljalnika in shranjevanje več pozicij.



Slika 3.1: Primer krmilnika za satelitsko anteno.

Poglavje 4

Krmilnik - strojni del

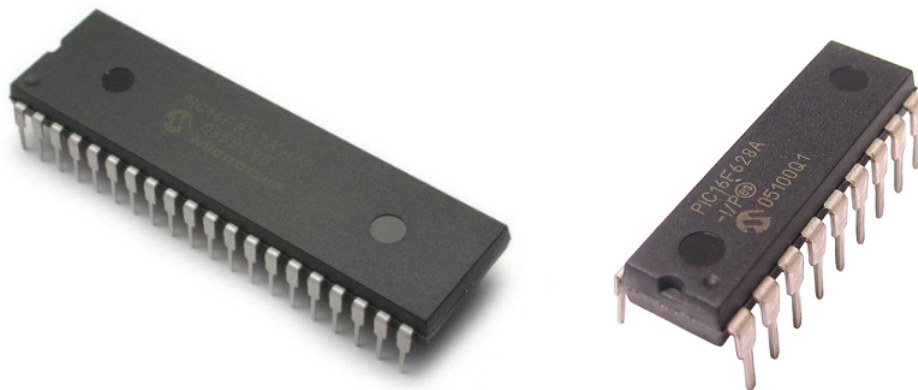
4.1 Opis krmilnikove strojne opreme

Krmilnik je kot vezje zaprt v ohišje. Na zgornji strani ima nameščene tipke in stikala za rokovanje s krmilnikom ter LED diode, ki uporabniku posredujejo določena stanja. Zadnja stran je namenjena priključevanju vhodno izhodnih elementov, med katerimi so elektromotorji, stikala na antenskem sistemu, napajanje ter konektor za priključitev na računalnik.

Napajalnik moramo uporabiti zunanji, konektor, s katerim ga priključimo na krmilnik, pa je molex, ki je uporabljen za napajanje starejših trdih diskov in optičnih enot v osebnih računalnikih. Tako imamo možnost priključitve močnega napajalnika, saj elektromotorji ob polni obremenitvi porabijo veliko električne moči. Več o porabi električne energije je opisano v podpoglavju 4.7.

Za osrednjo procesno enoto je namenjen mikrokrmilnik tipa PIC, natančneje model PIC16F877 (Slika 4.1 levo, več o njem lahko preberete v [1]). Zaradi uporabe velikega števila vhodno izhodnih priključkov je dodan tudi mikrokrmilnik PIC16F628A (Slika 4.1 desno, več v [2]). Ta je namenjen branju ukazov z IR sprejemnika in jih pretvori v neke vrste notranje ukaze, s pomočjo katerih osrednji mikrokrmilnik usmerja ostalo vezje. Na ta sekundarni PIC so priključena tudi stikala za ročno usmerjanje. Tudi vhodne vrednosti teh stikal so pretvorjene v ukaze, podobne kakor za IR. Ti ukazi so posredovani primarnemu mikrokrmilniku preko štirih pinov – med obema mikrokrmilnikoma je 4-bitna povezava v smeri od PIC2 do PIC1 in 1-bitna povezava od PIC1 do PIC2, ki izbira delovanje sekundarnega PIC-a med ročnim ali daljinskim načinom.

PIC16F877 ima vgrajen tudi serijski RS-232 vmesnik za komunikacijo z drugimi napravami. Ta vmesnik sem uporabil za povezavo krmilnika z računalnikom, vendar PIC uporablja TTL 5 V nivojske napetosti, RS-232 na osebnem



Slika 4.1: Levo: mikrokrmilnik PIC16F877 [1]. Desno: mikrokrmilnik PIC16F628A [2].

računalniku pa dosti višje, le te pa niso primerne za neposredno povezavo na PIC. Za pretvorbe te vrste je v vezje dodan čip MAX232A, prikazan na levi strani slike 4.2, več pa si lahko preberete v [3]. Čip ima dvoje serijskih vrat, od katerih so v uporabi sicer samo ena, kar je dovolj za dvosmerno asinhrono komunikacijo.

Ker moramo branje IR signala opravljati v zanki, je IR sprejemni tranzistor tipa TSOP2238 z delovno frekvenco 38 kHz (več o njem lahko preberete v [5]) vezan na vhod mikrokrmilnika PIC16F628A, saj tako osrednjemu PIC-u prepustimo normalen potek glavnega programa brez nepotrebnih zakasnitev, ki jih potrebujemo za branje z omenjenega IR sprejemnika. Sprejemnik lahko vidimo na desni strani slike 4.2.

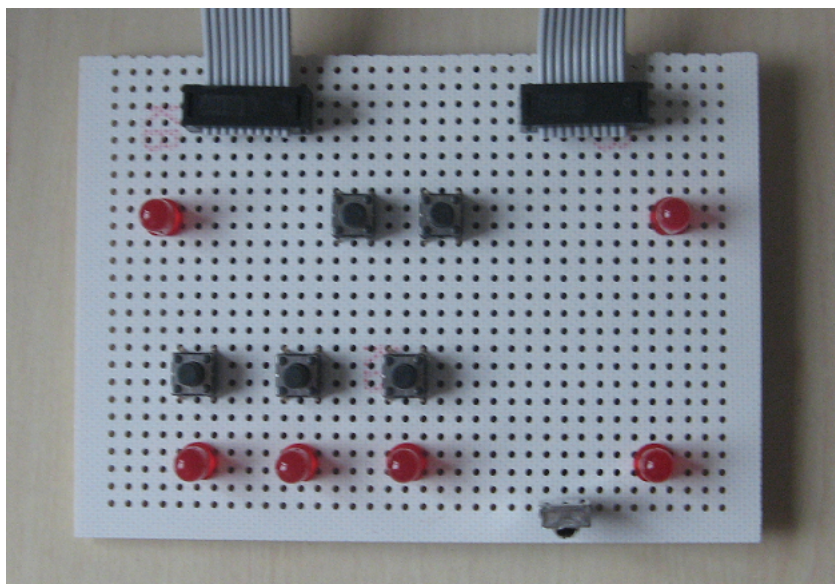
Krmilnik usmerjamo na več načinov: poleg omenjenega IR preko daljinskega upravljalnika in preko serijskih vrat imamo možnost tudi neposredno s stikali in tipkami. S stikali izberemo tudi želeni način delovanja. Izbiramo lahko med ročnim usmerjanjem z dvosmernimi stikali, tipkami, s katerimi izbiramo shranjene pozicije, in prej omenjenima IR ter RS-232. Za izbiro želenega načina delovanja imamo dve dvopozicijski stikali tipa ON-ON, kar nam da ravno 4 možne kombinacije. Ročno usmerjanje je implementirano s tremi dvopozicijskimi stikali tipa ON-OFF-ON, vsako za en nivo krmiljenja antene. Izbiro shranjene pozicije, shranitev pozicije ali povrnitev antene v začetno lego pa izvedemo s pritiskom na eno od tipk.



Slika 4.2: Levo: Integrirano vezje MAX232A za pretvorbo napetosti med TTL in RS-232 standardoma [3]. Desno: IR sprejemnik TSOP2238 [5].

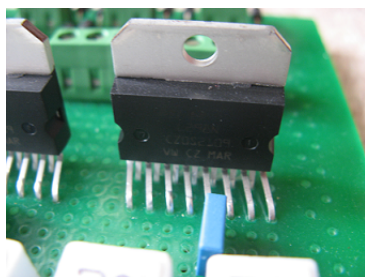
Informacijo o tem, v katerem stanju je krmilnik, lahko razberemo z LED diod. Krmilnik jih vsebuje 6, od katerih ima vsaka določeno funkcijo, postavitev pa je razvidna na sliki 4.3. Prva, ki leži zgoraj levo, je indikator napajanja. Takoj ko krmilnik priključimo na napajanje, se ta prižge. Desno zgoraj ležeča dioda je indikator gibanja antene. Ko se katerikoli od treh elektromotorjev vrti, je LED dioda prižgana, v nasprotnem primeru pa ne. Tri v vrsti ležeče diode, vsaka zraven ene tipke, nam dajo informacijo, v kateri shranjeni poziciji je antena. Enake diode nam dajejo informacijo tudi, kadar pozicijo shranjujemo, čeprav so takrat njihove vrednosti negirane. Ko na primer želimo shraniti položaj antene v pozicijo 1, se ob pritisku na tipko 1 pripadajoča tipka ugašne, ostali dve pa ostaneta prižgani, dokler shranjevanja ne potrdimo. Desno spodaj ležeča LED dioda je namenjena zaznavanju branja podatkov z IR sprejemnika. Kadar držimo tipko na daljinskem usmerjevalniku, dioda utripa, v nasprotnem primeru je ugašena.

Ker ima PIC nizko porabo električne energije – okoli 1 W – sam čip ni zmožen krmiliti elektromotorjev. Zaradi tega potrebujemo ojačevalne elemente (imenovane Motor driver). V ta namen so uporabljeni trije čipi tipa L298N, vsak za en motor. En element je prikazan na sliki 4.4, več pa si lahko preberete v [4]. Vsak čip ima dva mostova, kar pomeni, da bi lahko z enim čipom usmerjali dva motorja neodvisno. Te izhode lahko združimo in pridobimo večjo moč za en elektromotor. Dva mostova s po 2 A električnega toka se združi v enega s 4 A. Izhodne napajalne napetosti za elektromotorje lahko izberemo z dodatnim stikalom za vsak čip. V primeru uporabe napajalnika



Slika 4.3: LED diode, tipke in IR sprejemnik.

za računalnik izbiramo med napetostima 5 V in 12 V. Vsakemu čipu pa sta dodani še dve stikali, s katerima omogočimo ali onemogočimo posamezen most. S tem si lahko izberemo želeno moč delovanja. Največja napetost, ki jo lahko priključimo na L298N, je 50 V.



Slika 4.4: Integrirano vezje L298N za ojačanje izhodov vezja [4].

4.2 Princip delovanja

Krmilnik zaznava in beleži smer antene s štetjem in pomnjenjem števila obratov elektromotorjev. Kadar krmilnik priključimo na napajanje, anteno najprej pomakne v osnovno lego. To je lega, določena s stikali na antenskem sistemu, med katerimi določena predstavljajo končno lego. Gre za horizontalno polarizacijo antene, usmerjeno navzgor in 180° od vsake končne smeri levo ali desno. Anteno krmilnik pomika proti horizontalni legi, navzgor in levo. Težava nastane pri določanju osnovne lege prvega nivoja, ker je ta na sredini končnih leg. V tej legi je stikalo, ki nam da informacijo, kdaj smo v njej. Kadar je antena bolj levo od tega stikala, bi morali anteno pomikati desno, krmilnik pa ob priklopu tega ne ve. Ta težava je rešena tako, da anteno ob vklopu napajanja enostavno pomikamo levo. Če je dosežena osnovna lega, se antena ustavi, če pa antena doseže končno lego v levi smeri, se smer obrne in pomika v desno, dokler ne doseže osnovne lege.

Za prvi nivo usmerjanja levo-desno, kjer je antena na začetku v osnovni legi, je začetna vrednost števca 128. Če se pomika antena levo, povečamo vrednost števca ob vsakem obratu za ena, v smeri desno pa zmanjšamo za ena. Pri drugem nivoju je antena v začetni legi obrnjena maksimalno navzgor – to pomeni v končni legi. Ta lega predstavlja vrednost števca enako 0 in ob pomikanju naprej oziroma navzdol števec povečujemo. Če anteno pomikamo nazaj oziroma navzgor, se števec zmanjšuje. Tretji nivo predstavlja polarizacijo. Začetna lega in hkrati končna je horizontalna in predstavlja vrednost števca prav tako enako 0, pomikanje proti vertikalni legi pa števec povečuje, v obratni smeri pa zmanjšuje. Kadar je na nekem nivoju dosežena končna lega med ročnim usmerjanjem, se števec te lege ponovno postavi na začetno vrednost 0 ali 128, odvisno od nivoja, za odpravljanje morebitne motnje stikala števca ob slabem stiku.

Omeniti še velja, da se določena funkcija izvede šele ob sprostitvi tipke ali stikala. Če držimo tipko pritisnjeno nekaj sekund, se bo njena funkcija izvršila šele, ko jo sprostimo. Prednost te lastnosti je, da proži izvajanje nek dogodek, ne pa stanje. Hkrati pritisnjenih več tipk naenkrat nima učinka, saj bo delovanje povzročilo zaporedje njihovih sprostitvev. Ta lastnost velja tudi za števec obratov elektromotorjev, saj pripomore k temu, da stikalo ni ves čas sklenjeno, ko se antena ustavi v določeni legi. Tudi pomikanje se ustavi, ko sprostimo stikalo za ročno usmerjanje in ko se stikalo števca sprosti.

4.3 Zgradba vezja

Pri večini kompleksnejših elektronskih naprav je elektronsko vezje sestavljeno nivojsko. Razdeljeno je na module, ti moduli pa običajno komunicirajo preko osrednje procesne enote. Elektronsko vezje krmilnika bi lahko shematsko razdelil na dva načina. En način je modularna, oziroma funkcionalna razdelitev, drugi način pa fizična razdelitev.

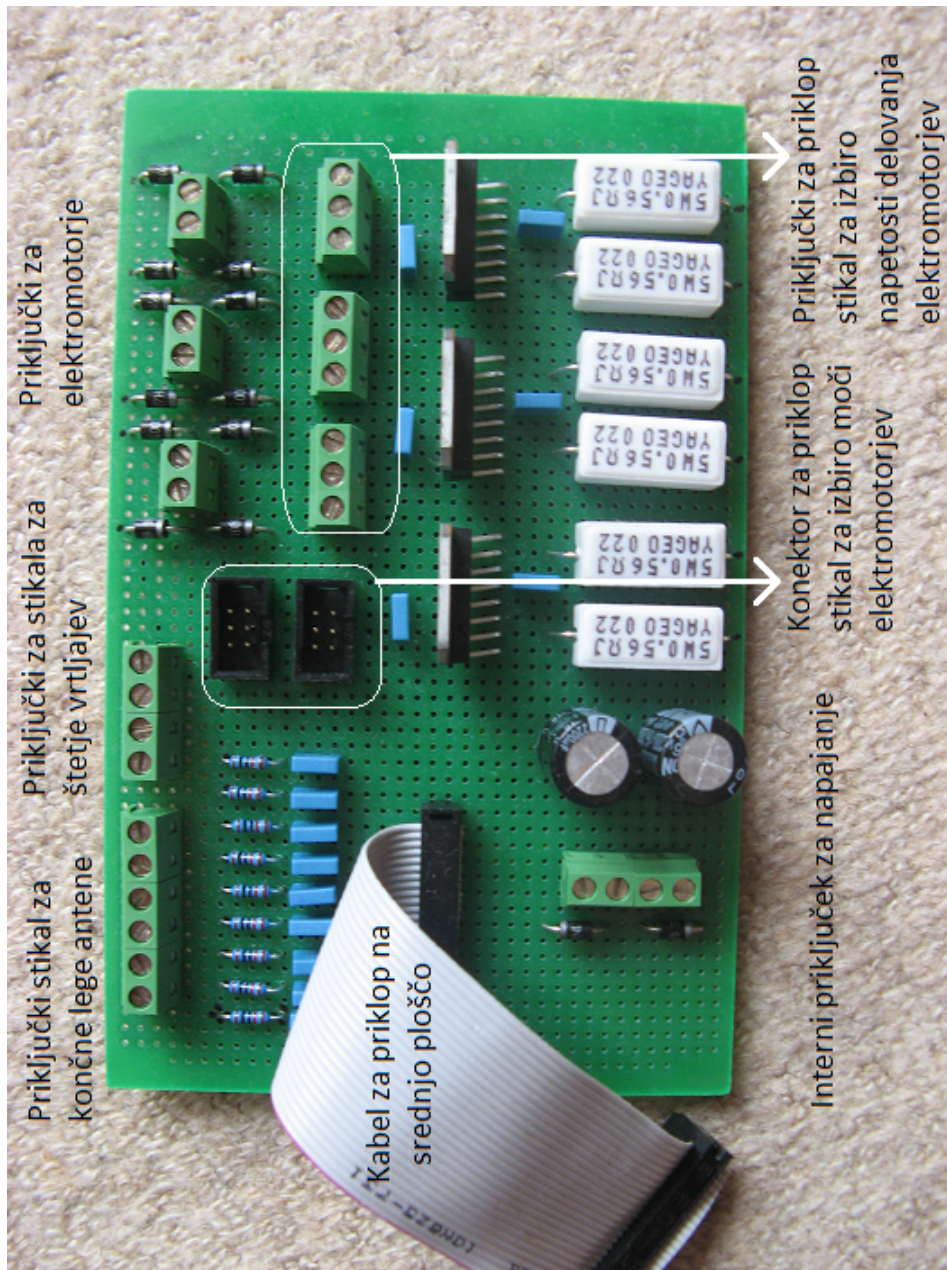
4.3.1 Fizična razdelitev vezja

Fizična razdelitev ni toliko pomembna, zato jo opisujem le kot možen način členitve. Vezje je fizično razdeljeno na tri tiskanine. Na spodnji plošči, ki jo prikazuje slika 4.5, je predvsem močnostni del vezja. Na njej najdemo ojačevalne elemente za elektromotorje in razne priključke oziroma konektorje, in sicer: priključke za motorje, priključke za stikala končnih pozicij in stikala namenjena štetju obratov, konektorje za stikala za izbiro napetosti delovanja elektromotorjev ter konektorje za stikala za izbiro moči elektromotorjev. Ker je na ta del krmilnika vezano tudi zunanje napajanje, so na njem prisotni tudi kondenzatorji za glajenje morebitnih motenj pri napajanju in diode za zaščito vezja pred morebitno napačno vezavo napajanja.

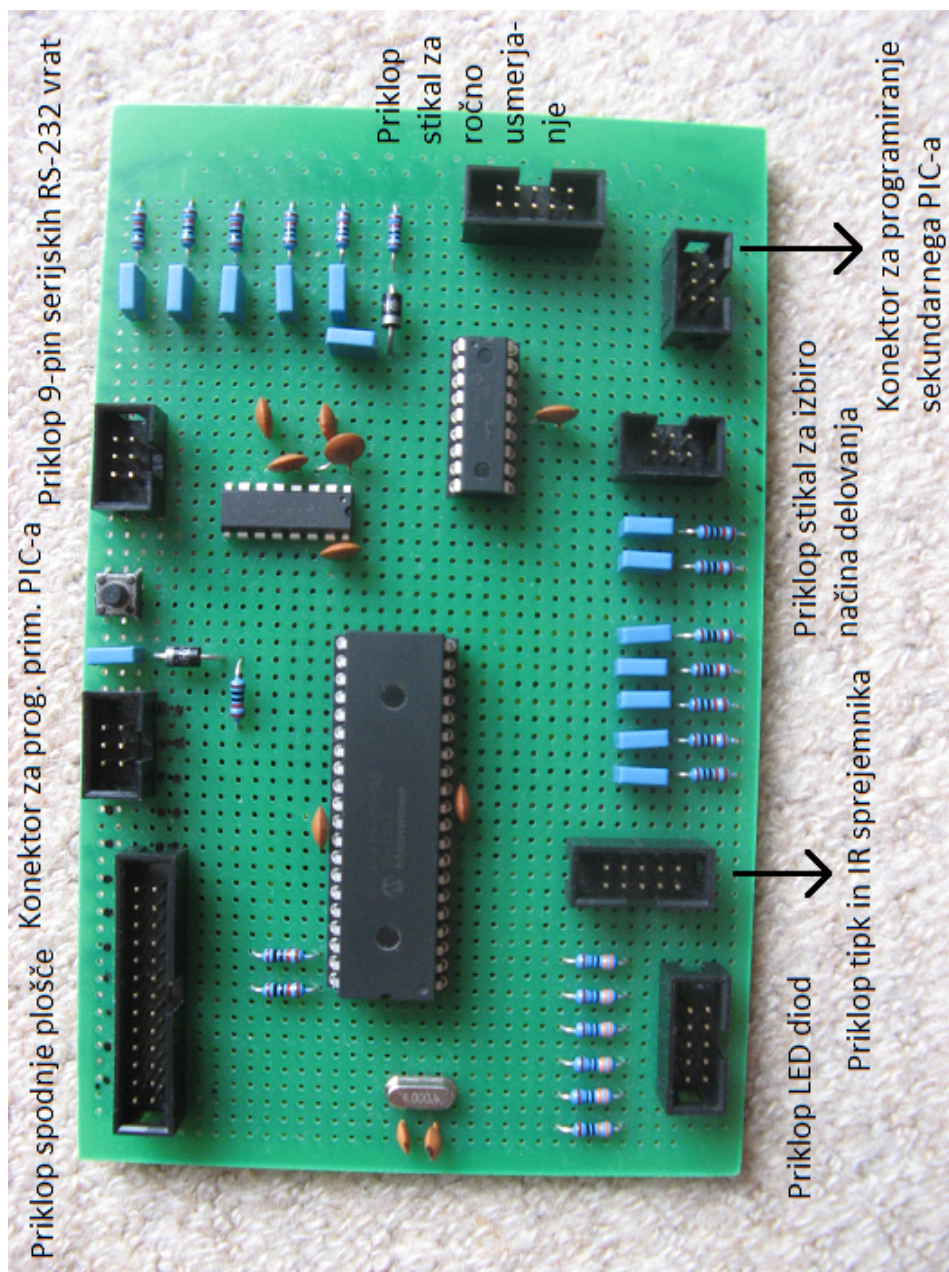
Srednja plošča, kateri bi lahko rekli tudi krmilna ali logična, vsebuje logiko, ki je potrebna za delovanje celotnega sistema. To vezje je prikazano na sliki 4.6. Ta del vezja vsebuje dva mikrokrmilnika PIC, čip za pretvorbo napetosti serijskih vrat iz RS-232 v TTL napetosti, pull-up upore in kondenzatorje za odpravljanje motenj ob preklopih pri tipkah in stikalih in veliko priključkov, ki so namenjeni razstavitvi vezja. Zraven glavnih naštetih elementov je dodano še nekaj elektronskih komponent za programiranje obeh PIC-ov in kristal za uro glavnega mikrokrmilnika.

Zgornja plošča - slika 4.3 - je namenjena le upravljanju in je neke vrste vmesnik za uporabnika. Na njej najdemo le tipke, LED diode in IR sprejemnik za sprejem ukazov z daljinskega upravljalnika. Temu delu vezja bi lahko dodali oziroma prišteli še stikala, namenjena izbiri načina delovanja, in stikala za ročno usmerjanje antene, ki so fizično ločena od same tiskanine, so pa prav tako del vmesnika med uporabnikom in krmilnikom.

Te tri elemente celotnega krmilnika je mogoče enostavno povezati s konektorji in kabli, ki so nameščeni na elemente same. Enostavno jih je tudi razstaviti oziroma odklopiti, ko je potrebno opraviti kakršen koli servisni poseg v vezje in nam ni treba razspajkovati tiskanih vezij, kar zelo poenostavi sam poseg. Nekaj stikal je vezanih tudi direktno na spodnjo ploščo, z njimi



Slika 4.5: Spodnja plošča, ki vsebuje predvsem močnostne komponente vezja.



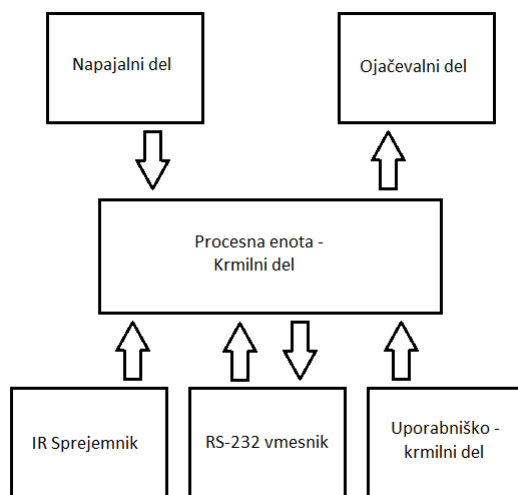
Slika 4.6: Srednja plošča, ki vsebuje predvsem logične komponente vezja.

pa, kot je prej opisano, vklapljammo in izklapljammo izhode ter izbiramo med dvema napetostima, s katerima so krmiljeni elektromotorji. Ločen element je tudi zunanji napajalnik. Poskrbeti je potrebno, da ima le ta dovolj izhodne moči, ta pa je določena z izbiro elektromotorjev in njihovo optimalno delovno napetostjo.

4.3.2 Funkcionalna razdelitev vezja

Funkcionalno oziroma modularno razdelitev vezja lahko vidimo na sliki 4.7. Gre za sklope vezja, kjer vsak predstavlja določeno funkcionalnost ali del funkcionalnosti. To so naslednji elementi.

- **Napajalni del:** napajalni del je zunanji del krmilnika. Skrbi, da so celoten krmilnik in elektromotorji napajani z električnim tokom.
- **Procesna enota:** to je glavni del krmilnika. Sprejema signale s tipk in stikal in ukaze preko RS-323 vrat in IR sprejemnika. Te ukaze in signale tipk nato obdela in usmerja elektromotorje. Hkrati tudi zaznava stikala končnih pozicij antene in stikala števecv obratov motorja.
- **Uporabniško krmilni del:** gre za stikala in tipke, s katerimi uporabnik daje ukaze krmilniku. Zraven lahko prištejemo tudi LED diode, ki nakazujejo določeno stanje krmilnika.
- **IR sprejemnik:** gre za element, s katerim krmilnik sprejme ukaze, oddane z daljinskega upravljalnika. Ti ukazi se iz IR oblike preoblikujejo v notranje ukaze – to so ukazi, s katerimi usmerjamo program v mikrokrmilniku.
- **RS-232 vmesnik:** ukaze, ki jih pošiljamo krmilniku iz računalnika, moramo pretvoriti v krmilniku poznane ukaze. Najprej moramo spremeniti napetostne nivoje, nato pa še prekodirati ukaze v prej omenjene notranje ukaze, da poenostavimo način usmerjanja.
- **Ojačevalni del:** izhode mikrokrmilnika moramo ojačati, saj sami ne morejo oddati dovolj električnega toka, da bi lahko napajali elektromotorje. Zato moramo uporabiti ojačevalne elemente.



Slika 4.7: Shema funkcionalne razdelitve vezja.

4.4 Načini delovanja

Krmilnik je sistematično razdeljen tako, da lahko anteno usmerjamo na dva načina. To sta ročni in avtomatski.

Ročni način delovanja

Pri ročnem načinu delovanja imamo za usmerjanje na razpolago smerne tipke (pri aplikaciji za serijsko povezavo na računalniku ali daljinskem upravljalniku) ali stikala na ohišju krmilnika. Ker je na začetku antena v začetni oziroma osnovni legi, le te ne moremo pomikati navzgor (sprednji del antene se dviga) ali bolj v horizontalno lego, ker je že v njej v končni legi.

Ko aktiviramo določeno smer premikanja, se motor vrti, dokler ne doseže končne smeri. Tam se določen motor ustavi in ga je mogoče vrteti le še v nasprotno smer vsaj toliko časa, da se stikalo končne lege sprosti. Ta čas je seveda zelo kratek. Manjša razlika velja za prvi nivo. Pri tem nivoju se antena ob dosegu končne smeri levo ali desno vrne za dva vrtljaja elektromotorja. V nasprotnem primeru ob ponovnem priklopu napajanja krmilnik ne bi vedel, v kateri končni legi se nahaja antena.

Pri ročnem načinu usmerjanja imamo lahko naenkrat aktiven le en elektromotor, kar pa ne velja za ročno usmerjanje s stikali na ohišju krmilnika. Ker je računalniška aplikacija krmiljena z miško, lahko imamo kazalec le na enem

izmed gumbov, tako da usmerjamo le en motor. Enako velja za IR sprejem ukazov, saj so protokoli napisani tako, da lahko sprejemajo le en ukaz naenkrat. Kot sem omenil, ta omejitev ne velja za stikala, vendar tudi v tem primeru nimamo na razpolago vseh kombinacij. Kadar usmerjamo s stikali na ohišju, lahko hkrati vrtimo anteno levo ali desno in dol ali gor. Določanje polarizacije je še vedno omejeno na samostojen način. Prvič zaradi tega, ker človek že po naravi težko opravlja več stvari hkrati in imeti pod nadzorom tri stikala naenkrat, ni ravno lahko. Drugi razlog pa je v sami lastnosti polarizacije. Ta je namreč določena že s strani oddajnika TV signala in jo lahko nastavimo vnaprej, hkrati pa pri digitalnem načinu oddajanja nima več tolikšnega vpliva na kvaliteto sprejema.

V ročnem načinu imamo tudi možnost shranitve posamezne pozicije, saj brez tega nam avtomatski način sploh ne bi koristil. Možnost imamo shraniti do tri pozicije, vsaka pozicija pa predstavlja in zabeleži podatke vseh treh nivojev usmerjanja. Tipka *Shrani* deluje v primeru, ko gibanje ni aktivno. To pomeni tudi, da so stikala sproščena. Ob pritisku nanjo se prižgejo vse tri LED diode, ki predstavljajo posamezno pozicijo. Takrat imamo možnost izbire zelene pozicije 1, 2 ali 3. Ob pritisku na posamezno tipko se pripadajoča LED dioda ugasne. Pozicijo lahko spreminjamo, dokler ponovno ne pritisnemo tipke za shranitev. Takrat LED diode zamenjajo vrednosti, tako da ostane prižgana le tista, na kateri je shranjena nova pozicija. Hkrati se podatki števecv obratov elektromotorjev zapišejo v notranji EEPROM pomnilnik mikrokrmilnika.

Dodana je tudi možnost ponovnega pozicioniranja v osnovno pozicijo. To enostavno storimo s pritiskom na tipko *Osnovna lega*, tudi tukaj pa velja, da morajo biti stikala za ročno usmerjanje sproščena. Ta funkcija služi predvsem resetiranju števecv, saj lahko pri stikalih pride do nepopolnega delovanja in izgube točne informacije za pozicioniranje.

Avtomatski način delovanja

Čeprav gre le za izbiranje med shranjenimi pozicijami, nosi način naziv "avtomatski" kot nasprotje ročnemu. Res pa je, da se ob pritisku na eno samo tipko, ki predstavlja eno od shranjenih pozicij, antena samodejno premakne v to pozicijo. V tem načinu delovanja so stikala ali tipke za ročno usmerjanje brez funkcije, saj se ob aktiviranju katerekoli od le teh ne zgodi ničesar. Enako velja tudi za tipko *Shrani*. Aktivne so le prej omenjene tipke, ki predstavljajo tri shranjene pozicije, in tipka za osnovno lego.

Ko pritisnemo eno od treh tipk shranjenih pozicij, krmilnik prebere pripadajoče vrednosti števecv elektromotorjev iz EEPROM pomnilnika in nato

počaka 1 s. Po pretečeni sekundi, glede na trenutne vrednosti števecv in prebrane vrednosti iz pomnilnika, pomika anteno v izbrano smer. Pri tem se trenutna vrednost števca povečuje ali zmanjšuje, odvisno od razlike trenutne in prebrane vrednosti. Anteno tako pomika v eno ali drugo smer, dokler se vrednosti ne izenačita. V avtomatskem načinu se premikanje na vseh treh nivojih izvaja hkrati, kar prihrani nekaj časa. Pa tudi usmerjanje tokrat vrši sam mikrokrmilnik, ki dosti laže kot človek izvaja stvari paralelno. Če želimo spremeniti pozicijo, preden je bila prejšnja sploh dosežena, se ob pritisku na tipko celotna aktivnost usmerjanja ustavi, preberejo se nove vrednosti iz pomnilnika, počaka se 1 s in začne se pomikanje v novo pozicijo. Kadar izberemo pozicijo, ki je prazna – na to mesto pozicija antene še ni bila shranjena – krmilnik ne naredi ničesar. Antena in tudi stanje krmilnika ostaneta v prejšnji poziciji.

Če želimo anteno postaviti v osnovno lego, pritisnemo tipko za osnovno pozicijo. To nam pride prav, če števeci obratov motorja ne delujejo natančno. Po nekaj spremembah pozicije lahko antena ne doseže več enake pozicije kot pred časom in je lahko ob vsaki spremembi za en ali več obratov iz prave smeri. Ob aktiviranju osnovne pozicije se števeci namreč postavijo v začetne vrednosti in štetje se začne znova.

4.5 Načini usmerjanja

Danes vsako elektronsko napravo lahko usmerjamo oziroma upravljamo na več načinov. Računalnik lahko upravljamo s tipkovnico in miško, čeprav se ti dve napravi dopolnjujeta. Zadnje čase pa vse pogosteje srečujemo tudi upravljanje preko zaslona na dotik. Avdio-video naprave imajo poleg tipk na sprednji strani naprave priložen tudi daljinski upravljalnik, ki zelo olajša upravljanje, zadnje čase pa smernice kažejo, da bomo te naprave kmalu usmerjali kar s pametnimi telefoni.

Izdelani krmilnik lahko upravljamo na štiri oziroma tri načine, saj bi lahko dva od štirih združili v enega. Združena načina sta: način usmerjanja s tipkami na krmilniku in način usmerjanja s stikali na krmilniku. Prvi predstavlja avtomatski, drugi pa ročni način. Usmerjamo lahko na načine, opisane v nadaljevanju.

Neposredno usmerjanje s tipkami in stikali na krmilniku

Kot sem prej omenil, bi lahko ta način obravnavali kot dva. Ne zaradi tega, ker je sestavljen iz ročnega in avtomatskega (tako delujeta namreč tudi IR in

Smer\Stanje	Nizek nivo - logična ničla	Visok nivo - logična enica
Vhod	0 V - 0,8 V	2,0 V - 5 V
Izhod	0 V - 0,4 V	2,4 V - 5 V

Tabela 4.1: Mejne napetosti TTL logičnih nivojev.

računalniško usmerjanje), temveč zaradi druge izbire stikal, ki določajo način. Z dvema dvopozicijskima stikaloma lahko izberemo štiri možnosti. Dve sta rezervirani za računalniško in IR usmerjanje, ostali dve pa sta ločeni, da vemo, katere funkcije imamo aktivne in za lažjo predstavo o tem, kako usmerjamo.

Ta način je zelo enostaven. Za ročno usmerjanje imamo na razpolago tri klecna stikala tipa ON-OFF-ON. Na sredini je stikalo v mirujočem stanju, skrajni dve legi pa pomikata anteno v določeno smer. Za pomikanje levo-desno je stikalo obrnjeno tako, da se preklopi levo ali desno. Stikalo za pomikanje dol in gor je prav tako temu primerno orientirano. Pri polarizaciji je orientacijo stikala težje določiti, zato je v tem primeru stikalo orientirano levo-desno.

Tipke za tri pozicije so v ročnem načinu neaktivne, dokler ne pritisnemo tipke za shranitev. Takrat dobimo opcijo, na katero od treh mest bi trenutno lego želeli shraniti. Po potrditvi s tipko za shranitev ponovno deaktiviramo omenjene tri tipke. Nasprotno pa velja za avtomatsko usmerjanje. V tem primeru so aktivne tri tipke, s katerimi izberemo pripadajočo shranjeno lego, in tipka za osnovno lego. Ostale pa nimajo vpliva na delovanje.

Upravljanje preko računalnika

Ena od možnosti omogoča, da lahko krmilnik in s tem anteno usmerjamo preko računalnika. Krmilnik je na računalnik povezan preko serijskih vrat RS-232. Mikrokrmilnik PIC16F877 ima ta vmesnik integriran, potrebujemo pa poseben čip MAM232A, ki računalniške napetostne nivoje (-15 V do -5 V in 5 V do 15 V) pretvori v TTL napetostne nivoje (0 V do 5 V). TTL napetostni nivoji so podrobneje predstavljeni v tabeli 4.1.

Na računalniški aplikaciji (natančneje bo opisana v naslednjem poglavju 5. Krmilnik – Programski del) imamo podobno usmerjanje kot v drugih dveh opcijah: neposredno na samem krmilniku in IR usmerjevalniku. Na oknu aplikacije so gumbi, s katerimi s pomočjo miške usmerjamo anteno. Med ročnim in avtomatskim načinom izbiramo s pomočjo dveh gumbov, se pa ob kliku na kateregakoli od teh dveh onemogočijo gumbi, ki jih v izbranem načinu ne potrebujemo.

Za priključitev krmilnika na računalnik potrebujemo 9 pinski COM priključek moški tip. Za komunikacijo so od 9 pinov uporabni le 3, in sicer RC - sprejem, TX – oddaja in GND – ozemljitev. Prenos podatkov je asinhroni, prenosni parametri pa so sledeči:

- hitrost prenosa: 19200 bitov/s,
- podatkovni biti: 8,
- pariteta: NE,
- stop biti: 1.

Upravljanje z daljinskim upravljalnikom

Upravljanje z daljinskim upravljalnikom je eden od najbolj priljubljenih načinov upravljanja elektronskih naprav. Prednost je v tem, da poteka upravljanje z razdalje in se nam ni treba ob vsaki spremembi približevati napravi. Daljinski upravljalnik omogoča vse funkcije, ki so bile opisane do sedaj. Tudi tu imamo dva gumba, s katerima preklapljamo med avtomatskim in ročnim načinom. Tipk, ki v določenem načinu niso v uporabi, v tem načinu ne moremo izklopiti, lahko pa jih ignoriramo v mikrokrmilniku.

Protokol: Obstaja več protokolov za prenos podatkov preko IR povezave. Ker imam doma na voljo daljinski upravljalnik znamke JVC, sem se za prenos podatkov odločil uporabiti JVC-jev protokol. Valovna dolžina prenosne svetlobe je 940 nm, prenosna frekvenca pa 38 kHz. Ob prvem pritisku na tipko se prenese glava oziroma header. V headerju je signal aktiven 8,4 ms, nato je 4,2 ms neaktiven, potem sledi ukaz. Ukaz je sestavljen iz dveh bajtov podatkov, kjer prvi bajt predstavlja naslov naprave, drugi bajt pa operacijo. Modulacija pri prenosu je pulzno-širinska. Logično enico predstavlja signal, ki je aktiven 526 μs in trikrat toliko neaktiven ($T + 3T$), logično ničlo pa 526 μs aktiven in ravno toliko časa neaktiven ($T + T$). Tako znaša dolžina logične enice 2,10 ms, dolžina logične ničle pa 1,05 ms. Ob zadržanju ene tipke se signal ponovi vsakih 50 do 60 ms, vendar brez headerja.

4.6 Natančnost pozicioniranja

Natančnost pozicioniranja je predstavljena s kotom, ki določa odmik antene od premice, ki povezuje oddajnik in glavni steber, na katerem je nameščen antenski sistem. Minimalni kot spremembe odklona je določen z enim vrtljajem

elektromotorja natančno. Velikost kota, ki ga opravi antena v enem vrtljaju motorja, je odvisen od prenosnega sistema oziroma reduktorja in hitrosti vrtenja motorja samega. Višja hitrost motorja pomeni natančnejše pozicioniranje samo v primeru, ko ostane hitrost premikanja antene nespremenjena, poveča pa se faktor redukcije prenosa vrtljajev.

Vedeti moramo, da pri prizemnem sprejemanju signala natančnost pozicioniranja ni tako pomembna kot pri satelitskem sprejemu. Pri satelitskem sprejemu lahko že za stopinjo ali dve prevelik odmik pomeni nemogoč sprejem, zato so tudi krmilniki oziroma elektromotorji za satelitske antene počasnejši, da jih lažje nadziramo. Kot 90° opravijo v okoli 20 do 30 sekundah.

Pri prizemnem sprejemu je kot odklona antene od idealne smeri lahko 10° in več. Vendar moramo tudi tu vedeti, da imamo lahko pri zelo dobrem signalu anteno obrnjeno povsem pod pravim kotom in bo lahko signal še vedno na zadovoljivem nivoju, da bo gledanje televizije nemoteno. Na to seveda vplivajo tudi razni odboji signala od hribov in drugih večjih objektov in tudi sinhronizacija več sosednjih oddajnikov, ki oddajajo na istem kanalu. Tudi sama polarizacija pri digitalnem sprejemu ne odigra več tako pomembne vloge kot pri analognem, pa tudi v Sloveniji je le majhno število vertikalno polariziranih oddajnikov. Še ti se večinoma nahajajo blizu državne meje, predvsem ob italijanski. Pri horizontalni polarizaciji je naklon pomemben le, če smo blizu oddajnika. Pri bolj oddaljenih oddajnikih običajno postavimo anteno kar povsem vodoravno, ker je najenostavnejše. Ko imamo anteno polarizirano vertikalno, je celoten signal rotiran za 90° . V tem primeru je pomen naklona, oziroma pomikanja dol-gor, ekvivalenten pomikanju levo-desno pri horizontalni polarizaciji. Vodoravno postavljena antena v tem primeru, če se nahajamo blizu pod oddajnikom, bi pomenila enako, kot če bi pri horizontalni polarizaciji obrnili anteno za nekaj stopinj v levo ali desno.

Krmilnik omogoča dovolj natančno pozicioniranje antene, da odpravimo vse zgoraj omenjene težave, vključujoč najmanjše, in dobimo le najboljši možen sprejem. Zavedati pa se moramo, da lahko razni odboji signala privedejo do tega, da za najboljši sprejem antena mogoče ne bo usmerjena naravnost proti najbližjemu oddajnemu stolpu, kot bi mogoče najprej pomislili.

4.7 Poraba energije

Električna moč se troši predvsem na močnostnem delu vezja. Logični del vezja je, v primerjavi z močnostnim, zanemarljiv. Mikrokrmilnik PIC16F877 porabi za delovanje 1 W energije, PIC16F628A porabi 800 mW, MAX232A okoli 850

mW. Če temu dodamo še pull-up vezave za stikala, bi poraba znašala približno 3 W, kar je pri 5 V napajanju 600 mA.

Glavni porabnik električne energije je, kot sem ravnokar omenil, močnostni del vezja, natančneje ojačevalni elementi L298N. Vsak od teh čipov troši ob polni obremenitvi največ 25 W električne moči. Celotna moč močnostnega dela vezja znaša tako največ 75 W, krmilnik v celoti pa porabi največ slabih 80 W električne moči. Naj še enkrat poudarim, da ti podatki veljajo za polno obremenitev, ko se vsi trije motorji vrtijo. V stanju mirovanja je poraba okoli 5 W.

4.8 Možne optimizacije

Za vsako napravo na tržišču velja, da ni zasnovana tako, da je ne bi mogli še izboljšati. Tako se na nekaj mesecev ali let pojavljajo novejša različica ali posodobljene prvotne naprave. Enako velja za ta krmilnik, ki je neke vrste prototip. Med pisanjem tega dela sem se domislil novih idej oziroma rešitev, kako bi lahko celotno zasnovo še izpopolnil.

Glavna izboljšava bi bila sam način orientacije usmerjanja, ki v tem primeru uporablja za zaznavanje končnih pozicij stikala in štetje vrtljajev elektromotorjev. Enostavneje bi bilo uporabljati časovnike in beležiti čas pomikanja v določeno smer ter prav tako v EEPROM pomnilnik zapisovati čas v, na primer, desetinkah sekunde. Ta izboljšava bi bila koristna takrat, ko bi imeli zanesljive elektromotorje, ki bi se vedno, gledano na dolgi rok, vrteli z enako hitrostjo, saj bi bili skupaj s celotnim mehanizmom izpostavljeni velikim temperaturnim in vlažnostnim razlikam preko celega leta. Pri končnih pozicijah bi enostavno določili maksimalni čas od ene strani do druge, bi pa vseeno potrebovali na vsakem nivoju vsaj eno stikalo za orientacijo krmilnika.

Možna, čeprav že veliko bolj kompleksna, bi bila opcija, da bi krmilnik imel vgrajen demodulator signala. Na krmilnik bi priključili anteno in bi krmilnik s pomočjo raznih algoritmov samodejno poiskal najboljši signal in bi tako najdenega shranil v pomnilnik. V tem primeru bi morali krmilnik do neke mere ročno usmeriti, saj bi lahko bilo prisotnih v zraku več signalov z različnih smeri. Težava bi lahko nastala, če bi bila dva izvora signala zelo blizu drug drugemu.

Manjša izboljšava oziroma nadgradnja bi bila uporaba USB vrat namesto RS-232 za povezavo z računalnikom. RS-232 je namreč že precej zastarel standard in ga na vsakem novejšem prenosnem, pa tudi namiznem računalniku ne najdemo več. Vedeti pa moramo, da za USB vmesnik potrebujemo dodatno

integrirano vezje – čip, ker ni vsebovan v mikrokrmilnikih v obstoječem krmilniku. V nasprotnem primeru bi morali uporabiti drug, novejši PIC, ki ima USB krmilnik integriran.

Poglavje 5

Krmilnik - programski del

5.1 Osnovna zgradba in psevdokoda

Mikrokrmilniki PIC potrebujejo za delovanje program. Program je zapisan v programski flash pomnilnik in se izvaja, dokler je mikrokrmilnik priključen na napajanje. Ker pa je pomnilnik tipa flash, ostane program v čipu tudi ob izklopu napajanja. Program je običajno napisan tako, da teče v neskončni zanki, bere vhode in preračuna vrednosti oziroma spremenljivke in jih piše na izhode.

Za programiranje sem uporabil orodje microC Pro for PIC. To je orodje družbe Mikroelektronika in je namenjeno pisanju programa v programskem jeziku C za mikrokontrolerje tipa PIC. Pisanje programa v jeziku C je bolj strukturirano in daje jasnejši pregled na kodo kot zbirni jezik. Ob prevajanju orodje prevede program, napisan v C, v zbirni jezik in hkrati tudi v HEX datoteko, ki je namenjena zapisu v čip s pomočjo programatorja. Koda bo v nadaljevanju zapisana v psevdokodi, saj je lažje razumljiva in bolj pregledna, predvsem pa precej krajša.

Programska psevdokoda za primarni mikrokrmilnik PIC16F877

Nastavitev procesorja, spremenljivk in vhodov ter izhodov;

Premik antene v osnovno lego;

WHILE (1)

 Shrani stare vrednosti vhodov in preberi nove;

 Preveri, katero usmerjanje je izbrano: IR, RS-232 ali stikali;

 Prebrane ukaze pretvori v notranje kode¹;

 Preveri morebiten nov vrtiljaj motorjev in posodobi števec;


```

Zaznavanje morebitnih končnih leg;
IF (ročno usmerjanje)
    Usmerjaj:  Levo/Desno, Dol/Gor ali Ver/Hor;
    Glede na končne lege ustavi pomikanje v tej smeri;
    Vrni za dva vrtljaja, če je na koncu leve ali desne smeri;
    IF (shranjevanje)
        Pripravi shranjevanje;
        Zabeleži izbrano pozicijo;
        Potrdi shranjevanje in zapiši podatke v flash pomnilnik;
    END IF
    IF (pojdi v osnovno lego)
        Premik antene v osnovno lego;
    END IF
ELSE // Avtomatsko
    IF (izbrana katera od pozicij)
        Preberi podatke za izbrano pozicijo iz pomnilnika;
        Če pozicija ni prazna, začni pomikati v to pozicijo;
    END IF
    IF (pojdi v osnovno lego)
        Premik antene v osnovno lego;
    END IF
END IF
Določimo način delovanja za sekundarni pic PIC16F628A;2
Interne spremenljivke zapišemo na izhodna vrata PIC-a;
END WHILE

```

Programska psevdokoda za sekundarni mikrokrmilnik PIC16F628A

```

Nastavitev procesorja, spremenljivk in vhodov ter izhodov;
WHILE (1)

```

¹Notranje kode so osembitni ukazi, ki jih pretvorimo iz različnih izvorov. Preko IR sprejemnika, registra, ki sprejme 8-bitni znak preko RS-232 vrat, ali s tipkami in stikali, ki so namenjeni usmerjanju. Te kode služijo kot ukazi, ki bi jih ob samo neposrednem usmerjanju s stikali in tipkami dobili neposredno na vhod mikrokrmilnika kot signal.

²Določanje načina delovanja za sekundarni PIC se izvede s pomočjo enega bita, ki je zapisan na izhodna vrata primarnega PIC-a in neposredno prebran na vhodu sekundarnega PIC-a. Na izbiri imamo ročno in IR usmerjanje. V ročnem načinu beremo samo tri ON-OFF-ON stikala, ker si zaradi pomanjkanja vhodov na primarnem PIC-u vezana na sekundarnega.

```

Preberi nove vrednosti vhodov;
IF (NOT (IR način delovanja))
    Aktivno stanje stikal pretvori
    v ustrezno kodo za primarni PIC;
    Če je aktivnih več stikal hkrati,
    preveri, če je kombinacija pravilna;1
ELSE
    Čakaj, da signal z IR sprejemnika postane aktiven;
    Beri IR ukaz;
    Prebrani ukaz pretvori v ustrezno kodo za primarni PIC;
END IF
Interne spremenljivke zapišemo na izhodna vrata PIC-a.
END WHILE

```

Pretvarjanje zunanjih usmerjevalnih ukazov in signalov v tako imenovane notranje ukaze

Ker imamo možnost krmilnik usmerjati na tri različne načine, bi to lahko privedlo do precej kompleksnega programa. Za odpravo te težave na začetku glede na izbrani način delovanja zunanje signale in ukaze pretvorimo v notranje ukaze. Ti, notranji ukazi, so nato prisotni v celotnem programu in so enaki za vse tri načine usmerjanja, tako da se glede na izbrani način samo usmerjanje ne razlikuje od pretvorbe ukazov naprej. Ta del namreč predstavlja večino programa, saj se v psevdokodi to zgodi že v 6. vrstici. Notranje ukaze si lahko ogledamo v tabeli 5.1.

V usmerjanju s stikali in tipkami se v notranje kode pretvori stanje na vhodu mikrokrmilnika. V primeru tipk zaznavamo spremembo stanja glede na prejšnji obhod programa in aktiviramo določeno kodo ob sprostitvi tipke. Pri stikalih za ročno usmerjanje je nekoliko drugače, saj so ta stikala vezana neposredno na sekundarni PIC. V sekundarnem PIC-u se najprej opravi prva pretvorba, saj je stikal šest, povezava med mikrokrmilnikoma pa 4-bitna. Tako se ustvarijo 4-bitne kode, ki jih uporabi – bere primarni PIC. Te prebrane kode nato uporabi za pretvorbo v notranje kode, ki so aktivne, dokler so aktivne tudi na vhodu. Prazno oziroma mirujoče stanje predstavlja vrednost 0 na vseh štirih pinih.

¹Pravilno je samo vzporedno usmerjanje levo-desno in dol-gor. Vertikalno in horizontalno premikanje moramo aktivirati samostojno.

Usmerjanje s pomočjo IR daljinskega upravljalnika je malenkostno podobno prejšnjemu primeru pri stikalih za ročno usmerjanje, saj je tudi IR sprejemni tranzistor vezan neposredno na sekundarni PIC. Vendar je v tem primeru potrebno podatke z enega samega pina, ti podatki so serijski, pretvoriti v 4-bitno paralelno pošiljanje v primarni PIC. Ti 4-bitni ukazi se nekoliko razlikujejo, saj preko daljinskega upravljalnika ne moremo pošiljati dveh ukazov hkrati, kot je to pri uporabi stikal, kjer lahko kombiniramo usmerjanje levo ali desno skupaj z dol ali gor. V tem primeru so te 4-bitne zunanje kode definirane tako, da vsaka notranja koda v primarnem PIC-u enolično predstavlja eno zunanjo.

Pri serijski povezavi je nekoliko drugače. Tu je potrebno najprej nastaviti parametre serijske povezave. To se izvede z zapisom določenih vrednosti v posamezne funkcijske registre mikrokontrolerja, nato pa moramo vrata še aktivirati in jih ob preklopu v katerikoli drug način usmerjanja spet deaktivirati. Tu dobimo v RS-232 sprejemni register mikrokontrolerja en bajt podatkov. Tudi tu so ti podatki, ki spet predstavljajo zunanji ukaz, enolično določeni in so enaki tistim pri IR usmerjanju. To poenostavi pretvorbo, saj lahko uporabimo isti del kode. Je pa pri tem načinu pomembna še ena lastnost. To je povratna informacija, ki jo pošiljamo v računalnik. V resnici gre le za informacijo, ki aplikaciji na računalniku sporoči, katere gumb na oknu naj onemogoči glede na stanje mikrokontrolerja.

Opis delovanja ročnega usmerjanja

Ročno usmerjanje je usmerjanje, ko moramo imeti tipko ali stikalo v aktivnem stanju. Oba načina, ročni in avtomatski, sta mogoča preko stikal in tipk na ohišju kontrolerja, IR daljinskega upravljalnika in usmerjanja preko računalnika. Dokler je nek notranji ukaz, ki nakazuje vrtenje elektromotorja, aktiven, se motor vrti. Ustavi se v primeru, ko je dosežena končna lega za ta motor ali ko ukaz ni več aktiven, vendar še, ko se stikalo, ki je namenjeno štetju vrtljajev, sprosti. Nov vrtljaj beležimo ob sprostitvi in hkrati je poskrbljeno za to, da stikalo ni v sklenjeni poziciji, kar zmanjšuje električni tok skozi pull-up upor.

Shranjevanje poteka po principu: aktiviraj – izberi – potrdi in deaktiviraj. Ob prvem pritisku na tipko *Shrani* se program postavi v stanje, ko čaka, da izberemo zeleno pozicijo, na katero bomo shranili trenutno nastavljeno smer antene. Ko izberemo smer, se ta zabeleži, shrani pa se še, ko tipko *Shrani* ponovno pritisnemo. To omogoča, da lahko spremenimo pozicijo, če smo se zmotili in pritisnili pomotoma tipko, na kateri je neka druga smer že shranjena. Programsko gledano moramo ločiti, ali je bila tipka za shranitev pritisnjena prvič ali drugič. To omogoča določena spremenljivka, ki ji ob prvem pritisku

8-bitna koda	Pomen kode
00000000	Brez ukaza - prazno stanje
0000xx01	Levo
0000xx10	Desno
000001xx	Dol
000010xx	Gor
00010000	Vertikalno
00100000	Horizontalno
01000001	Pozicija 1
01000010	Pozicija 2
01000100	Pozicija 3
10000011	Shrani
10001100	Osnovna lega

Tabela 5.1: Notranji ukazi. x pomeni poljubno vrednost. To velja samo za usmerjanje s stikali, kjer lahko imamo aktivna dva nivoja usmerjanja. Pri usmerjanju preko daljinskega upravljalnika in preko računalnika ima x vrednost 0.

postavimo en bit, ob pritisku na zeleno pozicijo postavimo dodaten bit, ki nakazuje pozicijo, in ob ponovnem pritisku na tipko za shranitev shranimo vrednosti v EEPROM in počistimo spremenljivko. V drugem pritisku na tipko *Shrani* se pozicija shrani samo v primeru, ko je eden od bitov, ki označujejo pozicije, aktiven.

Kadarkoli med postopkom shranjevanja lahko lego oziroma smer antene popravimo. Vedeti moramo, da to dejanje resetira tudi shranjevanje in moramo shranjevanje začeti od začetka, če želimo lego shraniti.

Opis delovanja avtomatskega – prednastavljenega usmerjanja

Avtomatsko usmerjanje je preprostejše od ročnega. Tu se ob pritisku na tipko, ki predstavlja eno od treh pozicij, najprej preberejo vrednosti iz flash pomnilnika. Iz teh vrednosti ugotovimo, ali je pozicija prazna ali ne in nato program počaka 1 s. Ta sekunda je koristna, če se o morebitni spremembi pozicije odločimo v času, ko antena še ni dosegla prejšnje pozicije. Motorji se takrat vrtijo v smeri, ki je lahko nasprotna od novo izbrane. Splošno priporočilo o elektromotorjih namreč velja, da se pred spremembo smeri elektromotor za krajši čas ustavi. Naslednji obhod programa začne krmilnik premikati anteno

v nazadnje izbrano pozicijo. Med premikanjem se trenutna vrednost števecv primerja s tistimi prebranimi iz flash pomnilnika. Glede na to, ali so prebrane vrednosti večje ali manjše – posamezen števec se povečuje, ko se pomika antena levo ali dol ali v vertikalno – premika anteno v izbrano smer.

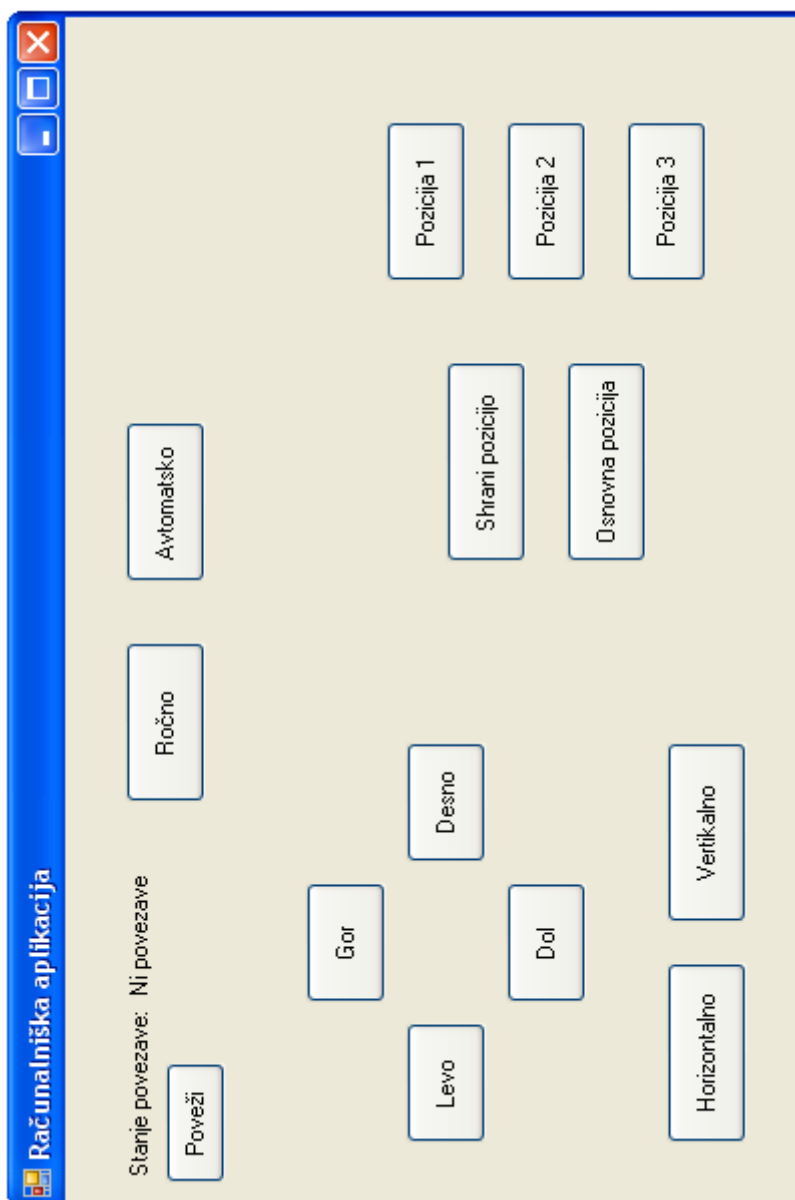
5.2 Uporabniški vmesnik za računalniško usmerjanje

V zadnjih letih smo priča vse pogostejši uporabi računalnikov na vseh področjih, kjer jih je le mogoče uporabiti: v trgovinah, proizvodnji, pisarnah, raznih javnih prostorih in še bi lahko našteval. Vsaka tehnološka stvar postaja odvisna od njihove uporabe, saj je vedno več raznolikih naprav nadzorovanih in upravljanih ravno z računalniki.

Vsaka naprava, priključena na računalnik, ima določene funkcionalnosti, ki so uporabne preko določenega vmesnika. Vmesnik je lahko strojne oblike kot priključek, s katerim je naprava priključena na računalnik, ali programske oblike, ki deluje kot vizualni vmesnik med računalnikom in človekom. Programski vmesnik je pogosto razdeljen na dva dela, in sicer na gonilnik, ki služi kot nek protokol za komunikacijo med aplikacijo in napravo, ter aplikacijo samo, ki deluje kot prej omenjeni vmesnik. Za krmiljenje krmilnika za strešno anteno je vmesnik sestavljen, poleg fizikalne povezave preko serijske RS-232 povezave, le iz vizualne aplikacije. Ker je bila fizična povezava med računalnikom in krmilnikom že opisana v prejšnjem poglavju, bo tokrat poudarek temeljil na aplikaciji, ki jo vidimo na računalniškem zaslonu.

Aplikacija je sestavljena iz enega namiznega okna, ki vsebuje večje število gumbov. Gre za preprosto aplikacijo, s katero usmerjamo anteno z uporabo računalniške miške. Ponuja nam vse funkcije, ki so na voljo tudi preko krmiljenja z daljinskim upravljalnikom ali krmiljenjem s stikali. Sliko aplikacije lahko vidimo na sliki 5.1. Kot vidimo, bi jo lahko vizualno razdelili na štiri dele z vertikalnim in horizontalnim razrezom. V zgornjem levem kvadrantu imamo informacijo o stanju povezave in možnost vzpostavitve le te. Zgornji desni kvadrant daje možnost izbire med avtomatskim in ročnim usmerjanjem. Tako bi zgornji polovici aplikacije lahko rekli, da je neke vrste kontrolni del, spodnji del pa je namenjen usmerjanju. Levo polovico zasedajo gumbi za ročno usmerjanje. To so: levo, desno, gor, dol, horizontalno in vertikalno. Desna polovica, ki bi jo sicer lahko razdelili na dva dela, pa ponuja izbiro osnovne lege, shranitve določene lege in izbiro treh shranjenih pozicij.

Aplikacija bi lahko funkcionalno razdelili na dva dela, tako imenovana front-



Slika 5.1: Okno računalniške aplikacije za krmiljenje antene.

end in back-end. Front-end predstavlja to, kar vidimo – okno z gumbi, back-end pa tisto, kar se dogaja med delovanjem v ozadju – pošiljanje in sprejemanje podatkov preko serijske povezave. Oba dela aplikacije imata medsebojni vpliv. Aktiviranje določenega gumba pomeni aktivnost v ozadju – pošiljanje znaka po serijski povezavi, prebran znak, ki je bil poslan s strani krmilnika, pa pomeni aktiviranje oziroma deaktiviranje določenih gumbov. Natančneje poteka izvajanje takole. Ob kliku na določen gumb se preko serijske povezave v krmilnik pošlje določena 8-bitna vrednost. Krmilnik, glede na prebrano vrednost, odgovori oziroma pošlje računalniku neko drugo vrednost, ki služi aplikaciji kot neko stanje. S tem stanjem omogoči oziroma onemogoči posamezna gumbe, ki v določenem stanju krmilnika so/niso uporabni. Branje 8-bitnih znakov s serijskih vrat izvaja posebna nit, ki se izvaja ločeno od ostalega programa in neodvisno krmili z gumbi. Ko na primer kliknemo gumb za avtomatsko usmerjanje, se pošlje krmilniku vrednost, ki le tega prestavi v avtomatski način delovanja, hkrati pa pošlje aplikaciji nazaj vrednost, s katero tudi aplikacija ugotovi, da je krmilnik v avtomatskem načinu delovanja in onemogoči gumbe za ročno usmerjanje. To so: 6 smernih tipk, tipka za shranitev in tipka za ponovno vključitev avtomatskega načina. Aktivne ostanejo le tipke za izbiro shranjenih pozicij, tipka za osnovno lego in tipka za preklop v ročni način.

Ko aplikacijo poženemo, moramo najprej vzpostaviti povezavo. To storimo z gumbom *Poveži*, stanje pa je napisano v neposredni bližini omenjenega gumba. Hkrati ko povezavo vzpostavimo, se krmilnik postavi v ročni način delovanja. Paziti moramo, da pred vzpostavljanjem povezave pravilno nastavimo stikala za način usmerjanja na krmilniku, v nasprotnem primeru dobimo opozorilo, da je dovoljeni čas odziva pretekel.

Poglavje 6

Zaključek

Izdelava krmilnika za diplomsko nalogo je bila zame zanimiva izkušnja. V zadnjih letih, predvsem pri prehodu na digitalni način oddajanja televizijskega signala, sem se precej zanimal za to področje. Pogosto sem z manjšo anteno iskal TV signal iz različnih smeri, kar pa zaradi okolja, kjer živim – to je namreč pretežno hribovito – ni obrodilo veliko sadov. Enostavnejši izdelek sem izdelal že med študijem, kasneje pa sem ga izpopolnil v tega, izdelanega za diplomsko nalogo.

Med izdelavo sem naletel na nekaj neprijetnosti in težav. Ker kot bodoči računalniški inženir nimam obsežnega znanja elektronike, sem moral za marsikatero stvar pobrskat po spletu, predvsem podrobnosti pri vezavah raznih elektronskih komponent med seboj. Tudi sama izdelava je terjala strošek nabave elektronskih komponent. Temu je sledilo spajkanje posameznih komponent, ki je tudi zahtevalo svoj čas. Ko je bil strojni del končan, je bilo potrebno mikrokrmilnike še sprogramirati. Ta del mi je bil kot računalničarju bolj domač in zato tudi ni bil tako zapleten. Enostavnejše je namreč odpravljanje programskih napak, saj programsko kodo urejamo kot navaden tekstovni dokument, njegov prevod pa s programatorjem le zapišemo v mikrokrmilnik.

Kot sem že v besedilu omenil, bi bilo mogoče celoten krmilnik tudi optimizirati. Ideje, kot so uporaba časovnikov namesto števec in USB namesto serijske RS-232 povezave, so se mi porajale med izdelavo, nekatere pa tudi kasneje. Nekatere bi sicer povzročile še nekoliko višje stroške izdelave, pa tudi že izdelane sklope vezja bi moral ponovno popravljati, kar bi bilo tudi časovno neugodno.

V Sloveniji je sicer zelo razširjena tehnologija IPTV za sprejemanje televizijskega signala, je pa v tujini stanje nekoliko drugačno. Kljub temu lahko rečem, da bi bil takšen krmilnik koristen za mnoga gospodinjstva, kjer na

strehah vidimo množico anten. Je pa res, da bi en krmilnik pripadal enemu televizijskemu sprejemniku, kar bi lahko upoštevali kot slabost samega izdelka. Hkrati krmilnik sam, kot elektronski izdelek, ne koristi veliko, saj za njegovo praktično uporabo potrebujemo mehanski antenski nosilec, ki bi bil prilagojen krmilniku. Žal pa je to že področje strokovnjakov strojnih smeri.

Dodatek A

Tabela frekvenc

Naslednji dve sliki predstavljata kanale in frekvence VHF in UHF spektra. Slika A.1 prikazuje tabelo frekvenc za prizemno televizijsko oddajanje, slika A.2 pa tabelo za kabelsko oddajanje. Opozorim naj, da so frekvence razdeljene glede na analogno tehnologijo, tako da sta v tabeli navedeni tudi frekvenci za sliko in zvok, ki v digitalni tehnologiji nimata več pomena. To sta frekvenci, ki sta za 1,25 MHz odmaknjeni od spodnje in zgornje mejne frekvence posameznega kanala. V digitalni delitvi so frekvence enake, uporablja pa se označba, ki predstavlja frekvenco na sredini kanala. Na primer: za kanal 21, ki je med frekvencama 470 MHz in 478 MHz, bi v digitalni obliki rekli, da je na frekvenci 474 MHz, v analogni obliki pa na frekvenci, ki predstavlja video signal, to je 471,25 MHz.

Ch	Frequency Range	Picture fp	Sound fs	Oscillation fosc	Ch	Frequency Range	Picture fp	Sound fs	Oscillation fosc
2	47-54	48.25	53.75	87.15	40	622-630	623.25	628.75	662.15
3	54-61	55.25	60.75	94.15	41	630-638	631.25	636.75	670.15
4	61-68	62.25	67.75	101.15	42	638-646	639.25	644.75	678.15
5	174-181	175.25	180.75	214.15	43	646-654	647.25	652.75	686.15
6	181-188	182.25	187.75	221.15	44	654-662	655.25	660.75	694.15
7	188-195	189.25	194.75	228.15	45	662-670	663.25	668.75	702.15
8	195-202	196.25	201.75	235.15	46	670-678	671.25	676.75	710.75
9	202-209	203.25	208.75	242.15	47	678-686	679.25	684.75	718.15
10	209-216	210.25	215.75	249.15	48	686-694	687.25	692.75	726.15
11	216-223	217.25	222.75	256.15	49	694-702	695.25	700.75	734.15
12	223-230	224.25	229.75	263.15	50	702-710	703.25	708.75	742.15
21	470-478	471.25	476.75	510.15	51	710-718	711.25	716.75	750.15
22	478-486	479.25	484.75	518.15	52	718-726	719.25	724.75	758.15
23	486-494	487.25	492.75	526.15	53	726-734	727.15	732.75	766.15
24	494-502	495.25	500.75	534.15	54	734-742	735.15	740.75	774.15
25	502-510	503.25	508.75	542.15	55	742-750	743.25	748.75	782.15
26	510-518	511.25	516.75	550.15	56	750-758	751.25	756.75	790.15
27	518-526	519.25	524.75	558.15	57	758-766	759.25	764.75	798.15
28	526-534	527.15	532.75	566.15	58	766-774	767.25	772.75	806.15
29	534-542	535.15	540.75	574.15	59	774-782	775.25	780.75	814.15
30	542-550	543.15	548.75	582.15	60	782-790	783.25	788.75	822.15
31	550-558	551.25	556.75	590.15	61	790-798	791.25	796.75	830.15
32	558-566	559.25	564.75	598.15	62	798-806	799.25	804.75	838.15
33	566-574	567.25	572.75	606.15	63	806-814	807.25	812.75	846.15
34	574-582	575.25	580.75	614.15	64	814-822	815.25	820.75	854.15
35	582-590	583.25	588.75	622.15	65	822-830	823.15	828.75	862.15
36	590-598	591.25	596.75	630.15	66	830-838	831.25	836.75	870.15
37	598-606	599.25	604.75	638.15	67	838-846	839.25	844.75	878.15
38	606-614	607.25	612.75	646.15	68	846-854	847.25	852.75	886.15
39	614-622	615.25	620.75	654.15	69	854-862	855.25	860.75	894.15

Slika A.1: Tabela frekvenc prizemnega oddajanja [7].

Ch		Frequency Range	Picture fp	Sound fs	Oscillation fosc	Ch		Frequency Range	Picture fp	Sound fs	Oscillation fosc	
X	E2	47-54	48.25	53.75	87.15	S21	U11	302-310	303.25	308.75	342.15	
	E3	54-61	55.25	60.75	94.15	S22	U12	310-318	311.25	316.75	350.15	
	E4	61-68	62.25	67.75	101.15	S23	U13	318-326	319.25	324.75	358.15	
	S1	68-75	69.25	74.75	108.15	S24	U14	326-334	327.25	332.75	366.15	
	Y	S2	75-82	76.25	81.75	115.15	S25	U15	334-342	335.25	340.75	374.15
	Z	S3	82-89	83.25	88.75	122.15	S26	U16	342-350	343.25	348.75	382.15
	Z+1		89-96	90.25	95.75	129.15	S27	U17	350-358	351.25	356.75	390.15
	Z+2		96-103	97.25	102.75	136.15	S28	U18	358-366	359.25	364.75	398.15
	S1	M1	104-111	105.25	110.75	144.15	S29	U19	366-374	367.25	372.75	406.15
	S2	M2	111-118	112.25	117.75	151.15	S30	U20	374-382	375.25	380.75	414.15
S3	M3	118-125	119.25	124.75	158.15	S31	U21	382-390	383.25	388.75	422.15	
S4	M4	125-132	126.25	131.75	165.15	S32	U22	390-398	391.25	396.75	430.15	
S5	M5	132-139	133.25	138.75	172.15	S33	U23	398-406	399.25	404.75	438.15	
S6	M6	139-146	140.25	145.75	179.15	S34	U24	406-414	407.25	412.75	446.15	
S7	M7	146-153	147.25	152.75	186.15	S35	U25	414-422	415.25	420.75	454.15	
S8	M8	153-160	154.25	159.75	193.15	S36	U26	422-430	423.25	428.75	462.15	
S9	M9	160-167	161.25	166.75	200.15	S37	U27	430-438	431.25	436.75	470.15	
S10	M10	167-174	168.25	173.75	207.15	S38	U28	438-446	439.25	444.75	478.15	
	E5	174-181	175.25	180.75	214.15	S39	U29	446-454	447.25	452.75	486.15	
	E6	181-188	182.25	187.75	221.15	S40	U30	454-462	455.25	460.75	494.15	
	E7	188-195	189.25	194.75	228.15	S41	U31	462-470	463.25	468.75	502.15	
	E8	195-202	196.25	201.75	235.15							
	E9	202-209	203.25	208.75	242.15							
	E10	209-216	210.25	215.75	249.15							
	E11	216-223	217.25	222.75	256.15							
	E12	223-230	224.25	229.75	263.15							
	S11	U1	230-237	331.25	236.75	270.15						
	S12	U2	237-244	338.25	243.75	277.15						
	S13	U3	244-251	245.25	250.75	284.15						
S14	U4	251-258	252.25	257.75	291.15							
S15	U5	258-265	259.25	264.75	298.15							
S16	U6	265-272	266.25	271.75	305.15							
S17	U7	272-279	273.25	278.75	312.15							
S18	U8	279-286	280.25	285.75	319.25							
S19	U9	286-293	287.25	292.75	326.15							
S20	U10	293-300	294.25	299.75	333.15							

Slika A.2: Tabela frekvenc kableskega oddajanja [7].

Literatura

- [1] (2012) PIC16F877 Datasheet. Dostopno na:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292c.pdf>
- [2] (2012) PIC16F628A Datasheet. Dostopno na:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044G.pdf>
- [3] (2012) MAX232A Datasheet. Dostopno na:
<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>
- [4] (2012) L298N Datasheet. Dostopno na:
http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000240.pdf
- [5] (2012) TSOP2238 Datasheet. Dostopno na:
<http://www.farnell.com/datasheets/30485.pdf>
- [6] (2012) Tabela prenosnih hitrosti. Dostopno na:
<http://igorfuno.com/dvb-t/>
- [7] (2012) Tabela VHF in UHF kanalov ter frekvenc. Prizemna TV stran 3, kableska TV stran 4. Dostopno na:
<http://www.soontai.com/tvtab3.html>
- [8] (2012) Radiofrekvenčni spekter. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum