

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO

Matevž Bohinc

Razvoj modema Euridis

Diplomsko delo univerzitetnega študija

Mentor: doc. dr. Boštjan Murovec

Ljubljana, 2010

ZAHVALA

Najprej se zahvaljujem mentorju doc. dr. Boštjanu Murovcu za njegovo pomoč, nasvete, hitre odgovore in potrpežljivost pri pregledovanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se podjetju Iskraemeco, d.d. iz Kranja, ki mi je s štipendiranjem in z možnostjo dela v času študija, pomagal finančno in mi nudil dragocene izkušnje.

Poleg tega bi se rad zahvalil vsem svojim sodelavcem v podjetju Iskraemeco, ki so mi pomagali pri pridobivanju novih znanj. Še posebej bi se rad zahvalil svojemu mentorju mag. Mateju Martinjaku, univ. dipl. inž. el., ki mi je v času pisanja diplomske naloge pomagal s svojimi strokovnimi nasveti.

Posebno zahvalo si zaslužijo moji starši, ki so mi ves čas študija stali ob strani.

Nenazadnje bi se rad zahvalil svoji puncu Barbari, bratoma Boštjanu in Urošu z družinama, ki so me spodbujali ter nudili podporo, kadar sem jo potreboval.

POVZETEK

Množična uporaba električne energije zahteva neprestano merjenje njene porabe. Prve merilne naprave so se pojavile že proti koncu 19. stoletja, vendar se princip njihovega delovanja do danes ni veliko spremenil. Poznamo jih pod imenom elektromehanski števcji električne energije. Slabost teh števcjev je, da ne omogočajo elektronskega branja porabljene električne energije. Do pred kratkim so elektro distributerji za ta namen imeli posebno skupino zaposlenih ljudi, ki so ročno odčitavali števce.

Za dober nadzor nad porabo ter zmanjšanje stroškov odčitavanja se je med distributerji pojavila potreba po avtomatskem merjenju električne energije. Slednje je mogoče le z novejšimi elektronskimi števci, ki vsebujejo mikroprocesor za zajem in obdelavo podatkov ter komunikacijske vmesnike za posredovanje zbranih podatkov distributerju.

V diplomski nalogi so opisani aktualni komunikacijski vmesniki, ki se uporabljajo v elektronskih števcih podjetja Iskraemeco. Opis vmesnika obsega kratko predstavitev ustreznega standarda ter delovanje konkretnega vezja. Pred opisom se še spoznamo s serijsko in paralelno komunikacijo, sinhronizacijo ter hitrostjo prenosa podatkov.

Glavni del naloge je osredotočen na drugo polovico, kjer je večja pozornost usmerjena na komunikacijo Euridis. Sprva je opisan sam protokol, nato sledi opis enofaznega elektronskega števca ME342, ki je bil povod razvoja modema Euridis ter zasnova, izvedba, delovanje in meritve modema Euridis.

Modem Euridis ustreza zahtevam standarda IEC 62 056-31 ter je nadgradnja prvotnega modema podjetja Iskraemeco. Modem je namenjen uporabi znotraj omenjenega podjetja.

KLJUČNE BESEDE:

modem, komunikacijski vmesnik, elektronski števec, ME340, ME341, ME342, Euridis, avtomatsko branje števcjev, AMR, ročno branje števcjev, RMR

ABSTRACT

The mass use of electricity requires a continuous measurement of its consumption. First measuring devices have appeared in late nineteenth century, but until today their function has not changed. They are known as electromechanical meters of electrical energy. The disadvantage of mechanical meters is that remote reading is not possible. Until today, electrical distributors employed special group of people for manual reading of measured energy. To have control over consumption and to decrease operational costs, a need for automatic reading of electrical meters emerged. The last is possible with electronic meters, containing a microprocessor for data acquisition and processing, including communication interfaces for transmitting data.

The thesis describes the current communication interfaces used in electronic meters of the company Iskraemeco. The description of the interfaces includes a brief presentation of appropriate standards and operation of specific circuits. In theoretical part serial and parallel communications, synchronization and data transfer speeds are described.

The main part of the paper is focused on communication Euridis. Initially, the protocol is described, followed by a description of a single-phase electronic ME342 meter, where protocol Euridis was required. For development and production purposes, modem is needed to connect electronic meter with personal computer. Modem Euridis complies with the requirements of IEC 62056-31 and is upgrade of the old modem Euridis from Iskraemeco.

KEY WORDS:

Modem, communication interface, electronics meter, ME340, ME341, ME342, Euridis, automatic meter reading, AMR, remote meter reading, RMR

Kazalo VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	RAZVOJ KOMUNIKACIJE EURIDIS	1
1.2	MERJENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE SKOZI ČAS	2
2	SERIJSKA IN PARALELNA KOMUNIKACIJA.....	5
2.1	SINHRONI IN ASINHRONI PRENOS PODATKOV	6
2.1.1	<i>Sinhroni način</i>	<i>6</i>
2.1.1.1	Dodatna linija za sinhronizacijo	6
2.1.1.2	Sinhronizacija iz podatkovnega signala	7
2.1.1.3	Podatkovni okvir pri sinhronem prenosu	7
2.1.2	<i>Asinhroni način</i>	<i>7</i>
2.1.2.1	Univerzalni asinhronski sprejemnik in oddajnik UART	9
2.1.3	<i>Načini prenosa podatkov.....</i>	<i>10</i>
2.1.4	<i>Primerjava sinhronega in asinhronega prenosa.....</i>	<i>11</i>
2.2	HITROST PRENOSA PODATKOV	11
3	KOMUNIKACIJSKI VMESNIKI ELEKTRONSKIH ŠTEVCEV	12
3.1	VMESNIK RS-232.....	12
3.1.1	<i>DTE in DCE.....</i>	<i>12</i>
3.1.2	<i>Napetosti logičnih nivojev</i>	<i>13</i>
3.1.3	<i>Vmesnik RS-232 v elektronskem števcu.....</i>	<i>14</i>
3.2	VMESNIK RS-485.....	15
3.2.1	<i>Linije RS-485.....</i>	<i>16</i>
3.2.2	<i>Hitrost prenosa podatkov</i>	<i>17</i>
3.2.3	<i>Vmesnik RS-485 v elektronskem števcu.....</i>	<i>18</i>
3.2.3.1	Integrirano vezje ADM485.....	18
3.2.3.2	Opis vmesnika v števcu.....	19
3.2.3.2.1	Oddaja.....	19
3.2.3.2.2	Sprejem.....	20
3.3	VMESNIK CS	20
3.3.1	<i>Povezave pretvornika tokovne zanke</i>	<i>22</i>
3.3.2	<i>Vmesnik CS v elektronskem števcu</i>	<i>22</i>
3.4	VMESNIK M-BUS.....	24
3.4.1	<i>Pregled M-Bus-a</i>	<i>24</i>
3.4.2	<i>Zgradba sistema</i>	<i>24</i>
3.4.3	<i>Protokol prenosa podatkov</i>	<i>24</i>
3.4.4	<i>Vmesnik M-Bus v elektronskem števcu</i>	<i>27</i>
3.4.4.1	Sprejem.....	28
3.4.4.2	Oddaja.....	29
3.5	VMESNIK DLC.....	29
3.5.1	<i>Močnostno omrežje za prenos podatkov</i>	<i>29</i>
3.5.1.1	Lastnosti omrežja.....	29

3.5.1.2	Tehnike prenosa podatkov po električnem omrežju	30
3.5.2	Priporočila za izdelavo vmesnika DLC	30
3.5.3	Vmesnik DLC v elektronskem števcu	31
3.5.3.1	Oddaja	32
3.5.3.2	Sprejem	32
3.5.3.3	Kontrola in ura	33
3.5.3.4	Komunikacijski krmilnik.....	33
3.5.3.5	Testi uspešnosti komunikacije DLC	33
3.5.3.5.1	Konduktivne motnje	33
3.5.3.5.2	Napetostni nivoji oddajnega signala	34
3.5.3.5.3	Izhodna impedanca	35
3.6	VMESNIK ETHERNET.....	35
3.6.1	Vodniki in konektorji	36
3.6.2	Prenosi.....	37
3.6.3	Vmesnik Ethernet v elektronskem števcu	38
3.7	VMESNIK IR	40
3.7.1	Sprejemno – oddajna sonda.....	40
3.7.1.1	Napajalni del sonde.....	41
3.7.1.2	Oddaja sonde	42
3.7.1.3	Sprejem sonde	42
3.7.1.4	Vezje za modulacijo signala	43
3.7.2	Sprejemno – oddajni IR modul v elektronskem števcu.....	44
3.8	OPTIČNI VMESNIK IR.....	44
3.8.1	Vezje optičnega vmesnika IR v elektronskem števcu	45
3.9	VMESNIK GSM/GPRS.....	46
3.9.1	GPRS.....	46
3.9.2	Mobilno radijsko omrežje.....	47
3.9.3	Nosilne frekvence GSM-a	47
3.9.4	Modul naročnikove identitete	47
3.9.5	Vmesnik GSM/GPRS v elektronskem števcu.....	48
3.9.5.1	Brezžični mikroprocesor WAVECOM Wireless CPU – Q24	48
4	KOMUNIKACIJA EURIDIS	50
4.1	TEHNIČNE SPECIFIKACIJE	50
4.1.1	Splošno	50
4.1.2	Splošne specifikacije prenosa	50
4.1.3	Vodilo Euridis.....	51
4.1.3.1	Karakteristika kabla.....	51
4.1.3.2	Električne karakteristike vodila Euridis	52
4.1.3.2.1	Ožičenje	52
4.1.3.3	Karakteristika signalov na vodilu Euridis.....	53
4.1.4	Magnetni sklop.....	54
4.1.4.1	Mehanske specifikacije magnetnega sklopa.....	55
4.1.4.2	Električne specifikacije magnetnega sklopa	55
4.1.4.3	Povezane komponente z magnetnim sklopom.....	56
4.1.4.3.1	Sekundarna postaja (stran vodila).....	56

4.1.4.3.2	Primarna postaja (terminal).....	56
4.1.5	<i>Funkcionalne specifikacije</i>	57
4.1.5.1	Primarna postaja	57
4.1.5.1.1	Oddaja/Sprejem primarne postaje	57
4.1.5.2	Sekundarna postaja	58
4.1.5.2.1	Oddaja in sprejem sekundarne postaje	58
4.1.5.2.2	Vhodna impedanca pri 50 kHz	60
4.2	AKTUALNI VMESNIKI KOMUNIKACIJE EURIDIS	60
4.2.1	<i>Ročni terminal</i>	61
4.2.2	<i>Radio komunikacija</i>	62
4.2.3	<i>PLC</i>	62
4.2.4	<i>Euridis/GSM prehod</i>	63
4.2.4.1	Pasivni način	63
4.2.4.2	Aktivni način	63
5	ELEKTRONSKI ENOFAZNI ŠTEVEC ME342 – »LINKY«	64
5.1	BLOČNI DIAGRAM	64
5.2	OPISI POMEMBNEJŠIH SKLOPOV	65
5.2.1	<i>Napajalnik</i>	65
5.2.2	<i>Merilni sistem</i>	65
5.2.2.1	Pulzna LED dioda	66
5.2.2.2	Mikroprocesorski sklop	66
5.2.2.3	LCD prikazovalnik.....	66
5.2.2.3.1	Tipke.....	66
5.2.2.4	Komunikacijski vmesniki.....	66
5.2.2.5	Detekcija nedovoljenega dostopa	67
5.2.2.6	Dodatno napajalno vezje	67
5.2.2.7	Odklopnik.....	67
5.2.2.8	Relejski izhod	67
6	MODEM EURIDIS	68
6.1	ZAHTEVE	68
6.2	PRVI MODEM EURIDIS.....	69
6.2.1	<i>Uporaba modema</i>	70
6.2.2	<i>Vmesnik v elektronskem števcu ME340</i>	70
6.2.2.1	Oddaja.....	70
6.2.2.2	Sprejem.....	70
6.2.2.3	Pomanjkljivosti komunikacijskega vmesnika Euridis	71
6.2.3	<i>Vmesnik v elektronskem števcu ME341</i>	71
6.3	POSODOBLJENI MODEM EURIDIS.....	72
6.3.1	<i>Bločni diagram</i>	73
6.3.1.1	Oddajna pot	74
6.3.1.2	Sprejemna pot	74
6.3.2	<i>Sestavni deli modema</i>	74
6.3.2.1	Napajalni sklop	74
6.3.2.2	Prilagodilniki napetostnih nivojev	75

6.3.2.2.1	Prilagodilnik nivojev RS-232	76
6.3.2.2.2	Prilagodilnik nivojev USB	76
6.3.2.3	Logično stikalo	77
6.3.2.4	Filter, modulacija in demodulacija	79
6.3.2.4.1	Analogni filter	79
6.3.2.4.1.1	Predojačevalna stopnja	80
6.3.2.4.1.2	Pasovni filter	81
6.3.2.4.2	Modulacija in demodulacija	83
6.3.2.4.2.1	Modulacija	84
6.3.2.4.2.2	Demodulacija	84
6.3.2.5	Končna stopnja in galvanska ločitev	85
6.3.2.5.1	Končna stopnja	85
6.3.2.5.2	Galvanska ločitev	87
6.3.3	Meritve signalov	88
6.3.3.1	Oddaja	88
6.3.3.1.1	Neobremenjeno vodilo	89
6.3.3.1.2	Ohmska obremenitev vodila	91
6.3.3.1.3	Kapacitivna obremenitev vodila	93
6.3.3.1.4	Amplituda kratkostičnega toka	94
6.3.3.1.5	Napetostne konice	94
6.3.3.2	Sprejem	94
7	SKLEP	96
8	UPORABLJENI VIRI	97
8.1	LITERATURA	97
8.2	SPLETNI VIRI	97

Kazalo SLIK

SLIKA 1.1: ELEKTROMEHAŃSKI TRIFAZNI INDUKCIJSKI ŠTEVEC T3	2
SLIKA 1.2: AVTOMATSKI KOMUNIKACIJSKI SISTEM OD ŠTEVCEV DO CENTRA VODENJA IN OBRATNO	3
SLIKA 2.1: PARALELNI (LEVO) IN SERIJSKI (DESNO) NAČIN PRENOSA PODATKOV	5
SLIKA 2.2: SINHRONI PRENOS PODATKOV Z DODATNO LINIJO ZA TAKT	6
SLIKA 2.3: PRILAGAJANJE URE NAJPOČASNEJŠI NAPRAVI S ČAKALNIMI STANJI	6
SLIKA 2.4: ASINHRONI PRENOS PODATKOV	8
SLIKA 2.5: PODATKOVNI OKVIR ČRKE "D" (NUMERIČNA ŠT. 68) V ASCII KODI	8
SLIKA 2.6 : ASINHRONI PRENOS PODATKOV NA MIKROPROCESORSKEM PODATKOVNEM VODILU	9
SLIKA 2.7: TIPIČNA UPORABA UART-A	9
SLIKA 2.8: SIMPLEX – ENOSMERNI ASINHRONI PRENOS PODATKOV	10
SLIKA 2.9: HALF-DUPLEX ASINHRONI PRENOS PODATKOV	10
SLIKA 2.10: FULL-DUPLEX ASINHRONI PRENOS PODATKOV	10
SLIKA 3.1: RS-232 KONEKTOR DB-25 (LEVO) IN DB-9 (DESNO)	13
SLIKA 3.2: RS-232 NAPETOSTI LOGIČNIH NIVOJEV NA ODDAJNI STRANI	14
SLIKA 3.3: TRIFAZNI ŠTEVEC MT830 (LEVO) IN ENOFAZNI ELEKTRONSKI ŠTEVEC ME162 (DESNO)	14
SLIKA 3.4: BLOČNI DIAGRAM RS-232 VMESNIKA V ENOFAZNEM ŠTEVCU ME162	14
SLIKA 3.5: STIKALNI NAČRT VMESNIKA RS-232 V ENOFAZNEM ŠTEVCU ME162	15
SLIKA 3.6: LINIJA RS-485 (LEVO) IN SIGNAL (DESNO) NA TEJ LINIJI	16
SLIKA 3.7: HITROST PRENOSA PODATKOV V ODVISNOSTI OD DOLŽINE VODILA	17
SLIKA 3.8: SIGNALI MED PREKLOPOM OB ODDAJI	18
SLIKA 3.9: STIKALNI NAČRT VMESNIKA RS-485 V ŠTEVCU ME162I	19
SLIKA 3.10: POENOSTAVLJENA ENOSMERNI TOKOVNA ZANKA	21
SLIKA 3.11: OSNOVNA VEZJA TOKOVNE REGULACIJE V TOKOVNIH ZANKAH	21
SLIKA 3.12: POVEZAVE AKTIVNIH IN PASIVNIH CS ENOT	22
SLIKA 3.13: POVEZAVA ELEKTRONSKIH ŠTEVCEV NA SKUPNO CS VODILO	23
SLIKA 3.14: STIKALNI NAČRT VMESNIKA V ELEKTRONSKEM ŠTEVCU MT850	23
SLIKA 3.15: BLOČNI DIAGRAM SISTEMA M-BUS	24
SLIKA 3.16: M-BUS POZIV (GOSPODAR → SUŽENJ)	25
SLIKA 3.17: M-BUS ODGOVOR (SUŽENJ → GOSPODAR)	25
SLIKA 3.18: PRENOS BITOV OB ODDAJI NAPRAVE GOSPODAR (A) IN SUŽENJ (B)	26
SLIKA 3.19: STIKALNI NAČRT VMESNIKA M-BUS V ELEKTRONSKEM ŠTEVCU ME345	27
SLIKA 3.20: BLOČNI DIAGRAM INTEGRIRANEGA VEZJA TSS7721	27
SLIKA 3.21: RAZDELITEV KOMUNIKACIJSKIH FREKVENC PO STANDARDU EN-50065	31
SLIKA 3.22: STIKALNI NAČRT VMESNIKA DLC V ELEKTRONSKEM ŠTEVCU ME342	31
SLIKA 3.23: BLOČNI DIAGRAM INTEGRIRANEGA VEZJA AMIS-49587	32
SLIKA 3.24: PODATKOVNI FORMAT IZ MIKROPROCESORJA NA VRATA SCI VMESNIKA	33
SLIKA 3.25: KONDUKTIVNE MOTNJE PO FAZNEM VODNIKU L VMESNIKA DLC	34
SLIKA 3.26: NAPETOSTNI NIVO ODDAJNEGA SIGNALA IZ VMESNIKA DLC	34
SLIKA 3.27: IZHODNA IMPEDANCA VMESNIKA DLC PRI SPREJEMU (LEVO) TER PRI ODDAJI (DESNO)	35
SLIKA 3.28: RJ – 45 (LEVO) IN BNC KONEKTOR (DESNO)	36
SLIKA 3.29: STP, UTP (LEVO) IN RG – 58 (DESNO) VODNIKI	36
SLIKA 3.30: ETHERNET PODATKOVNI OKVIR	37

SLIKA 3.31: ČASOVNI OKVIR SIGNALA PRI MANCHESTER KODIRANJU	37
SLIKA 3.32: ETHERNET SIGNALI IN POVEZAVE MED NAPRAVAMI	38
SLIKA 3.33: STIKALNI NAČRT VMESNIKA ETHERNET V ELEKTRONSKEM ŠTEVCU MT870	39
SLIKA 3.34: BLOČNI DIAGRAM INTEGRIRANEGA VEZJA LAN8700IC	39
SLIKA 3.35: BLOČNI DIAGRAM KOMUNIKACIJE IR MED SONDO IN ELEKTRONSKIM ŠTEVCEM	40
SLIKA 3.36: STIKALNI NAČRT VMESNIKA IR SPREJEMNO-ODDAJNE SONDE	41
SLIKA 3.37: SPREJEMNO-ODDAJNA SONDA IR, PRODUKT PODJETJA ISKRAEMECO	41
SLIKA 3.38: KRMILNI TOK ODDAJNIH IR-DIOD	42
SLIKA 3.39: OHIŠJE IN BLOČNI DIAGRAM IR SPREJEMNO-ODDAJNEGA MODULA TSOP36133TR	43
SLIKA 3.40: STIKALNI NAČRT ZA PRILAGODITEV NAPETOSTNIH NIVOJEV PRI VMESNIKU IR	43
SLIKA 3.41: STIKALNI NAČRT SPREJEMNO – ODDAJNEGA IR VMESNIKA V ELEKTRONSKEM ŠTEVCU	44
SLIKA 3.42: PODATKOVNI OKVIR PO STANDARDU IEC 62056-21	45
SLIKA 3.43: OPTIČNA KOMUNIKACIJA IR MED ELEKTRONSKIM ŠTEVCEM TER SONDO	45
SLIKA 3.44: STIKALNI NAČRT OPTIČNEGA VMESNIKA IR V ELEKTRONSKEM ŠTEVCU ME162	46
SLIKA 3.45: PREREZ SIM-KARTICE	48
SLIKA 3.46: MODUL WAVECOM CPU-Q24 (LEVO) IN FUNKCIJSKA ARHITEKTURA BREŽIČNEGA (DESNO)	49
SLIKA 3.47: UART1 SERIJSKE POVEZAVE	49
SLIKA 4.1: OBLIKA PRENOSA PODATKOV PRI KOMUNIKACIJI EURIDIS	50
SLIKA 4.2: PREREZ KABLA	51
SLIKA 4.3: SIMETRIČNI IZVOR, IZOLIRAN OD ZASLONA	52
SLIKA 4.4: NAPETOSTNI NIVOJI NA VODILU EURIDIS	53
SLIKA 4.5: MAGNETNI SKLOP, PREOBLIKOVAN V FILTER 4. REDA	54
SLIKA 4.6: DIMENZIJE MAGNETNEGA SKLOPA	55
SLIKA 4.7: OHMSKO IN KAPACITIVNO BREME PRIMARNE POSTAJE: ODDAJA (A), SPREJEM (B)	58
SLIKA 4.8: AKTUALNI VMESNIKI ZA NAMENE PROTOKOL EURIDIS	61
SLIKA 4.9: ROČNI TERMINAL EURIDIS	61
SLIKA 4.10: RADIJSKI VMESNIK (LEVO) IN PRIKAZ UPORABE (DESNO)	62
SLIKA 4.11: PLC VMESNIK (LEVO) IN KONCENTRATOR (DESNO)	63
SLIKA 5.1: ELEKTRONSKI ENOFAZNI ŠTEVEC ME342 – »LINKY«	64
SLIKA 5.2: BLOČNI DIAGRAM ELEKTRONSKEGA ŠTEVCA ME342	64
SLIKA 5.3: MERILNI SITEM ELEKTRONSKEGA ŠTEVCA ME342	65
SLIKA 6.1: BLOČNI DIAGRAM PRVEGA MODEMA EURIDIS	69
SLIKA 6.2: BLOČNI DIAGRAM VMESNIKA EURIDIS V ELEKTRONSKEM ŠTEVCU ME340	70
SLIKA 6.3: ODDAJNI SIGNAL S PRENIHAJEM	71
SLIKA 6.4: BLOČNI DIAGRAM VMESNIKA EURIDIS V ELEKTRONSKEM ŠTEVCU ME341	72
SLIKA 6.5: BLOČNI DIAGRAM MODEMA EURIDIS	73
SLIKA 6.6: USB B KONEKTOR S PRIKLJUČKI	74
SLIKA 6.7: NAPAVALNO VEZJE 3,3 V (LEVO) IN 24 V (DESNO)	75
SLIKA 6.8: BLOČNI DIAGRAM INTEGRIRANEGA VEZJA ADM232	76
SLIKA 6.9: INTEGRIRANO VEZJE FT2232D	77
SLIKA 6.10: LOGIČNO STIKALO MODEMA EURIDIS	78
SLIKA 6.11: ANALOGNI FILTER MODEMA EURIDIS	79
SLIKA 6.12: MFB AKTIVNI PASOVNI FILTER	81
SLIKA 6.13: KARAKTERISTIKA PASOVNEGA FILTRA V FREKVENČNEM PROSTORU	82
SLIKA 6.14: MIKROPROCESOR MSP430F2002 (MODULATOR IN DEMODULATOR)	83
SLIKA 6.15: MODULIRANA SIGNALA REPORT1_A IN REPORT2_A S FREKVENCO 50 kHz	84

SLIKA 6.16: DIGITALIZIRAN PREJETI 50 KHz SIGNAL	84
SLIKA 6.17: STIKALNI NAČRT KONČNE STOPNJE IN GALVANSKE LOČITVE.....	85
SLIKA 6.18: KRMILNI PULZI KONČNE STOPNJE	86
SLIKA 6.19: 1200 BAUDOV-ODDAJA NEOBREMENJEN	89
SLIKA 6.20: 9600 BAUDOV- ODDAJA NEOBREMENJEN	90
SLIKA 6.21: 1200 BAUDOV- ODDAJA OHMSKO OBREMENJEN.....	91
SLIKA 6.22: 9600 BAUDOV- ODDAJA OHMSKO OBREMENJEN	92
SLIKA 6.23: 1200 BAUDOV- ODDAJA KAPACITIVNO OBREMENJEN.....	93
SLIKA 6.24: 9600 BAUDOV- ODDAJA KAPACITIVNO OBREMENJEN.....	93
SLIKA 6.25: AMPLITUDA KRATKOSTIČNEGA TOKA NA EURIDIS VODILU	94
SLIKA 6.26: 9600 BAUDOV – SPREJEM NEOBREMENJEN.....	95
SLIKA 6.27: 9600 BAUDOV- SPREJEM OHMSKO OBREMENJEN	95

Kazalo TABEL

TABELA 3.1: SIGNALI SERIJSKEGA PRIKLJUČKA RS-232 NA OSEBNEM RAČUNALNIKU	12
TABELA 3.2: PRAVILNOSTNA TABELA SIGNALOV INTEGRIRANEGA VMESNIKA ADM485	18
TABELA 3.3: TOKOVNI NIVOJI CS KOMUNIKACIJE	23
TABELA 4.1: ZAHTEVANE VREDNOSTI ZA ČASE TEV1 IN TEV0 (PRIMARNA POSTAJA)	57
TABELA 4.2: PREDLAGANI NAPETOSTNI NIVOJI ZA VEVH1, VEVH0 IN VEVL0 (PRIMARNA POSTAJA)	57
TABELA 4.3: ZAHTEVANE VREDNOSTI ZA ČASE TEV1 IN TEV0 (SEKUNDARNA POSTAJA)	59
TABELA 4.4: PREDLAGANI NAPETOSTNI NIVOJI ZA VEVH1, VEVH0 IN VEVL0 (SEKUNDARNA POSTAJA)	59

1 Uvod

1.1 Razvoj komunikacije Euridis

Komunikacija Euridis je bila prvič predstavljena leta 1990. Je edini mednarodni standard, ki uporablja prepleteno parico (twisted pair cable) za odčitavanje preprostejših elektronskih števecov. Euridis omogoča odčitavanje in parametriranje elektronskih števecov. Poglavitni razlog, zaradi katerega je bil razvit novi standard komuniciranja z imenom IEC 1142, so stanovanjski bloki in naselja posameznih stanovanjskih hiš, ki zahtevajo skupno podatkovno vodilo za zbiranje podatkov. Z vodilom je rešen problem ročnega odčitavanja elektronskega števca, saj slednje povzroča nejevoljo pri ljudeh ter večjo možnost napačnega odčitavanja.

Komunikacijski vmesnik Euridis je možno implementirati v vsak števec, ki meri vodo, plin, električno energijo, itd. Prvi distributer električne energije, ki je pričel množično uporabljati ta standard, je bil francoski distributer električne energije EDF (Électricité De France). Od leta 1990 do leta 1993 so preizkušali novi komunikacijski standard le v manjših podjetjih, na širši trg, kot so stanovanjski bloki in manjša gospodinjstva, pa so se preusmerili šele kasneje. S prihodom nove komunikacije na francoski trg električne energije se je pričel razvoj elektronskih števecov, ki imajo vgrajeno podporo zanj. Del prenositve francoskega trga električne energije je prevzelo slovensko podjetje Iskraemeco, ki je leta 2002 izdalo prvo serijo enofaznega gospodinjanskega števca ME340 s komunikacijskim vmesnikom Euridis.

Po prvih testiranjih novega protokola podjetja EDF-a in po dobri uveljavitvi le-tega, je leta 1995 sorodno francosko podjetje Sagem razvilo in vgradilo 1800 elektronskih števecov s komunikacijo Euridis v španskem mestu Barcelona, s čimer je protokol prvič prestopi francoski prostor. Zaradi praktičnosti novega protokola, so kmalu sledile naslednje države: Brazilija, Maroko, Španija, Tunizija, Portugalska, Švica, Nizozemska, Norveška, Združeni Arabski Emirati in Kitajska. Do leta 2006 je bilo v uporabi že 12 milijonov elektronskih števecov, podprtih s protokolom Euridis.

Vedno večja potreba po novemu protokolu je zahtevala ustanovitev novega združenja za nadzor razvoja ter razširjene uporabe izdelkov AMR. Združenje Euridis (Euridis association – www.euridis.org) so ustanovila tri močnejša podjetja: Électricité De France (EDF), Électricité De Strasbourg (ES) in Sagem.

Osnovno delovanje komunikacijskega vmesnika Euridis temelji na magnetni sklopitvi ročnega terminala ter vodila Euridis, ki omogoča priklop maksimalno 100 števecov. Magnetni sklop vodila Euridis je postavljen na dostopni lokaciji stavbe. Za branje 100-ih števecov potrebujemo maksimalno 5 min. Podatki, shranjeni v števcu, se preko vodila Euridis zbirajo v tehničnem centru za podrobno analizo. Tehničnim operaterjem sta komunikacija Euridis ter njeno orodje lahko razumljiva brez dolgih uvajalnih tečajev.

Izvedba števca (enofazni ali trifazni) nima nikakršnega vpliva na komunikacijski vmesnik. S tem je EDF v vseh letih prisotnosti novega standarda dosegel cilj cenejšega branja in parametriranja ter s tem posredno izboljšal zadovoljstvo uporabnikov električne energije (pri odčitavanju porabljene električne energije ni direktnega pristopa k uporabniku).

V slabih 20 letih se je iz standardnega žičnega vodila Euridis porodila ideja o brezžični komunikaciji, ki podpira protokol IEC 1142. Starejše hiše in stanovanjski bloki, ki bi dobili

novejše števec, bi potrebovali grob gradbeni poseg za postavitev potrebnih podatkovnih vodil Euridis. V izogib temu je podjetje ES (Électricité De Strasbourg) ponudilo brezžično rešitev, kar je zelo pocenilo vgradnjo novejših števcov. Poleg brezžične povezave (radio Euridis) obstajajo še povezave preko modema PLC in mobilnega omrežja (Euridis/GSM prehod).

S posodobitvijo povezav se je tudi posodobila hitrost prenosa podatkov, ki ni več ustrezala hitrostnim potrebam sedanjega časa. Vse spremembe prvega protokola so vključili v nov komunikacijski standard IEC 62 056-31.

V podjetju Iskraemeco so do sedaj izdelali tri elektronske števec s komunikacijskim vmesnikom Euridis ME340, ME341 in ME342. Prva dva ustrezata standardu IEC 1142, zadnji pa standardu IEC 62 056-31 [9].

1.2 Merjenje električne energije skozi čas

S pojavom električne energije oziroma njene množičnejše uporabe se pojavi tudi potreba po merjenju le-te. Prvo napravo za ta namen je izdelal Američan Elihu Thomson leta 1888; delovala je na principu indukcijskega merjenja. Elektromehanske indukcijske naprave so še vedno zelo razširjene po gospodinjstvih zaradi njihovih dobrih lastnosti, kot so:

- velika robustnost,
- dolga življenjska doba in
- zadovoljiva točnost meritve.

V podjetju Iskraemeco se v letu 2010 še vedno prodajajo enofazni in trifazni elektromehanski indukcijski števeci, ker lastnosti le-teh še vedno prevladujejo nad elektronskimi. Primer enofaznega indukcijskega števca E72 je prikazan na *sliki 1.1*.



Slika 1.1: Elektromehanski trifazni indukcijski števec T3

Z razvojem industrije in vse večjega števila porabnikov se je velikost in zapletenost električnega omrežja močno povečala, kar od distributerjev električne energije zahteva dober pregled nad dogajanjem v omrežju ter možnost daljinskega vklopjanja in izklopjanja porabnikov. Tem zahtevam elektromehanski indukcijski števeci ne zadoščajo zaradi njihove zasnove, ki ne omogočajo razširitve z dodatnimi funkcijami.

Z razvojem novejših elektronskih števec, ki merijo električno energijo s »Hallovim« senzorjem, »shuntom« ali tuljavico »Rogovski« ter vsebujejo mikroprocesorje za zajem in obdelavo podatkov iz omenjenih senzorjev, so se odprle možnosti komunikacije z elektronskimi števci, kot je branje in nastavljanje števec na daljavo. Razni tipi komunikacij so tako postali stalnica slehernega elektronskega števca[12].

Glavni razlog za uvedbo avtomatskega sistema odčitavanja je deregulacija in privatizacija trga energije. To omogoča, da je na trgu večje število distributerjev, pri čemer se uporabniki storitev odločajo, katerega distributerja bodo izbrali.

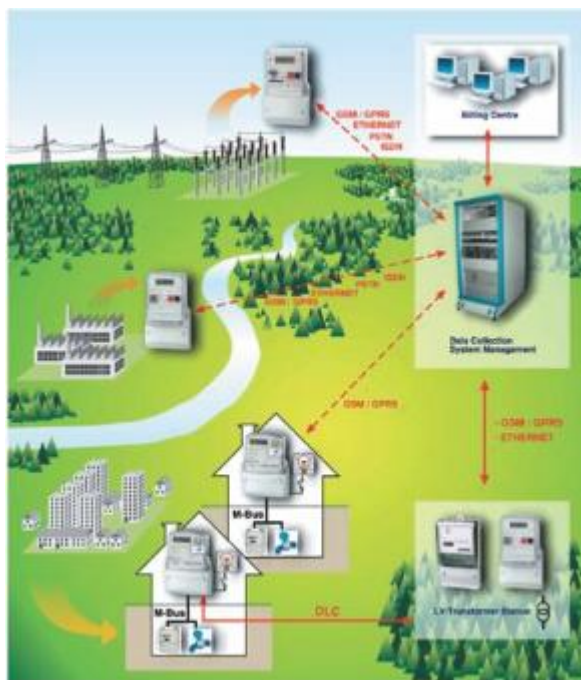
Razvoj tehnik odčitavanja števec delimo v tri stopnje:

1. »ročno« odčitavanje števec,
2. odčitavanje števec z mobilno enoto (RMR – Remote Meter Reading) in
3. popolnoma avtomatsko odčitavanje (AMR – Automatic Meter Reading).

Celoten avtomatski komunikacijski sistem, namenjen odčitavanju števec (AMR), lahko razdelimo na tri področja, kot je:

- komunikacija znotraj zgradbe,
- komunikacija med zgradbo in razdelilno transformatorsko postajo ter
- komunikacija med razdelilno postajo in centrom.

Nazornejša predstava avtomatskega komunikacijskega sistema je predstavljena na *sliki 1.2*.



Slika 1.2: Avtomatski komunikacijski sistem od števec do centra vodenja in obratno

Podjetje Iskraemeco, d.d. iz Kranja, v okviru katerega je nastala diplomska naloga, izdeluje tako elektromehanske kot elektronske naprave za merjenje električne energije. Vedno več je povpraševanja po novih napravah za merjenje električne energije s funkcionalnostjo komuniciranja s centrom vodenja, katerega lastnik je naročnik – distributer električne energije. Ker se bo sčasoma ukinil program izdelovanja elektromehanskih naprav,

je potrebno vse starejše naprave zamenjati z novejšimi elektronskimi napravami, ki so zmožne posredovati podatke o porabljeni energiji in ostale podatke distributerju po raznih komunikacijskih kanalih.

V elektroindustriji obstaja veliko komunikacijskih standardov saj imamo različne dostope do naprav in različne želje distributerjev. Eden izmed dostopov je v starejših objektih, kjer ni mogoča postavitve dodatnih komunikacijskih vodov, ampak je potrebno vgraditi elektronski števec z možnostjo brezžičnega prenosa podatkov.

Diplomsko delo je osredotočeno na izboljšavo obstoječega modema Euridis, ki služi kot vmesna naprava med elektronskim števcem in osebnim računalnikom. Uvodoma bomo spoznali še preostale aktualne komunikacijske vmesnike ter njihov podroben opis na strojnem nivoju. Vsi vmesniki, vključno z modemom Euridis, so izdelani in testirani v podjetju Iskraemeco.

Modem Euridis je namenjen za potrebe proizvodnega in razvojnega oddelka podjetja Iskraemeco. Temelji na Euridis komunikaciji, predlagani s strani francoskega distributerja električne energije EDF (Électricité De France), namenjeni njihovim uporabnikom [13]. Z letom 2002 se je pričel razvoj elektronskega števca ME340 z omenjenim komunikacijskim protokolom. Uspešno je bilo prodanih nekaj tisoč kosov. V naslednjih letih je zaradi uspeha števca ME340 prišlo novo naročilo za izdelavo novejšje verzije števca z imenom ME341, ki se je uspešno prodajal vse do današnjega dne [12].

Leta 2009 je podjetje dobilo novo naročilo od EDF-a za izdelavo novega elektronskega enofaznega števca »Linky«, ki ima posodobljeno Euridis komunikacijo in druge funkcije. Znotraj podjetja je novi števec dobil delovno ime ME342, katerega bomo v nadaljevanju uporabljali. Sočasno z razvojem novega števca je potekal razvoj nove proizvodne linije za njegovo izdelavo; uporablja robotsko postajo, na kateri se testirajo vse funkcionalnosti števca. Ena izmed funkcionalnosti je preizkus Euridis komunikacije, ki za sam test potrebuje komunikacijsko napravo za povezavo števca z osebnim računalnikom.

Izdelava in testiranje modema Euridis ter tehnične specifikacije Euridis komunikacije so podrobneje opisani v nadaljevanju. Podjetje Iskraemeco se je odločilo za nadgradnjo obstoječega modema Euridis, ker na svetovnem trgu ni primerne modema, ki bi podpiral novejši komunikacijski protokol Euridis.

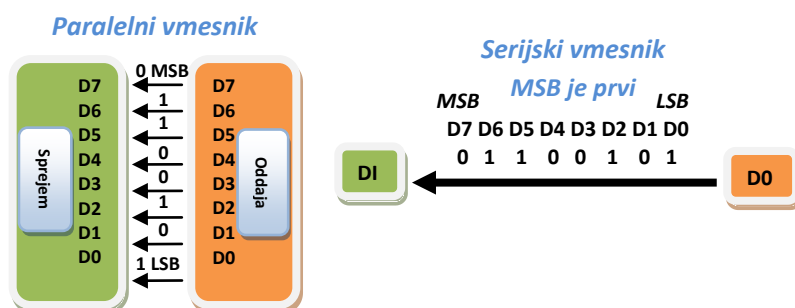
2 Serijska in paralelna komunikacija

Za prenos podatkov med napravami uporabljamo serijsko (npr. RS-232) in paralelno komuniciranje (npr. tiskalniški priključek Centronics) komuniciranje. Serijski način komuniciranja je pogostejše uporabljen od paralelnega načina zaradi manjšega števila uporabljenih vodnikov, saj transformacija zlogov v bitno zaporedje omogoča pošiljanje po enem podatkovnem vodniku. Velika prednost serijskih linij v primerjavi z paralelnimi, je možna uporaba daljših vodnikov za prenos podatkov. Uporaba paralelne komunikacije pri daljših razdaljah je večja možnost za motnje, kot pa pri serijski komunikaciji. En vodnik pomeni boljši referenčni potencial in zaščito proti motnjam. Posebno je potrebno paziti na referenčni potencial in zaščito v proizvodnji, kjer je več možnosti za nezaželene motnje [14].

Paralelna komunikacija je večkrat uporabljena na kratke razdalje, ker pri isti urini hitrosti dobimo 8 krat hitrejši prenos podatkov od serijske komunikacije. Poleg podatkovnih linij ima še dodatne linije namenjene kontrolnim signalom (rokovanje s podatki (handshaking), določanje smeri prenosa ter uro (clock)). Implementacija v strojno opremo je hitrejša, ker serijska komunikacija potrebuje še dodatno vezje za pretvorbo v paralelnega preden gre signal direktno na podatkovno vodilo [15].

Ker je serijski prenos podatkov cenovno ugodnejši, je razvoj teh vezij dovolj napredoval, da v mnogih primerih hitrost serijske komunikacije povsem zadovolji potrebe določene situacije. Razvoj je še posebej viden v integriranih vezjih, ki že imajo vgrajeno serijsko komunikacijo zaradi manjšega števila uporabljenih priključnih sponk, s čimer se zmanjšata cena in potreben prostor implementacije.

Razlika v prenašanju podatkov med serijskim in paralelnim načinom je vidna na *sliki 2.1*.



Slika 2.1: Paralelni (levo) in serijski (desno) način prenosa podatkov

Pomembnejši standardi komunikacijske arhitekture so [14]:

- RS-232; RS-422, RS-423 in RS-485 (RS – Recommended Standard),
- I²C (Inter-integrated circuit),
- SPI (Serial Peripheral Interface),
- USB (Universal Serial Bus),
- FireWire,
- Ethernet,
- Optični kanali,
- SATA (Serial Advanced Technology Attachment) in
- PCI Express (Peripheral Component Interconnect Express).

2.1 Sinhroni in asinhroni prenos podatkov

Med prenosom podatkov mora biti sprejemna naprava časovno usklajena z oddajno, da je možno pravilno razločevanje posameznih enot prenosa (začetek prenosa, bit, zlog, paket, itd.). Uskladitev je lahko asinhrona ali sinhrona. Sinhroni prenos potrebuje zunanjo uro za sinhronizacijo, medtem ko je asinhroni prenos sinhroniziran z dodatnimi signali.

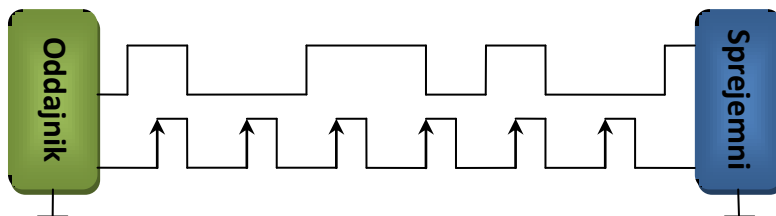
2.1.1 Sinhroni način

Pri pošiljanju zaporedja bitov se morata takta oddajnika in sprejemnika ujemati ves čas prenosa. Zaporedje bitov sestavlja večje bloke, ki vsebujejo večje število zlogov. Pri prenosu med zlogi ni potrebna praznina. Razpakiranje zaporedja v zloge je prepuščeno sprejemniku. Če želi oddajnik prekiniti zaporedje, mora generirati posebno zaporedje, ki pomeni prazno linijo. Ujemanje oddajne in sprejemne frekvence zagotovimo na naslednja načina:

- Podatkovni liniji dodamo še eno linijo za sinhronizacijo.
- Informacijo za sinhronizacijo izlušči sprejemnik kar iz oblike prejetega signala (enostavnejši način ožičenja, ki je zato večkrat uporabljen)

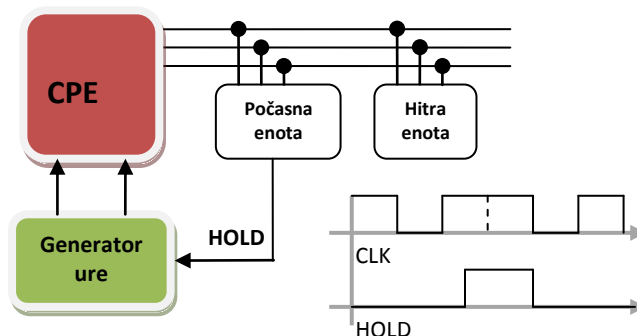
2.1.1.1 Dodatna linija za sinhronizacijo

Na *sliki 2.2* je prikazan način sinhronizacije, ki uporablja dodatno linijo za taktni signal (clock). Taktni signal miruje, ko ni prenosa podatkov. Frekvenca ure se prilagodi najpočasnejši napravi na vodilu. Sprejemnik bere podatke sinhrono s taktnim signalom, običajno ob fronti taktnega signala ali med dogovorjenim stanjem. Ta način je zelo preprost in se uporablja na krajših linijah.



Slika 2.2: Sinhroni prenos podatkov z dodatno linijo za takt

Če se ure ne more prilagajati najpočasnejši napravi na liniji, uporabimo podaljševanje ure s čakalnimi stanji oziroma cikli, kar prikazuje *slika 2.3*. Slednje se uporabljajo samo pri komunikaciji s počasnimi napravami, kjer hitre naprave še vedno delajo na svoji polni hitrosti..



Slika 2.3: Prilagajanje ure najpočasnejši napravi s čakalnimi stanji

2.1.1.2 Sinhronizacija iz podatkovnega signala

V tem primeru sam signal vsebuje podatek o sinhronizaciji, kar mu omogoča njegov specifični časovni potek. Sinhroniziramo lahko posamezen bit, zlog ali okvir.

Začetek podatkovnega okvirja (data frame) je pri sinhronem prenosu označen z vnaprej dogovorjenim sinhronizacijskim znakom. Ko sprejemnik zazna ta znak – predpisano zaporedje sprememb ali stanj na liniji – ve, da bo sledil podatkovni okvir. Podobno je sinhronizacijski znak na koncu le-tega in tudi v času, ko ni zaporedja sprememb ali stanj na liniji. V primeru pisanja programske kode se iz nabora ASCII znakov za sinhronizacijo podatkovnega okvirja izbere znak SYN.

Poleg informacije o začetku in koncu podatkovnega okvirja imamo še informacijo o hitrosti oddajanja podatkov. Ker poznamo obliko sinhronizacijskega znaka, lahko sprejemnik izmeri trajanje posameznih stanj in iz oblike signala ugotovi hitrost oddajanja (takt). Iz pridobljenih podatkov si sprejemnik nastavi takt na isto vrednost ter ga po potrebi sproti popravlja [17].

2.1.1.3 Podatkovni okvir pri sinhronem prenosu

Pri sinhronih prenosih so podatkovni okvirji daljši kot pri asinhronih (do nekaj tisoč zlogov). Okvir je tipično sestavljen iz treh delov:

1. uvodni del (sinhronizacija, glava),
2. osrednji del (podatkovni del s podatki sporočila) in
3. zaključni del (kontrolni znaki za odkrivanje napak prenosa).

Dolžina okvirjev je lahko stalna ali spremenljiva. Pri okvirju, ki ima spremenljivo število znakov je mogoče bolje izkoristiti prenosno pot. Takšen okvir mora vsebovati poleg podatka še informacijo o dolžini (pred samimi podatki), ali pa poseben znak za konec okvirja (na koncu okvirja).

Okvir vsebuje tudi del, v katerem je informacija za preverjanje pravilnosti prenosa (podobna naloga kot paritetni bit pri asinhronem prenosu podatkov). Ko pošiljamo okvirje med več napravami, je potrebno v naslovnem delu okvirja prisoten vsaj naslov sprejemnika, mnogokrat pa tudi oddajnika. Poleg naštetih delov je možno v okvir dodati še druge krmilne znake.

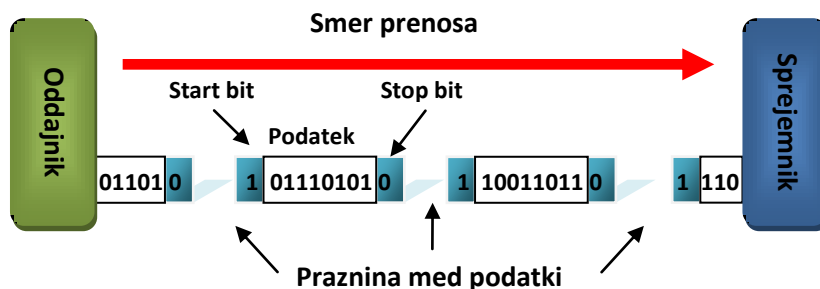
2.1.2 Asinhroni način

Ime asinhroni prenos pove, da signala ni potrebno sinhronizirati. Informacija je sprejeta na osnovi dogovorjenih vzorcev v signalu. Le-ti bazirajo na grupiranju bitov v zloge. Vsaka grupa 8 bitov je poslana po liniji kot zaključena celota, zato na nivoju pošiljanja zlogov ni potrebe po sinhronizaciji, ker je sinhronizacija za sprejem bitov definirana znotraj zloga. Komunikacijske parametre nastavi operater, ki upravlja s postajama.

Osnovni komunikacijski parametri so:

- *hitrost prenosa* oziroma takt (bit/s),
- *število podatkovnih bitov* (5,6,7, ali 8),
- *vrsta paritete* (brez, soda ali liha), ki je dodana za odkrivanje napak in
- *število stop* (zaključnih) *bitov* (1 ali 2).

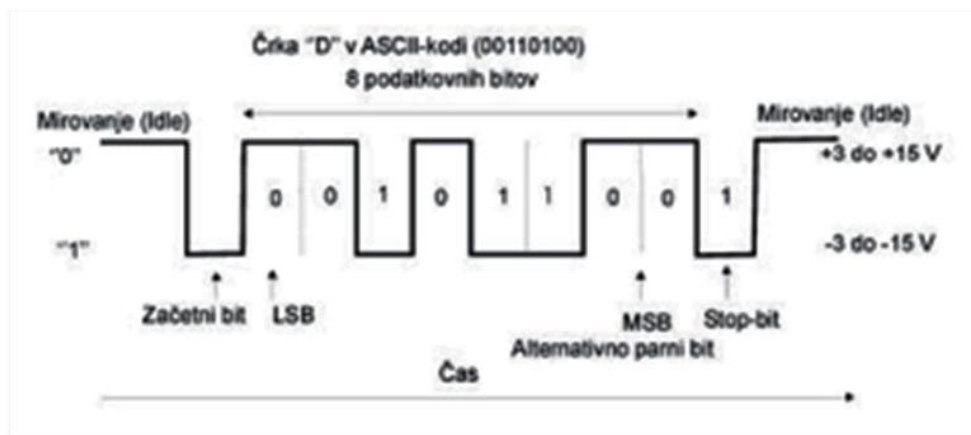
Primer pošiljanja podatkov od oddajnika do sprejemnika prikazuje *slika 2.4*.



Slika 2.4: Asinhroni prenos podatkov

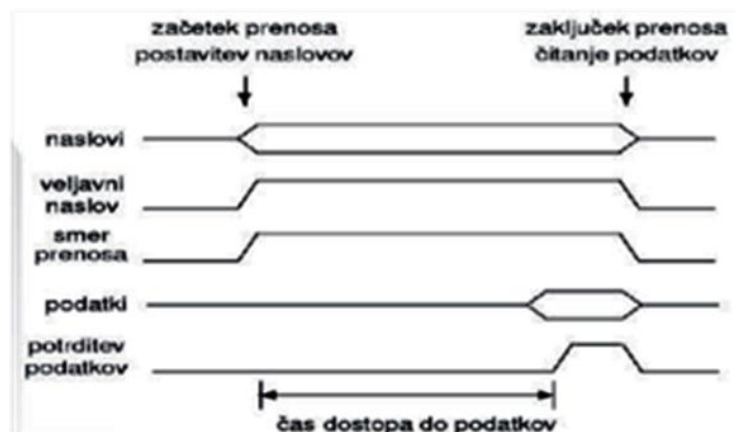
Ob začetku prenosa podatkov oddajna naprava postavi prenosno linijo na nizek logični nivo in s tem sporoči sprejemni napravi, da se je prenos pričel. Prehod na nizek nivo se poimenuje »start bit«. Dolžina bita je odvisna od hitrosti prenosa podatkov, ki je enaka za vse prenesene bite. Podatek se običajno prične z najmanj pomembnim bitom (LSB = Least Significant Bit) in konča z najpomembnejšim bitom (MSB = Most Significant Bit). Odvisno od dogovora so logična stanja »0« na visokem stanju in logična stanja »1« na nizkem stanju. Konec prenosa se označi s »stop bitom«, ki je na visokem logičnem nivoju, na katerem ostane, dokler oddajna naprava zopet ne pošlje »start bita«. Odvisno od izbire lahko na koncu podatkovnih bitov sledijo paritetni biti, nato pa »stop bit« [17].

Sprejeta informacija je ujeta v okvir (skupno število vseh bitov) in to poimenujemo uokvirjanje (framing). Primer uokvirjanja podatkov z pripadajočimi logičnimi nivoji je prikazan na *sliki 2.5*.



Slika 2.5: Podatkovni okvir črke "D" (numerična št. 68) v ASCII kodi

S pomočjo okvirjev je dosežena sinhronizacija med oddajno in sprejemno napravo. Na *sliki 2.6* je prikazan asinhroni prenos pri paralelnem podatkovnem vodilu mikroprocesorskega sistema.



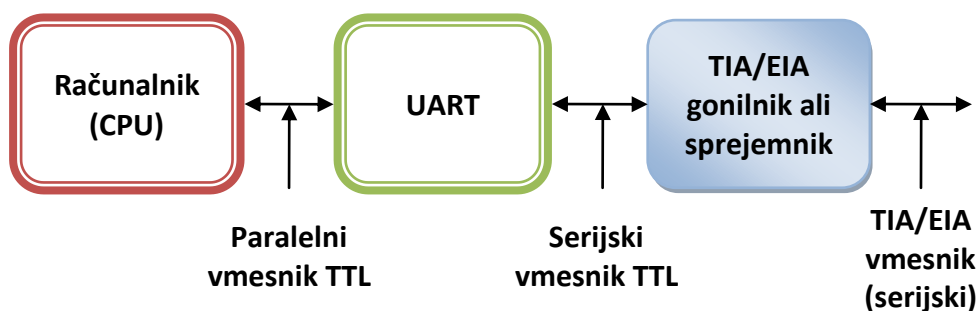
Slika 2.6 : Asinhroni prenos podatkov na mikroprocesorskem podatkovnem vodilu

2.1.2.1 Univerzalni asinhronski sprejemnik in oddajnik UART

Računalniki običajno podatek predstavijo v paralelni obliki kot zlog ali besedo, medtem ko večina komunikacij z zunanji napravami poteka serijsko. Postopek paralelno-serijske in serijske-paralelne pretvorbe se izvaja v posebnih integriranih vezjih, imenovanih UART (Univerzal Asynchronous Receiver Transmitter) ali univerzalni asinhroni sprejemnik-oddajnik.

UART vsebuje po en oddajnik in sprejemnik, ki lahko delujeta simultano in neodvisno. Integrirano vezje deluje v pol-dvosmernem in v popolnoma-dvosmernem načinu. Za priklop na mikroprocesorsko vodilo uporablja paralelni vmesnik.

Paralelni podatki gostujočega računalnika se pretvorijo v asinhroni serijski bitni tok. UART avtomatično doda startni bit, po potrebi paritetni bit in programirano število zaključenih bitov ter pošlje bitni tok na oddajnikov serijski podatkovni izhodni priključek TxD (Transmitted Data).



Slika 2.7: Tipična uporaba UART-a

Tipično uporabo UART-a prikazuje *slika 2.7*. UART vsebuje TTL (Transistor Transistor Logic) kompatibilen vmesnik. Sprejeti serijski podatki na sprejemnikovem vhodnem priključku RxD (Received Data) se pretvorijo v paralelne podatke. Gonilniki (izhodni ojačevalniki) in sprejemniki prenosnih linij po komunikacijskih standardih TIA/EIA, so specifični za posamezne vmesnike (RS-232, RS-422, RS-485). V procesu UART poišče startni bit, paritetni bit (če je), zaključni bit in poroča o napakah. Zmožen je zaznavati tudi številna

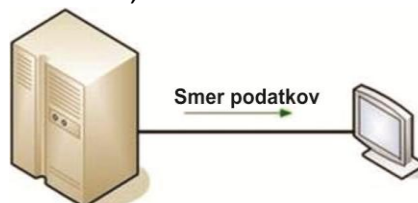
stanja (pogoje) napak, vključno prekoračitev sprejemnika (receiver overrun), napako uokvirjanja (framing error) in napako prekinitve [16].

- *Prekoračitev sprejemnika;*
nastane, kadar se zlogi sprejemajo hitreje, kot jih lahko računalnik procesira.
- *Napaka paritete;*
se pojavi, kadar se bitni tok spremeni med procesom komunikacije.
- *Napaka uokvirjanja;*
se zazna, če vzorčni stop-bit nima vrednosti logične 1.
- *Napaka prekinitve;*
se poroča takrat, ko je komunikacijska linija v stanju mirovanja (idle) za čas, ki je enak najmanj trajanju enega znaka.

2.1.3 Načini prenosa podatkov

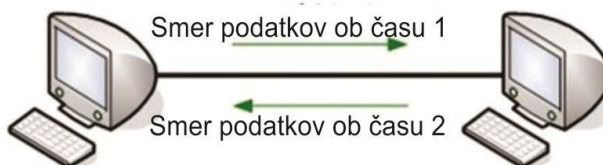
Poznamo tri načine asinhronnega prenosa podatkov:

- **Simplex**
Prenos podatkov poteka v eno smer, *slika 2.8*.



Slika 2.8: Simplex – enosmerni asinhroni prenos podatkov

- **Halx-Duplex**
Prenos podatkov poteka v obe smeri ampak ne istočasno (*slika 2.9*). Napravi, ki uporabljata ta način prenosa morata imeti sprejemni in oddajni vezji.



Slika 2.9: Half-Duplex asinhroni prenos podatkov

- **Full-Duplex**
Prenos podatkov je možen v obe smeri istočasno, kar prikazuje *slika 2.10*.



Slika 2.10: Full-Duplex asinhroni prenos podatkov

2.1.4 Primerjava sinhronega in asinhronega prenosa

Pri primerjavi obeh prenosov smo izpostavili njune prednosti in slabosti:

- **Sinhroni prenos**
 - *Prednost*
 - Nižji režijski stroški (malo krmilnih bitov poleg podatkovnih).
 - *Slabosti*
 - Bolj zapleten zaradi dodatnega urinega signala.
 - Strojni del je dražji.
- **Asinhroni prenos**
 - *Prednosti*
 - Strojni del je cenejši (odsotnost urinega signala).
 - Je enostaven, ker ne zahteva sinhronizacije obeh komunikacijskih naprav.
 - Sama nastavitev je hitra in je s tem zelo primerna za aplikacije, kjer se sporočila generirajo v nerednih intervalih (branje tipkovnice).
 - *Slabost*
 - Visoki režijski stroški (dodatni krmilni biti, ki spremljajo podatkovne bite). Krmilni biti predstavljajo okoli 30% podatkovnega okvirja in s tem časa, ki se potroši za pošiljanje enega znaka.

2.2 Hitrost prenosa podatkov

Hitrost prenosa običajno izražamo kot število podatkovnih bitov, prenesenih v časovni enoti 1 s, in jo imenujemo efektivna bitna stopnja ali hitrost (bit rate) v enotah bps (bitov/s, bits per second). Baudna stopnja (baud rate) je stopnja signaliziranja (signaling rate) in je število sprememb stanja (nivoja) prenašalnega signala na prenosni liniji. Enota baud se imenuje po francoskem raziskovalcu Émilieu Baudotu, ki je v 19. stoletju preučeval serijski prenos informacij. Bistvena razlika med bitno in baudno hitrostjo je ločevanje med efektivno bitno stopnjo in bitno stopnjo signaliziranja. Pri asinhronskem serijskem načinu je lahko efektivna podatkovna bitna stopnja mnogo nižja od signalne bitne stopnje, zaradi vključitve dodatnih bitov in bitnih polj (start bit, stop bit, paritetni bit, ...) [1].

3 Komunikacijski vmesniki elektronskih števecv

3.1 Vmesnik RS-232

RS-232 (Recommended Standard 232) je bil predstavljen že leta 1962, sam standard pa se je uveljavil leta 1969 z revizijo C (RS-232C). Najnovejši standard je bil izdan leta 1997 poimenovan TIA-232-F *Interface between data terminal equipment and data circuit-terminating equipment employing serial binary data interchange*. Standard določa komuniciranje med DTE (Data Terminal Equipment) in DCE (Data Circuit-Terminating Equipment) pri nizkih hitrostih serijskega prenosa. Vse do današnjega časa je bil to zelo običajen standard pri računalniških serijskih vratih, kjer ga sedaj vedno bolj nadomešča novejši standard USB. V industriji in pri starejših napravah še vedno uporabljajo standard RS-232, ker je preprost in zelo razširjen.

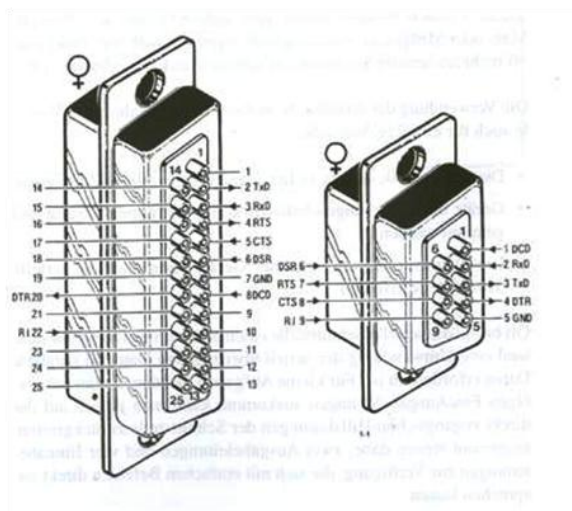
Pri povezovanju naprav ni važno, katera od njih je tipa DTE tipa in DCE. Standard ne predvideva povezave med dvema napravama tipa DTE, čeprav je to možno z ustrezno prirejenim povezovalnim kablom. Poleg omejene hitrosti pošiljanja podatkov je potrebno paziti še na samo dolžino povezovalnega kabla, ker RS-232 deluje na kratkih razdaljah. Vsa imena signalov se nanašajo na perspektivo DTE. Standard definira 25 signalov, vendar se jih običajno uporablja le 9. Podrobnejši opis signalov je podan v *tabeli 3.1* ter razpored priključkov RS-232 konektorja DB-9 in DB-25 je viden na *sliki 3.1* [2].

3.1.1 DTE in DCE

Ker so signali imenovani po perspektivi DTE, na primer signal TxD (transmit data) je izhod DTE-ja in vhod na DCE-ju, medtem ko je signal RxD (receive data) vhod na DTE-ju in izhod DCE-ja. Vrata RS-232 na osebem računalniku in terminalih so skoraj vedno izvedena z moškim konektorjem in razporedom priključnih sponk DTE, modemi oziroma zunanje naprave pa imajo ženske konektorje in razpored DCE. Ni pomembno katera naprava je DCE ali DTE na skupnem vodilu, ampak vsaka povezava med računalniki mora imeti eno teh dveh ali pa mora vsaj posnemati odsoten vmesnik (običajno je to DCE) s posebno povezanim kablom, imenovanim null modem. Null modem zamenja linije, da se lahko vsak izhod poveže na ustrezen vhod oziroma simulira povezavo DTE-DCE s tem, da zamenja komplementarne in kontrolne signale [2].

DB-9 Št.priključne sponke	DB-25 Št.priključne sponke	Signal	Izvor	Tip	Pomen kratice
1	8	CD	DCE	Control	Carrier detect (detekcija nosilke)
2	3	RX	DCE	Data	Receive data (sprejem podatkov)
3	2	TX	DTE	Data	Transmit data (oddaja podatkov)
4	20	DTR	DTE	Control	Data terminal ready (podatkovno okno pripravljeno)
5	7	SG	/	/	Signal ground (Referenčni potencial signala)
6	6	DSR	DCE	Control	Data set ready (nabor podatkov pripravljen)
7	4	RTS	DTE	Control	Request to send (zahteva po pošiljanju)
8	5	CTS	DCE	Control	Clear to send (dovoljenje za pošiljanje)
9	22	RI	DCE	Control	Ring indicator (indikator tona)
/	1,9-19,21,23-25	Neuporabljeni	/	/	/

Tabela 3.1: Signali serijskega priključka RS-232 na osebem računalniku



Slika 3.1: RS-232 konektor DB-25 (levo) in DB-9 (desno)

Za dvosmerno komunikacijo potrebujemo vsaj tri signale:

- TXD (lahko tudi TD ali TX), ki prenaša podatke od DTE v DCE,
- RXD (lahko tudi RD ali RX), ki prenaša podatke od DCE v DTE in
- GND referenčni potencial.

Preostali signali so namenjeni za kontrolo prenosa in običajno sporočajo pripravljenost naprave za prenos. Ti signali nastopajo v parih: RTS/CTS in DTR/DSR.

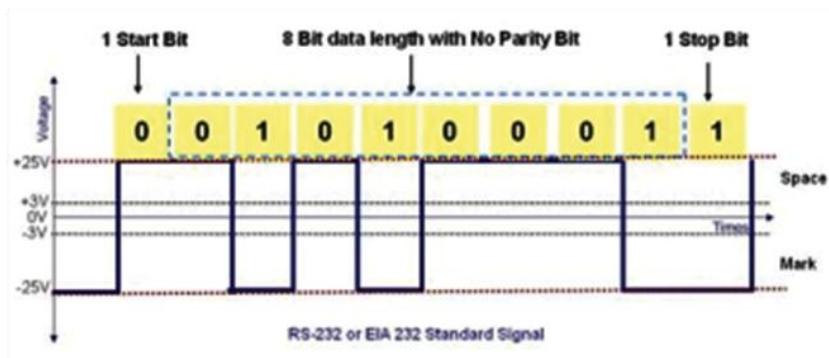
Standard podpira sinhrono in asinhrono prenose podatkov. Odkar sta oddajni in sprejemni del ločeni vezji, lahko vmesnik komunicira v popolnoma-dvosmernem načinu. Standard ne opredeljuje znakovnega okvirjanja med podatkovnim tokom ali znakovno kodiranje.

3.1.2 Napetosti logičnih nivojev

Napetostni logični nivoji, definirani po RS-232 standardu, so pozitivni in negativni za razliko od TTL, kjer so napetosti samo pozitivne od 0V do 5V. Sprejemniki in oddajniki morajo biti sposobni prenesti kratek stik proti referenčni sponki ter napetosti vse do ± 25 V. Definirano je tudi, kako hitro naj se signal spreminja med nivoji.

Negativna napetost predstavlja logično »1« in pozitivna napetost logično »0«. Ker so lahko serijske povezovalne linije dokaj dolge, so minimalne napetosti definirane pri sprejemniku nižje od tistih definiranih pri oddajniku. Pri sprejemniku je tako vhodna napetost višja od +3 V sprejeta kot logična »0«, nižja od -3 V pa kot logična »1«. Napetosti med -3 V in +3 V so nedefinirane. Pri oddajniku je minimalna napetost +5 V in -5 V, maksimalna dovoljena napetost pa je ± 15 V. Napetosti logičnih nivojev na oddajni strani so nazorno predstavljene na *sliki 3.2*.

Statusni in kontrolni signali uporabljajo iste napetosti, ampak s pozitivno logiko. Pozitivna napetost predstavlja logično »1«, funkcijo ON, »uveljavljen« ali pa »True«. Negativna napetost predstavlja logično »0«, funkcijo OFF, »neuveljavljen« ali pa »False« [2].



Slika 3.2: RS-232 napetosti logičnih nivojev na oddajni strani

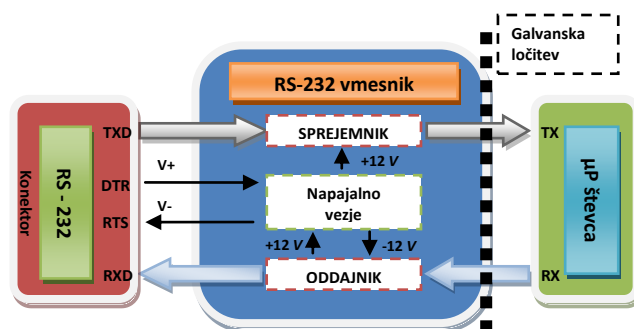
3.1.3 Vmesnik RS-232 v elektronskem števcu

V liniji produktov Iskraemeca sta izdelana dva števca s komunikacijskim vmesnikom RS-232. Enofazni števec ME162 je namenjen gospodinjstvu, trifazni števec MT830 pa industrijskemu okolju. Oba sta predstavljena na *sliki 3.3*. V nadaljevanju si bomo podrobneje ogledali delovanje komunikacijskega vmesnika RS-232 v števcu ME162.



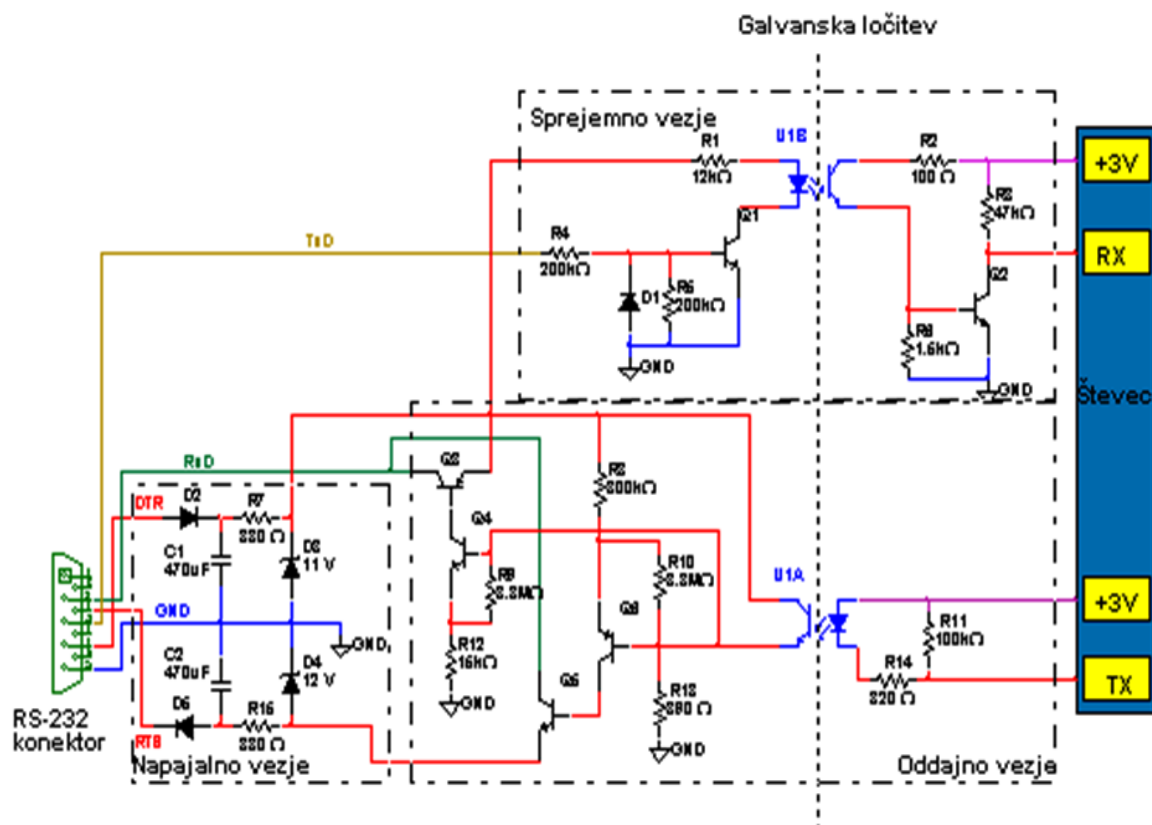
Slika 3.3: Trifazni števec MT830 (levo) in enofazni elektronski števec ME162 (desno)

Števec ME162 vsebuje mikroprocesor MSP430F425 proizvajalca Texas Instruments, ki vsebuje modul za serijski prenos [34]. Bločni diagram na *sliki 3.4* prikazuje sestavo vmesnika RS-232, ki je moral biti cenen, kompaktne izvedbe in z nizko lastno porabo. Naloga vmesnika je pretvoriti logične nivoje med TTL in RS-232 ter galvansko ločiti komunikacijski vmesnik od preostalega vezja števca. Vmesnik se napaja iz priključka RS-232, ki ima predpisane omejitve glede obremenitev.



Slika 3.4: Bločni diagram RS-232 vmesnika v enofaznem števcu ME162

Za podane zahteve že obstajajo integrirana vezja (MAX232, ADM232,...), ki le z nekaj pomožnimi pasivnimi elementi poskrbijo za pretvorbo med napetostnimi nivoji TTL in RS-232. Ne glede na njihovo razširjeno uporabo se v danem primeru niso izkazali za primerne zaradi svoje prevelike porabe ob aktivni komunikaciji ter dokaj visoki ceni. Za zmanjšanje cene in porabe smo uporabili vezje, sestavljeno iz diskretnih elementov.



Slika 3.5: Stikalni načrt vmesnika RS-232 v enofaznem števcu ME162

Vmesnik je napajan iz sponk DTR in RTS priključka RS-232. Poleg napajalnih priključkov uporablja vmesnik še tri komunikacijske priključke TX, RX in GND. Od 9 priključkov, ki so na voljo, je uporabljenih 5. Signala DTR in RTS je potrebno postaviti v pravilni stanji, da je preko njih možno napajanje kontrolnih signalov. Signalu DTR priredimo logično »0«, kar je enako napetosti +15 V, ter signalu RTS priredimo logično »1«, kar je enako napetosti -15 V [4].

3.2 Vmesnik RS-485

Standard EIA-485 poznano kot RS-485. Definiran je s strani TIA-485 ter ima predpisane električne karakteristike sprejemnikov in oddajnikov v uravnoteženih digitalnih večtočkovnih sistemih. RS-485 nam omogoča daljše povezave in hitrejše prenose med napravami. Njegova ključna prednost pred RS-232 je, da lahko na eno podatkovno parico RS-485 povežemo do 256 naprav. Samo število priključenih naprav je odvisno od razdalj, bitne hitrosti ter vezij samih vmesnikov. Zaradi naštetih prednosti je obravnavani standard razširjen v industrijskih okoljih [2].

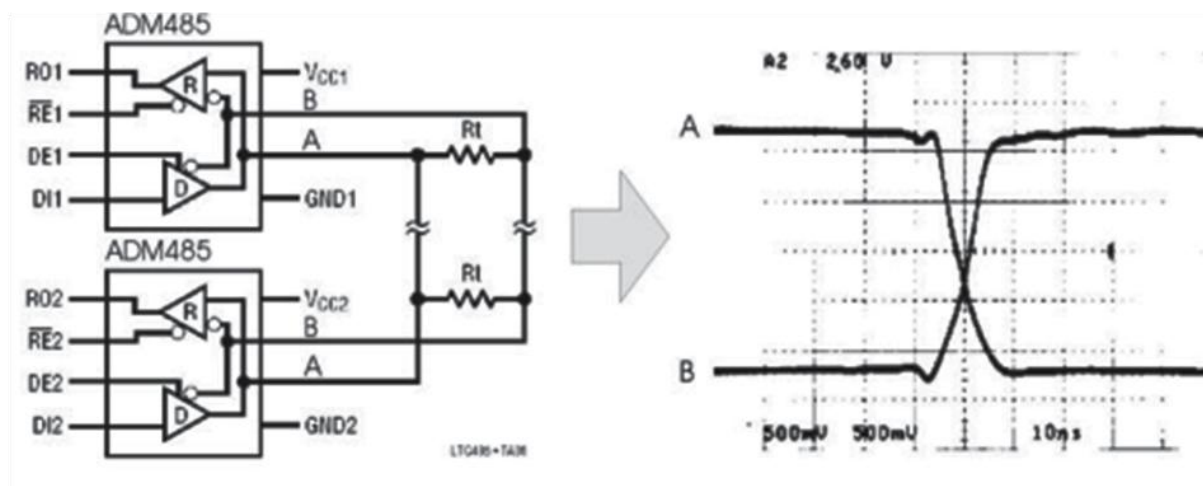
Druge prednosti RS-485 so še:

- relativno poceni sprejemniki in oddajniki,
- potrebe po enem napajanju (+5 V ali manj) za generiranje minimalne zahtevane napetostne razlike na diferenčnem izhodu (1,5 V, če primerjamo z RS-232 standardom, ki potrebuje dvojno napajanje za minimalni izhodni napetostni razpon (± 5 V)),
- sposobnosti združevanja naprav v mreže,
- dolžina povezave do 1,3 km in
- hitrost (podatkovna hitrost lahko znaša do 10 Mbps). Bitna hitrost in razdalja sta povezani (nižje hitrosti dovoljujejo daljše povezave).

Poglavitni razlog, zakaj RS-485 lahko oddaja na daljše razdalje, je v uporabi diferencialnih signalov (odlično neobčutljivost na šum). Vsak signal ima dodeljen par žic, od katerih napetost na eni predstavlja komplement napetosti na drugi žici. Sprejemnik reagira na razliko med napetostmi.

3.2.1 Linije RS-485

TIA-485-A označuje dve liniji v podatkovni parici s črkama A in B. Visok logični nivo TTL povzroči, da postane žica A bolj pozitivna kot B, medtem ko nizek logični nivo TTL povzroči, da linija B postane bolj pozitivna kot A, kot je to vidno iz *slike 3.6 (desno)*. Glede na referenčni potencial sprejemnika morajo biti vrednosti napetosti na vodniku A oziroma B med -7 V in +12 V. Razpon napetosti omogoča razlike med napetostnima nivojema sprejemnika in oddajnika. Maksimalna dovoljena razlika med napetostima na vodniku A in B je ± 6 V. Na *sliki 3.6 (levo)* je prikazan shematski izgled linije RS-485 z vmesniškima vezjema ter pripadajoči oscilogram signalov na liniji A in B.



Slika 3.6: Linija RS-485 (levo) in signal (desno) na tej liniji

Napetost posameznega izhoda ni definirana glede na referenčni potencial, velja le da mora biti znotraj območja ± 7 V. Na sprejemniku je potrebna napetost za veljavno določitev logičnega stanja 0,2 V. Če je vmesnik popolnoma uravnotežen znaša offset na liniji polovico napajalne napetosti. Vsaka neuravnoteženost sistema lahko zniža ali zviša offsetno napetost.

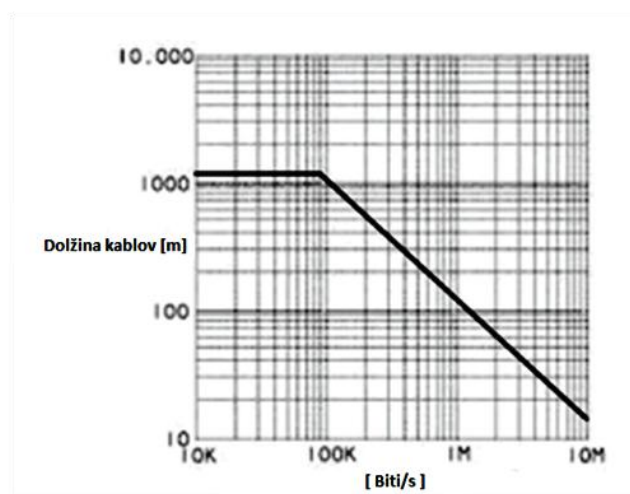
Maksimalen tok, ki ga linija RS-485 potrebuje, je odvisen od impedanc komponent, ki so priključene na linijo vključno s sprejemniki, oddajniki, povezovalnimi žicami in zaključnimi elementi. Nizka izhodna impedanca na oddajniku in nizkoimpedančni kabli omogočajo hitre preklope ter sprejemniku omogočajo, da sprejema maksimalne možne signale. Visoka impedanca sprejemnika zmanjšuje tok v povezavi. Največji vpliv na porabo toka imajo zaključni elementi. Velikokrat opazimo na vsakem koncu povezave med linijama A in B vključen upor $120\ \Omega$ (R_t *slika 3.6 (levo)*). Paralelna vezava dveh takih uporov znaša $60\ \Omega$ in predstavlja nizkoohmsko pot med gonilnikom z visokim logičnim izhodom preko priključkov v gonilnik z nizkim logičnim izhodom. Pri kratkih povezavah lahko zaključitve opustimo in tako občutno zmanjšamo porabo toka. Kadar nimamo zaključitve, ima vhodna upornost sprejemnika največji vpliv na serijsko impedanco. Le-ta se spreminja glede na število delujočih sprejemnikov, priključenih na vodilo [2].

Oddajnik RS-485 lahko krmili do 32 sprejemnih enot. Sprejemnik zahteva le določeno velikost toka pri maksimalni vhodni napetosti. Velikost tega toka določa standard in pri napetosti 7 V znaša 0,8 mA glede na referenčni potencial.

3.2.2 Hitrost prenosa podatkov

Maksimalna bitna hitrost je odvisna od časovne zakasnitve med preklopi na obeh izhodih. Če izhod A preklopi pred izhodom B, razlika med časom preklopa izhoda A in časom preklopa izhoda B vpliva na hitrost prenosa bitov podatka; večja kot je razlika, manjša je bitna hitrost. Vmesniki RS485 so dimenzionirani za minimalno zakasnitev med preklpom enega in drugega izhoda.

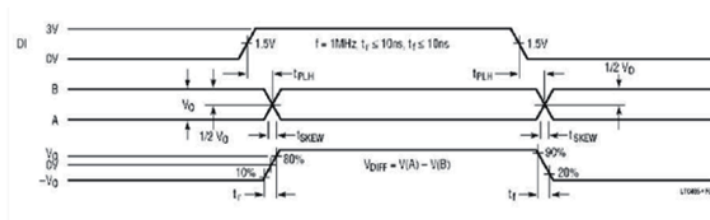
Povezava RS-485 lahko podpira prenose podatkov do 10 Mbps ali dolžino prenašanja podatkov do 1300 m, ne more pa zadostiti obema karakteristikama hkrati. Odvisnost hitrosti prenosa podatkov od dolžine povezovalnega vodila prikazuje *slika 3.7*, kjer je predvidena uporaba nezaščitene, zaključene podatkovne parice. Višje hitrosti zahtevajo krajša povezovalna vodila. Dolžina vodil 1300 m po standardu omogoča hitrosti prenosa do 100 kbps, dolžine do 100 m omogočajo hitrosti do 1 Mbps in dolžine do 40 m hitrosti do 10 Mbps [2].



Slika 3.7: Hitrost prenosa podatkov v odvisnosti od dolžine vodila

3.2.3 Vmesnik RS-485 v elektronskem števcu

Vmesnik RS-485v števcu ME162I je namenjen indijskemu tržišču, zato je naprava opremljena z zmogljivejšim mikroprocesorjem MSP430F427, ki je za tako komunikacije ustrežnejši. Poleg priključnih sponk TX in RX vsebuje tudi priključno sponko RTS, ki je nujno potreben pri komunikaciji RS-485 za preklapljanje med sprejemom in oddajo, kot zahteva standard. Signal RTS peljemo na priključne sponke $\overline{RE}$ in DE integriranega vezja ADM485. Na *sliki 3.8* je prikazan primer signalov med preklopom ob oddaji.



Slika 3.8: Signali med preklopom ob oddaji

3.2.3.1 Integrirano vezje ADM485

Je tipičen predstavnik vmesniških integriranih vezij za uporabo v pol-dvosmernih mrežah RS-485. Vsebuje oddajnik, ki logične nivoje TTL prevaja v logične nivoje RS-485, ter sprejemnik, ki izvaja obraten proces. Vsakega izmed njiju omogočimo s signaloma $\overline{RE}$ oziroma DE. Slednja signala predstavljata »omogoči« (enable) signal za sprejem ($\overline{RE} = 1 \Rightarrow$ receive enable) oziroma oddajo ($DE = 1 \Rightarrow$ transmit enable). Oba dela integriranega vezja krmilimo z enim signalom RTS, ker je signal $\overline{RE}$ na priključku integriranega vezja invertiran. Kadar je vhod oddajnika onemogočen $\overline{DE} = 0$, je njegov izhod v stanju visoke impedance.

Ko je sprejemnik onemogočen, je njegov izhod v stanju visoke impedance, in ne more več slediti spremembam na vhodu RS-485. Vidimo, da je oddajnik onemogočen z nizkim logičnim nivojem, sprejemnik pa z visokim logičnim nivojem (kadar je sprejemnik vključen je oddajnik izključen in obratno). V *tabeli 3.2* sta zbrani pravilnostni tabeli vhodnih in izhodnih signalov integriranega vezja ob oddaji oziroma sprejemu [18].

ODDAJA					
VHODI			STANJE LINIJE	IZHODI	
$\overline{RE}$	DE	DI		B	A
X	1	1	NORMALNO	0	1
X	1	0	NORMALNO	1	0
X	0	X	X	Z	Z
X	1	X	NAPAKA	Z	Z
SPREJEM					
VHODI			IZHODI		
$\overline{RE}$	DE	A – B	R		
0	0	$\geq 0,2 \text{ V}$	1		
0	0	$\leq -0,2 \text{ V}$	0		
0	0	ODPRTI VHODI	1		
1	0	X	Z		

Tabela 3.2: Pravilnostna tabela signalov integriranega vmesnika ADM485

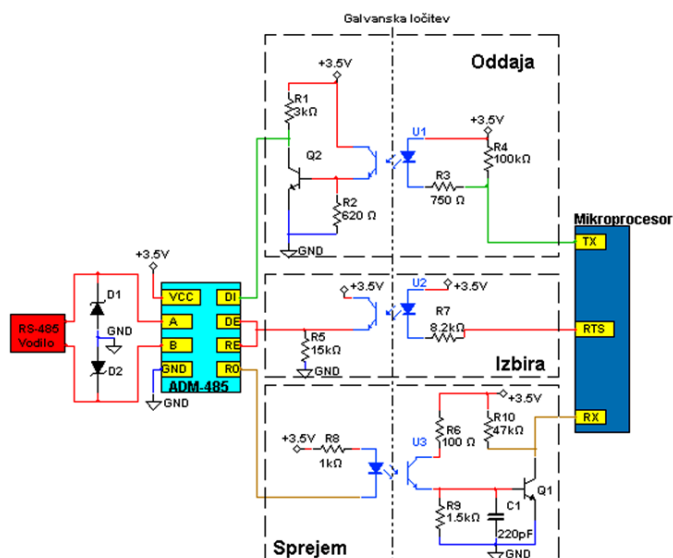
X = ni pomembno, Z = visoka impedanca

3.2.3.2 Opis vmesnika v števcu

Vmesnik je sestavljen iz treh delov:

1. sprejemni del,
2. oddajni del in
3. vezje za preklap med sprejemom in oddajo.

Pripadajoča shema vmesnika je prikazana na *sliki 3.9*. Vsak del vezja je z optičnim sklopnikom galvanjsko ločen od števca [4].



Slika 3.9: Stikalni načrt vmesnika RS-485 v števcu ME1621

3.2.3.2.1 Oddaja

Preklop vmesnika v način oddaje je izveden s postavitvijo signala RTS na logično »0«.

$$RTS = "0" \Rightarrow DE = "1" \Rightarrow \text{omogočena oddaja}$$

Oddajni signal mikroprocesorja:

- **TX = »0«**

Skozi svetilno diodo opto-sklopnika steče tok. Signal se preko optičnega sklopnika prenese na bazo tranzistorja. Tranzistor se odpre in vsili nizek logični nivo na vhodni priključek DI integriranega vezja ADM485 – DI = »0«. Integrirano vezje ADM485 pretvori signal na ustrezne nivoje in ga pošlje na podatkovno linijo $\Rightarrow A = "0"$ in $B = "1"$.

- **TX = »1«**

Skozi svetilno diodo optičnega sklopnika ne teče tok in dioda ne sveti. Tranzistor je zaprt in na vhodnem priključku DI integriranega vezja ADM485 je visok logični nivo – DI = »1«. Na liniji je v tem primeru $\Rightarrow A = "1"$ in $B = "0"$.

V primeru aktivne oddaje velja:

$$RTS = "0" \Rightarrow DE = "1" \Rightarrow \text{omogočena oddaja}$$

$$TX = "0" \Rightarrow DI = "0" \Rightarrow A = "0" \text{ in } B = "1"$$

$$TX = "1" \Rightarrow DI = "1" \Rightarrow A = "1" \text{ in } B = "0"$$

3.2.3.2.2 Sprejem

Preklop vmesnika v način sprejem signala iz linije je izveden s postavitvijo signala RTS na »1«.

$$RTS = "1" \Rightarrow \overline{RE} = "0" \Rightarrow \text{omogočen sprejem}$$

Integrirano vezje ADM485 sprejme signal iz linije kot razliko napetosti obeh žic parice A in B. Nato razliko ustrezno pretvori v TTL signal, ki ga zajamemo na izhodnem priključku za sprejem R.

Krmiljenje optičnega sklopnika U3 s signalom R:

- **R = »0«**

Skozi svetilno diodo opto-sklopnika steče tok in dioda zasveti. Signal se preko optičnega sklopnika prenese na bazno sponko tranzistorja. Tranzistor se odpre in sprejemnemu priključku mikroprocesorja v števcu vsili nizek logični nivo $RX = \text{»0«}$.

- **R = »1«**

Skozi svetilno diodo opto-sklopnika ne steče tok in tranzistor ostane zaprt. Na sprejemnem priključku mikroprocesorja je napetost visokega logičnega nivoja $RX = \text{»1«}$.

V primeru aktivnega sprejema velja:

$$RTS = "1" \Rightarrow \overline{RE} = "0" \Rightarrow \text{omogočen sprejem}$$

$$A < B \Rightarrow R = "0" \Rightarrow RX = "0"$$

$$A > B \Rightarrow R = "1" \Rightarrow RX = "1"$$

3.3 Vmesnik CS

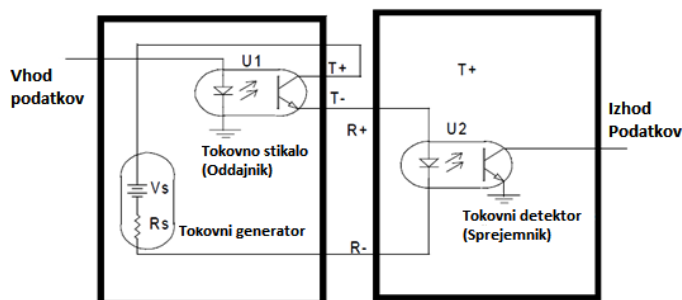
Komunikacija CS ali tokovna zanka 4-20 mA je razširjena metoda za prenos informacij od oddajnika do sprejemnika in obratno. Tokovna zanka uporablja za prenos podatkov tok namesto napetosti. Princip je poznan že od leta 1960 in je še vedno dobro izkoriščen zaradi visoke zanesljivosti. Vmesniki na principu tokovne zanke so postali popularni zaradi njihove cenene rešitve pri komunikacijah na daljše razdalje ter imunosti na motnje. Ker se za prenos signala uporablja tok namesto napetosti je sistem neobčutljiv na potencialne razlike med oddajnikom in sprejemnikom. Tokovne zanke 20 mA so primerne za razdalje do 600 m pri hitrostih 19,200 baudov. Pri uporabi manjše hitrost prenašanja (npr. 300 baudov) se razdalja prenosa lahko poveča. Druga značilnost te metode je, da lahko preverjamo zaključenost zanke; če je zanka neprekinjena, tok ne pade pod 4 mA [19, 20].

Prenos podatkov z uporabo tokovne zanke je enosmeren ali pa popolnoma–dvosmeren. Za popolnoma–dvosmerni prenos sta potrebna dva tokovna generatorja, namenjena pravilnemu delovanju vezja.

Osnovni gradniki tokovne zanke so: tokovni izvor, tokovno stikalo in tokovni detektor. Vmesnik, ki vsebuje tokovni izvor je imenovan kot aktivna enota, medtem ko se drugi vmesniki imenujejo pasivne enote.

Glavni problem tokovne zanke je, da ni nobenega mehanskega ali električnega standarda za vmesnik. Vsak izdelek vmesnika je unikaten, zato mora uporabnik poznati tehnične podrobnosti uporabljenega vezja.

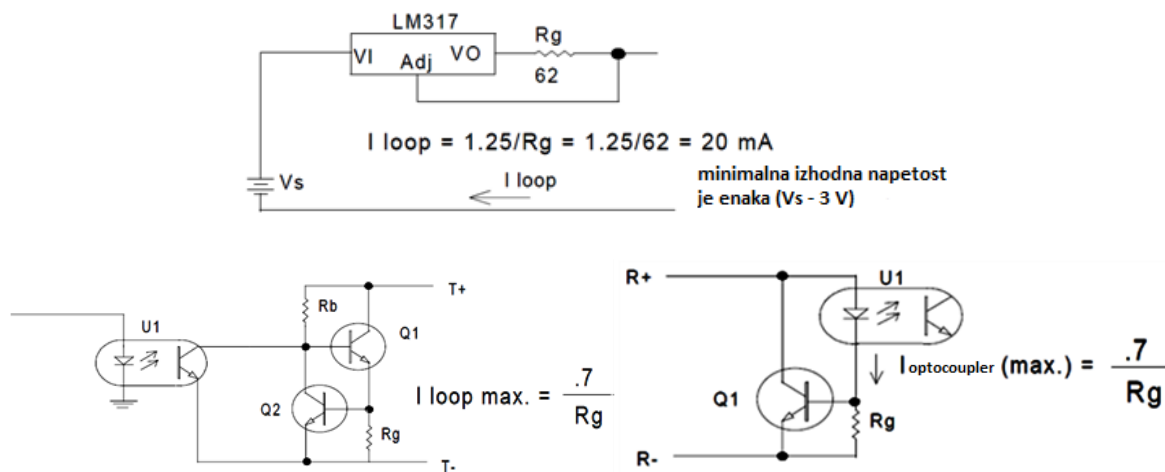
Slika 3.10 prikazuje poenostavljeno enosmerno tokovno zanko z vgrajenim optosklopnikom, napetostnim izvorom ter uporom. Leva stran z optosklopnikom U1 je oddajnik, optosklopnik U2 na desni je sprejemnik [21].



Slika 3.10: Poenostavljena enosmerna tokovna zanka

Tokovno regulacijo v tokovnih zankah se lahko naredi z:

- uporabo linearnega napetostnega regulatorja (slika 3.11 (zgoraj)), ki služi kot konstanten tokovni izvor. Vsota vseh napetostnih padcev mora biti manjša od napetostnega izvora. Vsaka naprava, ali je to oddajnik ali pa sprejemnik, ima nekaj napetostnega padca.
- tokovnim omejevalnikom oddajnika (slika 3.11 (spodaj levo)) - namen vezja je, da oddajanje signala nikoli ne preseže tokovnega praga 20 mA.
- tokovnim omejevalnikom sprejemnika (slika 3.11 (spodaj desno)) – omejevalnik ne regulira toka zanke ampak regulira maksimalen tok emitorja v optosklopniku, ker nekateri izmed njih potrebujejo manj kot 20 mA za pravilno delovanje pri maksimalni hitrosti.

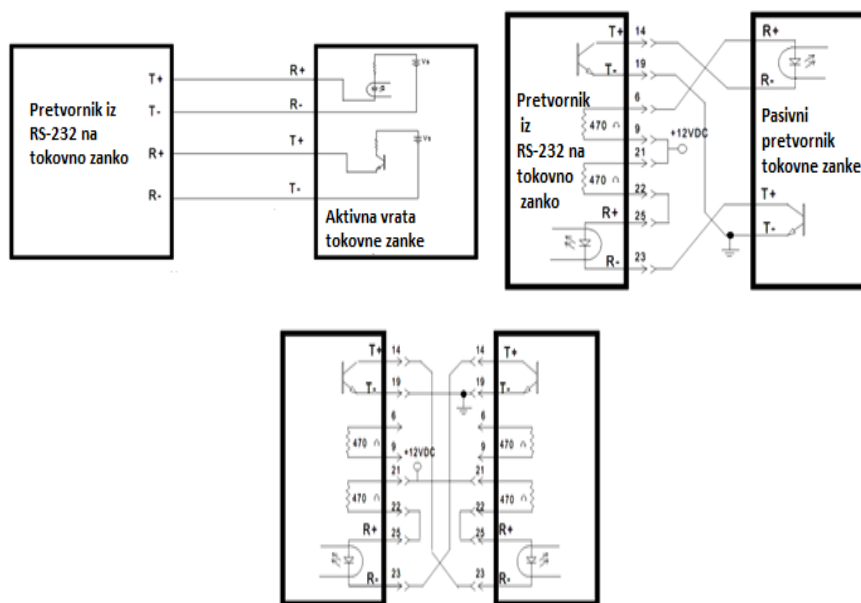


Slika 3.11: Osnovna vezja tokovne regulacije v tokovnih zankah; linearni napetostni regulator (zgoraj) tokovni omejevalnik oddajnika (spodaj levo) in tokovni omejevalnik sprejemnika (spodaj desno)

3.3.1 Povezave pretvornika tokovne zanke

Za povezavo pretvornika tokovne zanke z obstoječimi enotami tokovne zanke je potrebno najprej določiti, če so te enote pasivne ali aktivne. Aktivne enote imajo notranje napajanje, namenjeno dovajanju toka za oddajnik, sprejemnik ali oboje. Pasivne enote so brez notranjega napajanja. Na voljo imamo tri različne povezave aktivnih in pasivnih CS enot, ki so prikazane na *sliki 3.12*.

Pretvornik normalno vsebuje 4 žice, ki so označene z T+, T-, R+ in R-. T+ in T- sta oddajni plus in minus liniji, na katerih so izhodni podatki iz enote. R+ in R- sta sprejemni plus in minus liniji na katerih so vhodni podatki v enoto [21].

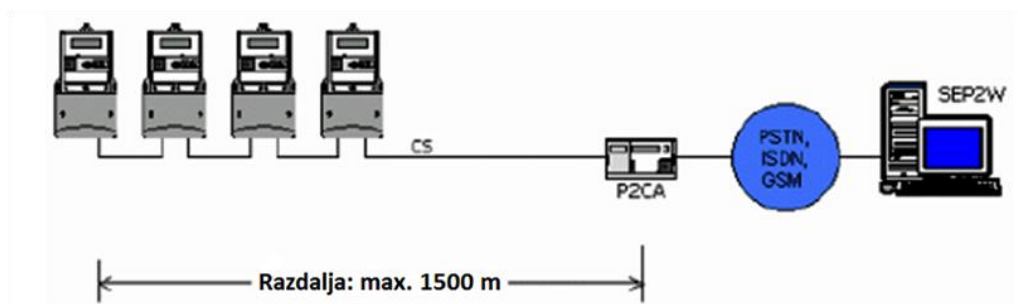


Slika 3.12: Povezave aktivnih in pasivnih CS enot; povezava na vrata aktivne tokovne zanke (levo zgoraj), povezava na vrata pasivne tokovne zanke (desno zgoraj) in medsebojna povezava pretvornikov tokovne zanke (spodaj).

3.3.2 Vmesnik CS v elektronskem števcu

V trifaznem elektronskem števcu MT850 je kot alternativa za daljinsko odčitavanje in parametriranje števcov uporabljen vmesnik CS, ki ustreza standardu DIN 66348. Stikalni načrt vmesnika je prikazan na *sliki 3.14*. Število števcov, ki so lahko v eni tokovni zanki, je odvisno od njihove oddaljenosti od komunikatorja. Uporabljena arhitektura je gospodar-suženj. Za napravo gospodar uporabljajo v podjetju Iskraemeco komunikator P2CBT ter za napravo suženj trifazni elektronski števec MT850.

V eni tokovni zanki je lahko maksimalno število števcov 6 le takrat, ko oddaljenost med njimi ni prevelika. Če je uporabljen samo en števec, se dolžina oddaljenosti podaljša na 5 km v primerjavi z uporabljenimi 4 števci, kjer je ta dolžina 1,2 km. *Slika 3.13* prikazuje način povezovanja elektronskih števcov na skupno CS vodilo. V primeru uporabe dvosmerne komunikacije se uporablja standard IEC 62056-21, način C. Podatkovni prenos je omejen na 2400 baudov [4].

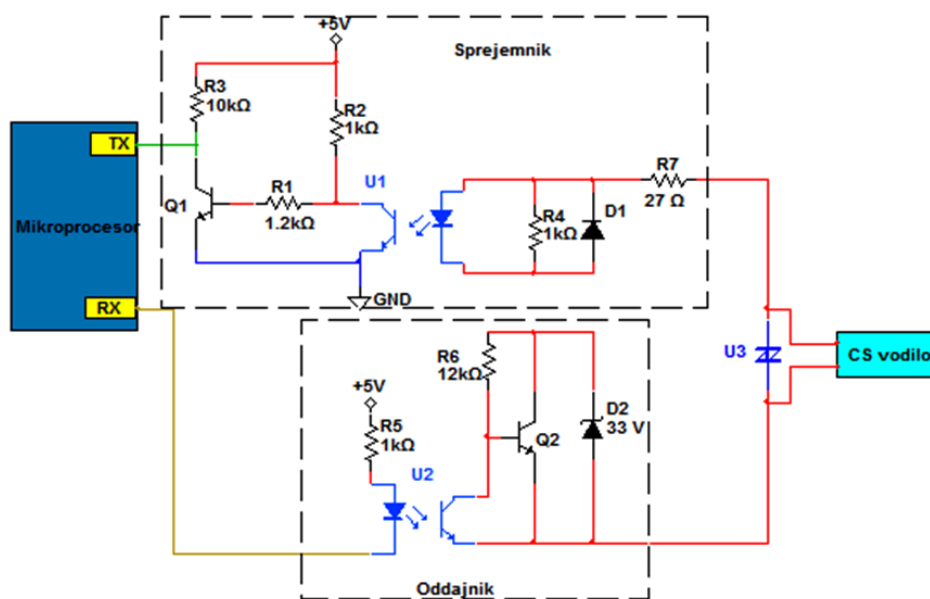


Slika 3.13: Povezava elektronskih števecov na skupno CS vodilo

V števcu je CS komunikacija kot pasivna enota, ki se napaja iz aktivne enote komunikatorja P2CBT. Napetost, ki jo dovaja komunikator v tokovno zanko, je 24 V. Ta zadostuje za povezavo 6 podrejenih enot, ker vsaka podrejena enota potrebuje za pravilno delovanje najmanj 3 V. V tabeli 3.3 so prikazane meje tokovnih nivojev CS komunikacije. Tokovni ter napetostni nivoji so v domeni izdelovalca in ne standarda.

	Območje toka [mA]
Logična »0«	$4 \leq I_{TZ} < 8$
Logična »1«	$8 \leq I_{TZ} < 20$
Prekinjena tokovna zanka oziroma javi kot napako	$I_{TZ} < 4$

Tabela 3.3: Tokovni nivoji CS komunikacije



Slika 3.14: Stikalni načrt vmesnika v elektronskem števcu MT850

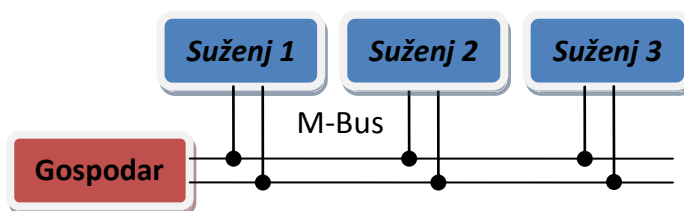
3.4 Vmesnik M-Bus

3.4.1 Pregled M-Bus-a

M-Bus je sistem za daljinsko odčitavanje raznih merilnih naprav, kot so toplotni, vodni in plinski števeci v domovih. Programska oprema omogoča enostavno odčitavanje vseh merilnikov v objektu iz enega mesta. To je velika prednost za gospodinjstva, saj vstop inkasanta v stanovanje ni potreben. Ob podpori posebne programske opreme uporabniku sistem omogoča tudi grafičen prikaz omrežja M-Bus v stanovanju in razporeditev naprav, ki so nanj priključene. Tudi montaža merilnih naprav in priklop na omrežje M-BUS sta enostavna, saj pri standardni topografiji polariteta priključkov ni pomembna [22].

3.4.2 Zgradba sistema

Temelji na hierarhičnem sistemu (gospodar-suženj), pri katerem nadzoruje komunikacijo centralna enota (gospodar). Uporabi se lahko M-Bus centralno enoto, kot tudi nivojski pretvornik s serijskim priključnim mestom RS-232, ali po izbiri druga inteligentna centralna enota. Končne naprave (suženj) so podrejene centralni in so z njo povezane preko enostavne dvožilne M-Bus napeljave (parice). Za kabel vodila se priporoča standardizirani štirižilni telefonski kabel, pri katerem za komunikacijo M-Bus zadoščata dve žili, drugi dve pa sta rezervni. Zgradba omrežja je poljubna. Princip slednjega M-Bus sistema je prikazan na *sliki 3.15*.



Slika 3.15: Bločni diagram sistema M-Bus

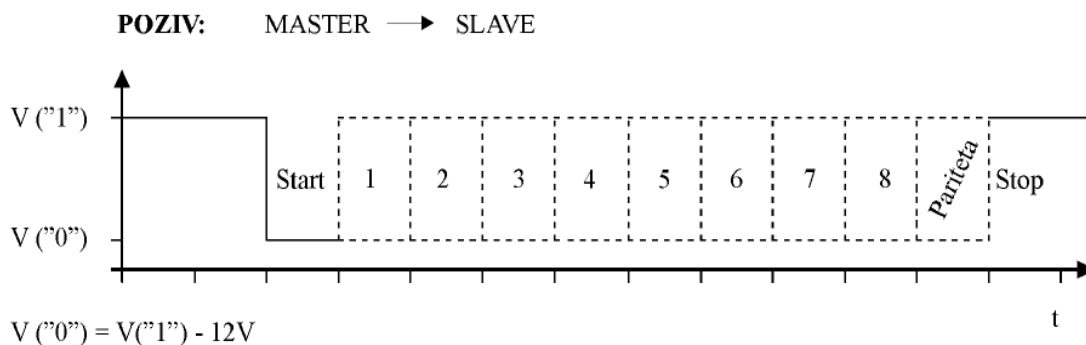
Končne naprave (suženj) so lahko priključene na glavni vod vzporedno ali preko razdelilne doze, v obliki zvezde. Največja razdalja med napravo gospodar in suženj je 350 m, kar ustreza upornosti kabla do 29 Ω . Ta razdalja dovoljuje hitrosti prenosa od 300 do 9600 baudov in priklop do največ 250 naprav suženj na omrežje. Večje razdalje lahko dosežemo z omejitvijo na nižje hitrosti prenosa in z uporabo manjšega števila končnih naprav [22].

3.4.3 Protokol prenosa podatkov

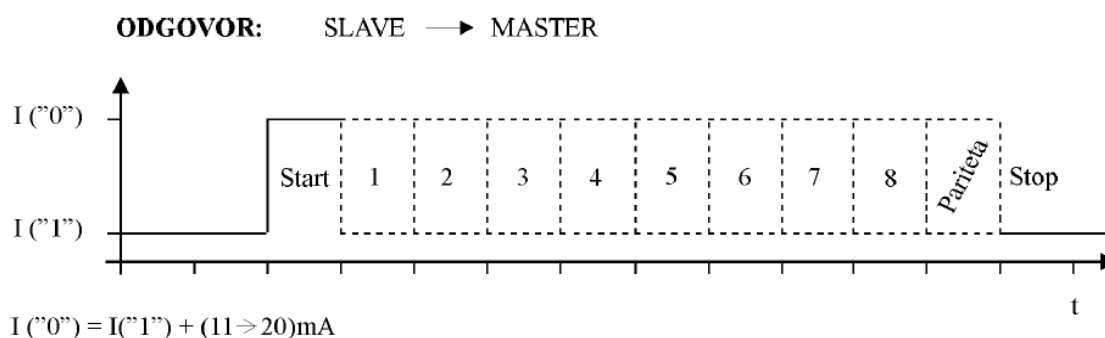
Komunikacija poteka v obliki poziva in odgovarja med vodilno nadrejeno napravo in podrejenimi napravami ter je tipa half-duplex. Podrejene naprave posredujejo svoje podatke le na zahtevo vodilne enote. Zahtevo po posredovanju podatkov lahko odda le nadrejena enota, medtem ko podrejene enote podatke le posredujejo, ne morejo pa jih zahtevati. Prav tako podrejene naprave ne morejo komunicirati med seboj [22].

M-Bus protokol prenosa podatkov temelji na mednarodnem standardu IEC 870-5, vendar ne uporablja vseh njegovih zahtev. Half-duplex prenos podatkov je serijski in asinhroni, kjer je sinhronizacija oddajne in sprejemne postaje dosežena s start in stop bitom za vsak prenesen znak. Hitrost prenosa je lahko med 300 in 9600 baudov. Znotraj telegrama v pošiljanju ne sme biti pavze.

Ko linija ni aktivna, je visok napetostni nivo na liniji »1«. Start bit mora biti na nizkem napetostnem nivoju »0«, in stop bit na visokem »1«. Med njima je 8 podatkovnih bitov in soda pariteta. Podatkovni biti si sledijo v zaporedju od najnižjega (LSB = least significant bit) do najvišjega (MSB = most significant bit). Na *sliki 3.16* je ponazorjen prenos znaka za poziv (gospodar→suženj) ter na *sliki 3.17* prenos znaka ob odgovoru (suženj→gospodar).



Slika 3.16: M-Bus poziv (gospodar→suženj)



Slika 3.17: M-Bus odgovor (suženj→gospodar)

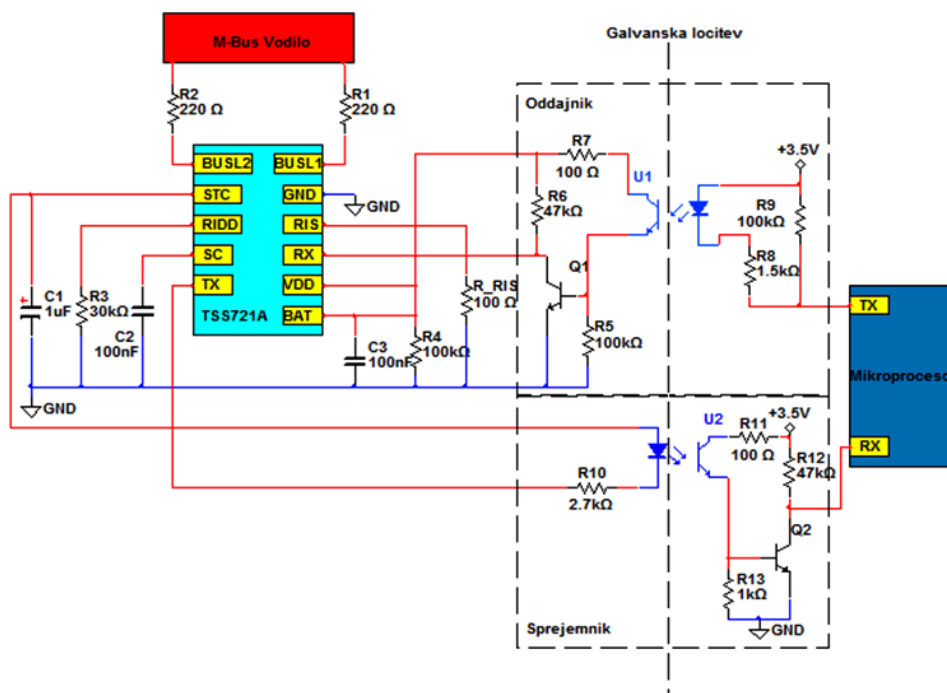
Prenos bitov od nadrejene naprave k podrejenim napravam je definiran z napetostnimi nivoji med obema žilama vodila. Nazivna napetost +36 V na izhodu komunikacijskega krmilnika, ki je del centralne (nadrejene) naprave, ustreza logični »1«. Ko je poslan bit z vrednostjo logične »0«, komunikacijski vmesnik zmanjša napetost na izhodu za 12 V.

Logična »0« je tako definirana z nazivno napetostjo +24 V med žilama vodila M-Bus na *sliki 3.18 (A)*. Biti, poslani iz končne naprave suženj k napravi gospodar, so kodirani z modulacijo porabe toka naprave suženj. Te so konstruirane kot stalni tokovni ponori z dvema različnima vrednostnima toka, za prenos logične »0« oziroma »1«. Tok ponora ne sme variirati za več kot 0,2 % na 1 V spremembe napetosti na vodilu.

V primeru prenosa logične »1«, je specificirana največja vrednost toka 1,5 mA. Ta vrednost, kot najmanjša vrednost, tako predstavlja enoto obremenitve linije. Ob prenosu logične »0« naprava suženj poveča konzumiranje toka za 11 mA do 20 mA. Statični tok, ki ustreza logični »1« (torej do 1,5 mA), lahko izkoristimo tudi za napajanje komunikacijskega vmesnika naprave suženj ali celo naprave same.

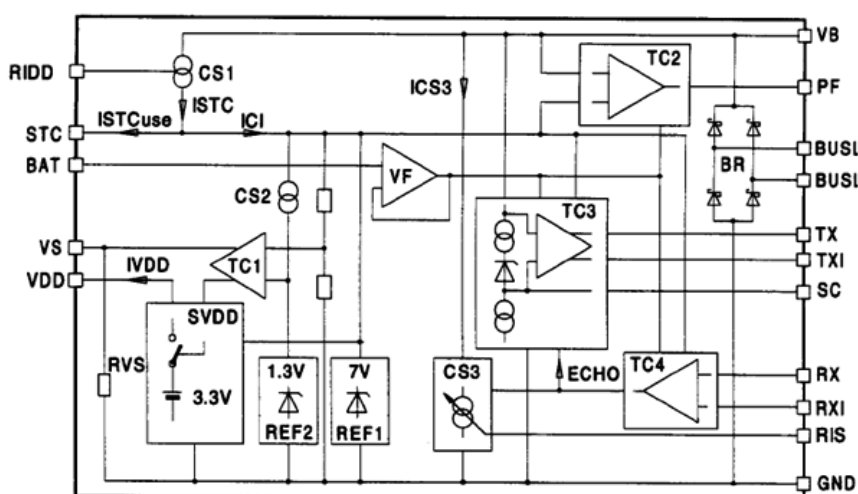
3.4.4 Vmesnik M-Bus v elektronskem števcu

Stikalni načrt vmesnika M-Bus v elektronskem števcu ME342 je predstavljen na *sliki 3.19*.



Slika 3.19: Stikalni načrt vmesnika M-Bus v elektronskem števcu ME345

Glavni del M-Bus vmesnika je integrirano vezje TSS721 proizvajalca Texas Instruments. Le-ta vsebuje oddajnik in sprejemnik, kar z angleškim izrazom poimenujemo »*transceiver*« (transmitter and receiver). Integrirano vezje je predvideno za uporabo v končnih napravah (suženj), kot vmesnik med napravo in vodilom. Bločni diagram vmesnika je na *sliki 3.20*. Integrirano vezje poleg sprejemanja in oddajanja podatkov na linijo, skrbi tudi za pretvorbo podatkov v obliko, ki je razumljiva mikroprocesorju s katerim je integrirano vezje povezano.



Slika 3.20: Bločni diagram integriranega vezja TSS7721

Integrirano vezje TSS721 je sestavljeno iz:

- zaščite proti obrnjeni polariteti (blok BR),
- napajalnika s stalno napetostjo 3,3 V za mikroprocesor (SVDD) in
- indikacije izpada M-Bus linije (TC2); ob izpadu linije se sproži ustrezen signal PF (power fail), da mikroprocesor pravočasno shrani podatke v pomnilnik.

Signal iz M-Bus linije se pripelje na mostični usmernik (BR) preko zunanjih zaščitnih uporov R1 in R2. Omenjeni del skrbi za zaščito pred obratno polariteto priključkov linije, sicer bi bila linija priključena direktno na priključka VB in GND. Na priključku VDD imamo na voljo nazivno napetost 3,3 V, ki jo lahko uporabimo kot napajalno napetost mikroprocesorja podrejene naprave. Priključek VDD dovoljuje stalni povprečni tokovni odjem do 600 μ A. Za kratkotrajne večje tokovne pulze je dodatna energija shranjena v velikem elektrolitskem kondenzatorju C_STC. Ko je vzpostavljena povezava na linijo, se slednji kondenzator napolni na napetost 7 V.

V obravnavanem primeru je napajanje mikroprocesorja števca neodvisno od komunikacijskega vmesnika, saj ima števec svoj napajalnik. Priključek VDD je uporabljen kot priključek stalnega napetostnega vira 3,3 V pri oddajnem krmilnem vezju. Elektronski števec je nadrejena naprava [22, 23].

3.4.4.1 Sprejem

Blok TC3 na bločnem diagramu integriranega vezja TSS721 predstavlja vezje primerjalnika, ki zazna signala iz naprave gospodar. Za pravilno delovanje primerjalnika skrbi zunanji kondenzator C_SC. Slednji se polni v stanju logične »1« in prazni v stanju logične »0« na liniji. S tem skrbi za dinamično prilagajanje napetosti primerjalnika z napetostjo na liniji. Izhod primerjalnika v integriranem vezju TSS721 je povezan na priključno sponko TX, na kateri dobimo signal, primeren za oddajo proti mikroprocesorju naprave suženj Signal TX je na potencialu sponke STC ($\cong 7$ V), kadar ni aktiven sprejem oziroma ob detekciji »1«. Ob detekciji »0« pa je signal TX na potencialu $\cong 1$ V.

Priključna sponka TXI predstavlja invertiran signal TX. Signal TX peljemo preko optičnega sklopnika OC2 in krmilnega vezja do priključne sponke za sprejem podatkov RX na mikroprocesorju elektronskega števca. Optični sklopnik skrbi za galvansko ločitev vezja števca od komunikacije linije M-Bus. Tok iz priključne sponke TX je ob detekciji logične »0« omejen z uporom R na 1,5 mA. Slednji zagotavlja, da je napetost signala na tem priključku tudi pri visokih hitrostih prenosa podatkov stabilna in se ne seseda. Hkrati je tok 1,5 mA dovolj velik, da krmiljenje preko optičnega sklopnika omogoča dovolj hitre preklope končne krmilne stopnje tudi pri najvišji hitrosti prenosa podatkov.

pragovna napetost svetilne diode optičnega sklopnika: $U_{D_{oc}} \cong 2$ V

$$R = \frac{U_{STC} - U_{D_{oc}}}{I_{D_{oc}}} \quad (1)$$

$$\text{želja: } I_{D_{oc}} = I_R = 1,5 \text{ mA} \Rightarrow R = 3,3 \text{ k}\Omega$$

3.4.4.2 Oddaja

Tudi tukaj za galvansko ločitev števca od linije skrbi optični sklopnik. Ta je v primerjavi s sprejemnim delom optičnega sklopnika lahko krmiljen z večjim tokom, katerega posreduje mikroprocesor na oddajno priključno sponko TX. Signal je usmerjen na priključne sponke RX integriranega vezja TSS721, kjer se iz napetostnega preoblikuje v tokovnega (blok TC4) ob pomoči stalnega tokovnega vira CS3.

Ko je na vhodni priključni sponki RX logična »1«, tokovni vir CS3 obremenjuje linijo z mirovnim tokom, ki ne sme biti večji od 1,5 mA. Pri oddaji logične »0« pa TC4 pulzno poveča odjem toka iz linije. Mirovni tok lahko v mejah dovoljenega reguliramo z zunanjim uporom R_RIDD, pulzni tok pa z uporom R_RIS. V samem integriranem vezju je ravno tako realiziran odmev signala (»echo«) iz vhodne priključne sponke RX na izhodni priključek TX, kar mikroprocesorju v števcu omogoča preverjanje oddanih podatkov.

3.5 Vmesnik DLC

DLC (Distribution Line Carrier) ali PLC (Power Line Communication) predstavlja komunikacijsko povezavo med elektronskimi števci in zbiralniki podatkov po močnostnem omrežju. Vse naprave, s katerimi želimo komunicirati, morajo biti na istem močnostnem vodilu, na katerem se nahaja modem DLC. Slednji je namenjen branju in parametriranju elektronskih števecov. Primarni namen močnostnega omrežja je prenos velikih količin električne energije pri frekvenci 50 Hz. Močnostno omrežje ni najbolj primerno za prenos podatkov. Bistvena prednost omrežja DLC je v izkoriščanju že obstoječega močnostnega omrežja za komunikacijo. Z izkoriščanjem omrežja pocenimo vgradnjo vmesnika DLC v stavbe brez vgrajevanja dodatnih komunikacijskih vodov.

Uporabne frekvence za prenos podatkov so v območju od 9 kHz do 148,5 kHz. Frekvenčno območje določa standard EN 50065. Število naprav, ki jih lahko priklopimo na skupno električno omrežje, je pogojeno z razpoložljivim pomnilniškim prostorom v zbiralniku (koncetratorju) ter velikostjo naslovnega prostora, ki je na razpolago [5].

3.5.1 Močnostno omrežje za prenos podatkov

3.5.1.1 Lastnosti omrežja

Prenos podatkov po energetskelem električnem omrežju ima dobre in slabe lastnosti. Dobra lastnost je predvsem v tem, da ni potrebno napeljevati komunikacijskih vodov, ker predstavljajo prevelik gradbeni poseg ter s tem dodatne stroške vgrajevanja. Slabe lastnosti tovrstne komunikacije predstavlja energetska električna mreža, zlasti naslednje.

1. Spreminjanje impedance mreže

Impedanca električnega omrežja se stalno spreminja in je močno odvisna od števila in vrste priključenih porabnikov, od frekvence na kateri oddajamo oz. sprejemamo signale ter od mesta na katerem gledamo vhodno impedanco omrežja. V splošnem se impedanca mreže povečuje s frekvenco.

2. Motnje na mreži

- Vrste motenj delimo na:
 - pulzne motilne signale,
 - posledice vklopov in izklopov induktivnih bremen,
 - periodične motilne signale,
 - naprave, ki se vklaplajo s frekvenco, ki je večkratnik mrežne frekvence,
 - beli šum;

vpliv je možno zmanjšati z višjo stopnjo izhodnega ojačenja oddajnika, z ustreznim filtrom in ojačenjem na vhodu v sprejemni del modema DLC in
 - naprave, ki porabljajo tok v frekvenčnem območju DLC modema.

Najboljše razmerje signal-šum se je izkazalo pri frekvencah nad 50 kHz [5].

3.5.1.2 Tehnike prenosa podatkov po električnem omrežju

Prenos podatkov po električnem omrežju zahteva posebne modulacijske sheme, kot sledeče, ki uporabljajo ozko-pasovno (narrow-band) modulacijo [6].

- *Na osnovi spremembe amplitude (Amplitude Shift Keying - ASK);*
nosilni signal je pomnožen z digitalnim signalom, ki ga želimo prenašati. Modulacija je uporabna znotraj posamezne zgradbe in je zelo dovzetna na motnje.
- *Na osnovi spremembe frekvence (Frequency Shift Keying - FSK);*
izkorišča spreminjanje frekvence sinusnega nosilnega signala in zato dodana interferenca ne more direktno vplivati na nosilno frekvenco in ni vidna, razen če pade razmerje signal-šum pod določeno raven. Ni imuna na motnje iz energetskega okolja in takrat pride v poštev S-FSK modulacija – frekvenci, ki določata logični stanji »1« in »0« sta si za nekaj kHz narazen (tipično 10 kHz).
- *Na osnovi obračanja faze (Binary Phase Shift Keying - BPSK);*
modulacija ima definirane samo dve fazni stanji. Oddajnik za vsak posamezen bit premakne nosilec v predpisano fazo. Modulator ima tako na vhodu samo dve fazi, je ali v fazi ali 180° premaknjen z oziroma na fazo nosilne frekvence (odvisno od vhoda, ki je lahko logična »1« ali »0«) Izkaže se za najboljšo modulacijo.

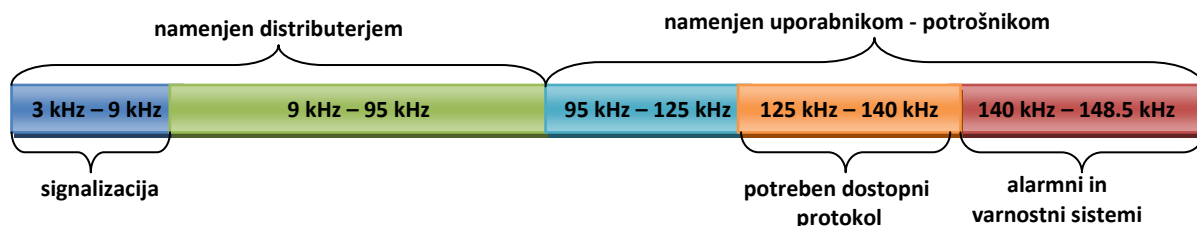
3.5.2 Priporočila za izdelavo vmesnika DLC

Pri načrtovanju vmesnika DLC je potrebno upoštevati standard EN 50065. Slednji velja za električne naprave, ki podatke prenašajo preko nizkonapetostnega električnega omrežja v frekvenčnem območju od 3 kHz do 148,5 kHz.

Standard določa:

- frekvenčni pas,
- mejne vrednosti izhodne napetosti v uporabljenem frekvenčnem pasu in
- mejne vrednosti za sklopljene in sevalne motnje, itd.

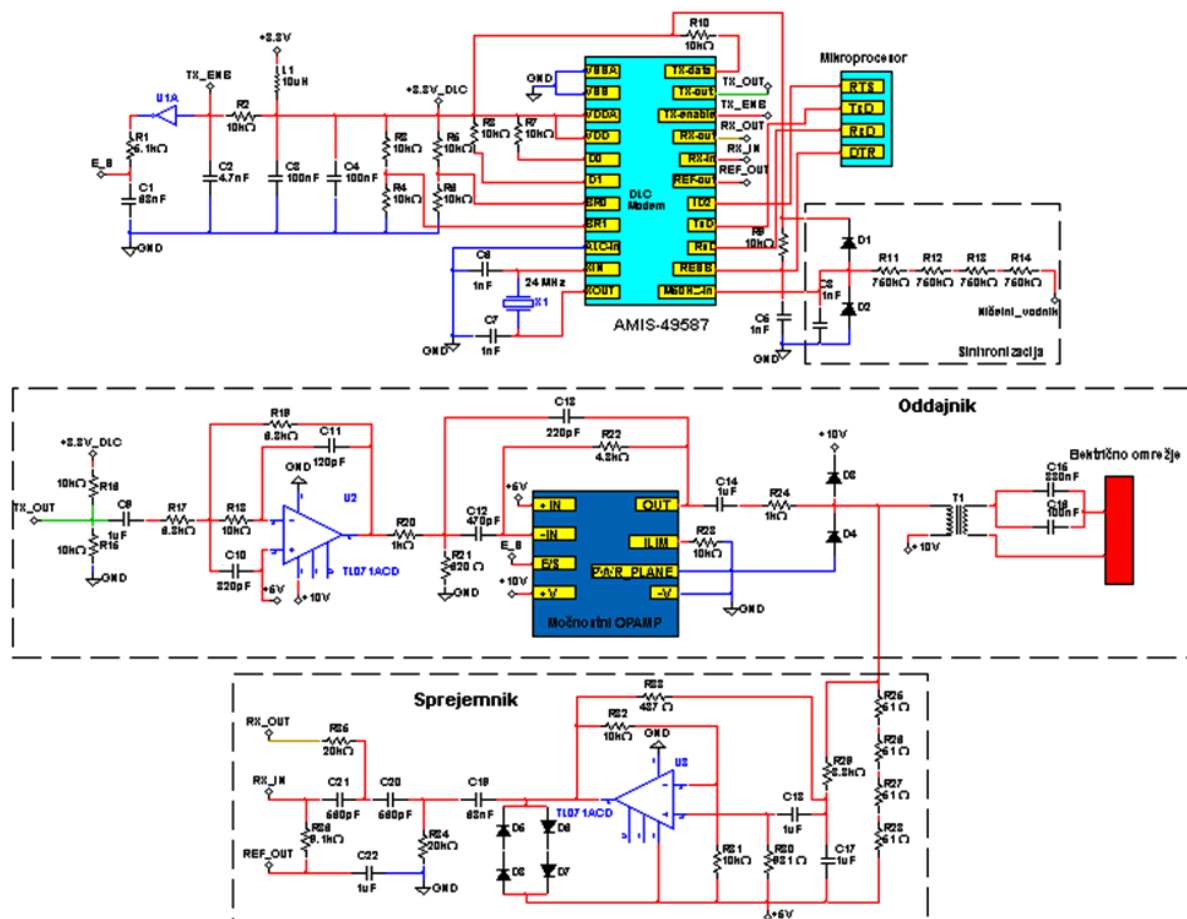
Namen standarda je v preprečevanju medsebojnega motenja posameznih naprav, ki so v omrežju. Komunikacijske frekvence, ki jih določa standard, so razdeljene na *sliki 3.21*.



Slika 3.21: Razdelitev komunikacijskih frekvenc po standardu EN-50065

3.5.3 Vmesnik DLC v elektronskem števcu

Vmesnik DLC je zgrajen okoli integriranega vezja AMIS-49587. Integrirano vezje in pripadajoči elementi so prikazani na stikalnem načrtu; slika 2.22. Vezje v svoji notranjosti skriva integriran modem DLC z vgrajeno modulacijo FSK ali S-FSK. Integrirano vezje je zgrajeno okrog procesorskega jedra ARM 7TDMI ter vsebuje MAC sloj.



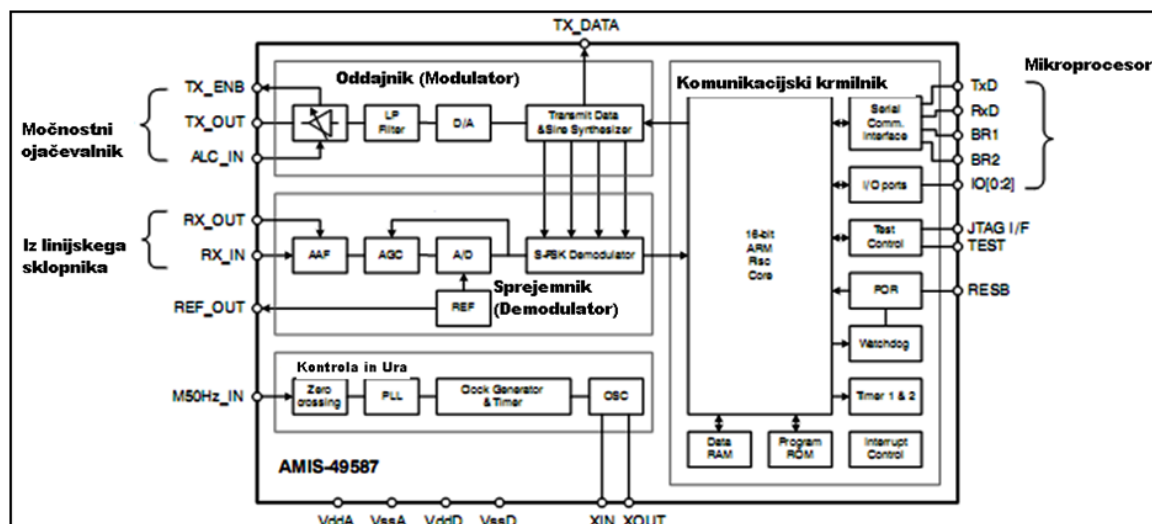
Slika 3.22: Stikalni načrt vmesnika DLC v elektronskem števcu ME342

Komunikacija med mikroprocesorjem števca in AMIS-49587 poteka serijsko (SCI – Serial Communication Interface). Vmesnik DLC je povezan na distribucijsko omrežje preko linijskega dela, ki vsebuje izhodni in vhodni ojačevalnik ter ločilni transformator. Prenos podatkov je tipa half-duplex s hitrostjo prenosa od 300 do 2400 baudov na 50 Hz napajalnem omrežju [24].

Integrirano vezje je sestavljeno iz štirih funkcionalnih blokov:

1. oddajnik (Transmitter),
2. sprejemnik (Receiver),
3. kontrola in ura (Clock and Control) in
4. komunikacijski krmilnik (Communication Controller).

Bloki so prikazani na bločnem diagramu *slika 3.23*.



Slika 3.23: Bločni diagram integriranega vezja AMIS-49587

3.5.3.1 Oddaja

Oddajni blok predstavlja modulacijski del fizičnega sloja. Digitalne podatke, ki jih dobi iz mikroprocesorja (elektronskega števca), modulira z dvema izbranimi frekvencama. Ti dve frekvenci sta programsko nastavljivi s korakom 10 Hz. Modulator ima tabelo, v kateri so zapisane vrednosti sinusnega signala za posamezne frekvence. Pri pošiljanju logične »1« modulator izbere iz tabele sinusne vrednosti za signal s frekvenco f_m (mark carrier) ter pri logični »0« pa izbere sinusne vrednosti za signal s frekvenco f_s (space carrier). Frekvenci f_m in f_s sta si med seboj različni vsaj za 10 kHz in preskok med njima je izveden zvezno (glede na fazo). Ti dve frekvenci sta nato pretvorjeni v analogni signal, ki je filtriran in ustrezno ojačen ter pripeljan na izhodno priključno sponko modema DLC. Močnostno ojačenje (operacijski ojačevalnik z veliko tokovno zmogljivostjo, ker se razmere na mreži izredno spreminjajo) in sklop na omrežje sta izvedena z ustreznimi zunanjimi elementi.

3.5.3.2 Sprejem

Pred sprejemom signalov iz omrežne linije je potrebno postaviti močnostni oddajni operacijski ojačevalnik v visoko izhodno impedanco. Signal sprejemamo v sprejemni blok, ki predstavlja demodulacijski del fizičnega sloja. Preden signal vstopi v sprejemni blok, je sprva pasovno filtriran. Ojačenje signala je programsko določeno in je nastavljivo (AGC = Automatic Gain Control). Demodulacija in modulacija sta izvedeni digitalno. Ko demodulator zazna frekvenco f_s poda komunikacijskemu procesorju vrednost logična »0«, pri zaznavi frekvence f_m pa mu poda vrednost logična »1«. Na vhodu v komunikacijski blok je signal ponovno vzorčen z urinimi pulzi, ki so sinhronizirani z omrežno frekvenco (prehod omrežne napetosti skozi ničlo = ZC (zero crossing detection)).

3.5.3.3 Kontrola in ura

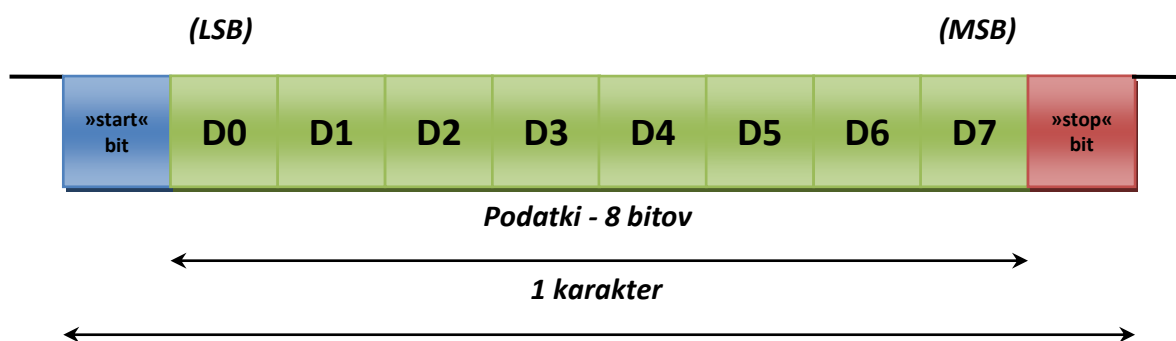
Blok zagotavlja kontrolni in urin signal za celotno integrirano vezje. Urin signal je proizveden z zunanjim 24 MHz kvarčnim oscilatorjem ter je nadziran z notranjim električnim krogom. Deljen urin signal je nato uporabljen za modulator, demodulator in za komunikacijski procesor. Kontrolni blok vsebuje tudi detektor prehoda skozi ničlo za omrežno napetost. Detektor prehoda skozi ničlo je potreben zato, ker standard določa, da mora biti vzorčna frekvenca proporcionalna z omrežno frekvenco, začetki posameznih podatkovnih okvirjev pa sinhronizirani s prehodom omrežnega 50 Hz signala skozi ničlo.

3.5.3.4 Komunikacijski krmilnik

Komunikacijski krmilnik predstavlja inteligentni del integriranega vezja AMIS-49587. Skrbeti mora za pravilen potek komunikacije v dveh smereh. Na eni strani mora komunicirati z bloki fizičnega nivoja (sprejem in oddaja) in na drugi strani z lokalnim mikroprocesorjem elektronskega števca. Komunikacijski krmilnik lahko razdelimo na tri dele:

- procesorska enota,
- SCI vmesnik (hitrosti so od 4800 do 38400 baudov) in
- IO vrata.

Podatkovni format, ki ga pošlje mikroprocesor na vrata SCI vmesnika je prikazan na *sliki 3.24*.



Slika 3.24: Podatkovni format iz mikroprocesorja na vrata SCI vmesnika

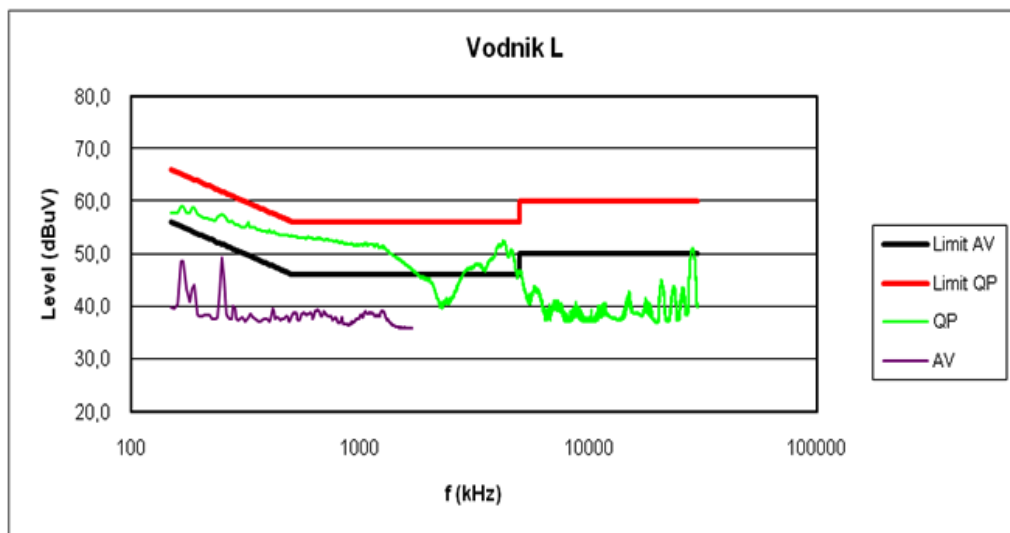
3.5.3.5 Testi uspešnosti komunikacije DLC

Testiranje vmesnika DLC je potekalo po zahtevah CISPR 22 in EN 50065-1 v testnem laboratoriju podjetja Iskraemeco na elektronskem števcu ME371 [4]. Impedanca in konduktivnost sta merjeni na umetni mreži. Umetno mrežo predstavljata pasivni filter za konduktivne motnje iz omrežja ter hkrati napetostni vir z upornostjo 50 Ω gledano s priključnih sponk merjene naprave.

3.5.3.5.1 Konduktivne motnje

Konduktivne motnje so tiste, ki jih naprava oddaja v okolico in so definirane kot električni signal (tok ali napetost, ki ima izvor v napravi in se po priključenih sponkah širi v okolico). Njegova frekvenčna vsebina je med 150 kHz in 30 MHz. Merilni postopek definira standard CISPR 22. Zahteva priporočila je, da konduktivne motnje ne smejo vplivati na ugotavljanje ustreznosti merjene naprave.

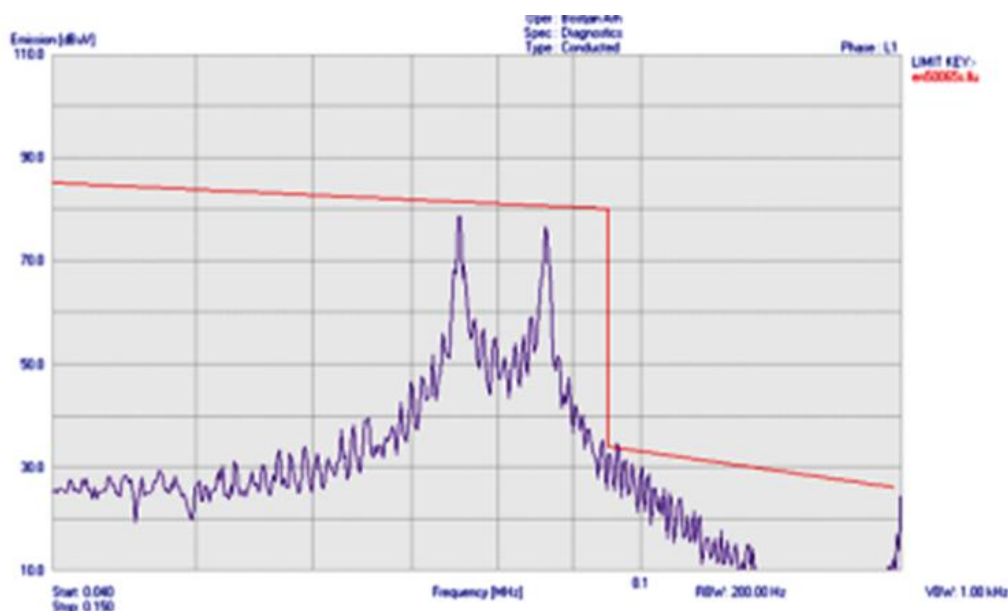
Na omrežne vodnike priklopimo generator motenj, ki »vbrizgava« visokofrekvenčne napetostne konduktivne motnje. Podane so meje v katerih mora komunikacija še vedno delovati ne glede na motnje. *Slika 3.25* prikazuje konduktivne motnje na faznem vodniku L. Na grafu sta bistveni krivulji QP (zelena), ki označuje dejanske motnje ter Limit QP (rdeča), ki označuje meje določene iz standarda.



Slika 3.25: Konduktivne motnje po faznem vodniku L vmesnika DLC

3.5.3.5.2 Napetostni nivoji oddajnega signala

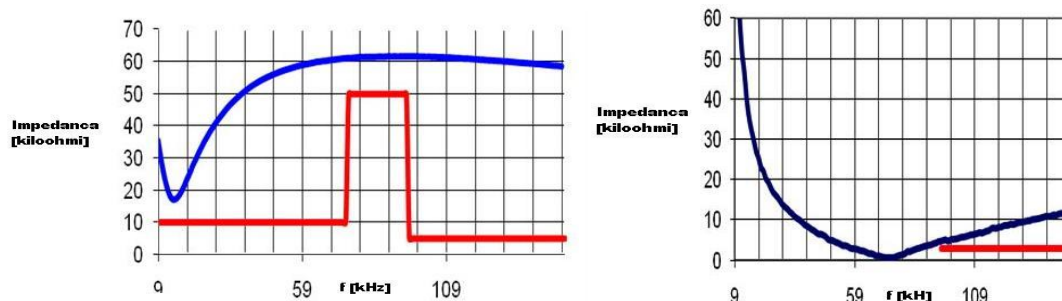
Napetostni nivoji pri oddajanju (vijolična karakteristika) morajo biti pod nivoji, ki jih določa standard (rdeča karakteristika); *slika 3.26*.



Slika 3.26: Napetostni nivo oddajnega signala iz vmesnika DLC

3.5.3.5.3 Izhodna impedanca

Izhodna impedanca je bistvenega pomena pri komunikaciji vmesnika DLC. Če ne ustreza zahtevam standarda, komunikacija ne bo potekala v primeru sprejema (visoka impedanca) ali pri oddaji (nizka impedanca). Prikazane meritve impedanc so na *sliki 3.27*.



Slika 3.27: Izhodna impedanca vmesnika DLC pri sprejemu (levo) ter pri oddaji (desno)

3.6 Vmesnik Ethernet

Poleg obstoječega električnega omrežja, ki ga lahko koristimo v komunikacijske namene, imamo v sodobnem času vedno več gospodinjstev ter industrije z omrežjem Ethernet. To dejstvo nam ponudi možnost izkoriščanja le-tega v komunikacijske namene elektronskih števecov. S tem se izognemo grobemu posegu v električno infrastrukturo.

Skupek standardov (IEEE 802.3), ki mu pravimo Ethernet, določa, kako se podatki fizično prenašajo po žici. Idejna zasnova Etherneta sega v leto 1975, standard pa je bil sprejet leta 1980. K velikemu razmahu Etherneta so po eni strani pripomogli proizvajalci, ki so se precej dobro držali standarda, po drugi strani pa preprostost postavitve in ugodna cena glede na druge oblike računalniških omrežij.

Poznamo štiri vrste vodnikov za prenos podatkov:

- **Thick Ethernet ali 10Base5;**
prva izvedba standarda pri katerem so se podatki prenašali po debelem koaksialnem kablu, ki ga danes vidimo le še na kakšnem inštitutu v testne namene. Pravilen priklop kabla potrebuje napravo, ki vsebuje sprejem in oddajo in jo bolje poznamo pod imenom »transciever« ter ustrezen T-člen. Prenos podatkov je half-duplex.
- **Thin Ethernet ali 10Base2;**
uporablja tanjši in cenejši koaksialni kabel. V današnjih časih nima smisla postavljati koaksialnih povezav, ker ne zmorejo današnjih zahtev po hitrosti.
- **10BaseT;**
koaksialni kabel je zamenjan z UTP kablom, ki ima štiri prepletene parice. Poleg UTP kabla se uporabljajo še FTP oziroma STP kabli, ker imajo okoli paric zaščitno folijo za zmanjševanje vplivov elektromagnetnih sevanj iz okolice (UTP in koaksialni kabli niso primerni za vzporedno povezavo z električnim omrežjem).
- **100BaseTX;**
topologija in lastnosti so zelo podobne 10BaseT, le da je zanesljivost omrežja precej odvisna od kvalitete kablov, predvsem pa od tega, kako so narejeni konektorji. So bolj občutljivi na elektromagnetne motnje. Za daljše povezave se uporablja standard 10BaseFX.

Z uporabo 10BaseT se spremeni tudi topologija omrežja. Do uporabe slednjega so bile vse postaje nanizane ob eni žici, sedaj pa poteka do vsake postaje UTP kabel. Zaradi uporabljenih štirih paric je možno pošiljati in prejemati podatke istočasno ter delo v načinu full-duplex. Za daljše povezave se uporablja 10BaseFX (Ethernet preko optičnih povezav). Optične povezave so neobčutljive na elektromagnetne motnje in imajo precej manjšo izgubo signala kot bakreni vodniki ter so predvsem primerni za večje razdalje.

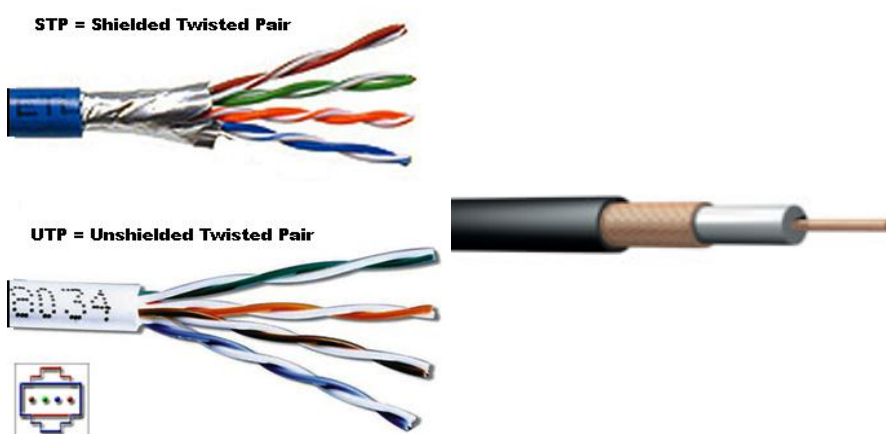
V današnjih časih je možno prenašati podatke s hitrostjo enega gigabita na sekundo. Vendar se za te povezave priporoča optične kable zaradi boljše zanesljivosti. Tudi deset gigabitni Ethernet je že uradni standard [3, 25], uporablja pa predvsem optične povezave.

3.6.1 Vodniki in konektorji

Vse omrežne naprave uporabljajo standardne RJ-45 konektorje in UTP (maksimalna uporabljena dolžina kabla je 100 m) ali pa STP vodnike, starejše naprave uporabljajo koaksialne vodnike RG-58 z BNC konektorji. UTP vodniki so ločeni po kategorijah električnih lastnosti. Kategorija 3 je primerna za telefonijo oziroma za 10 megabitno povezavo, kategorija 5 je primerna za 100 megabitno povezavo ter kategorija 6 za gigabitno povezavo. Predstavljeni Ethernet konektorji so na *sliki 3.28* in vodniki na *sliki 3.29*.



Slika 3.28: RJ – 45 (levo) in BNC konektor (desno)



Slika 3.29: STP, UTP (levo) in RG – 58 (desno) vodniki

3.6.2 Prenosi

Po standardu IEEE 802.3 se uporablja za kodiranje in dekodiranje Manchester koda. *Slika 3.30* prikazuje tipičen podatkovni okvir, ki se prenaša po Ethernet vodilu. Podatkovni okvir je sestavljen iz (iz leve proti desni):

- glave (Preamble),
- začetnega razmejevalnika okvirja (SFD-Start Frame Delimiter),
- cilja (Destination),
- izvora (Source),
- tipa (Type),
- podatkov(Data) in
- polja za preverjanje okvirja oziroma 32-bitno ciklično preverjanje redundance (CRC – Cyclic Redundancy Check).

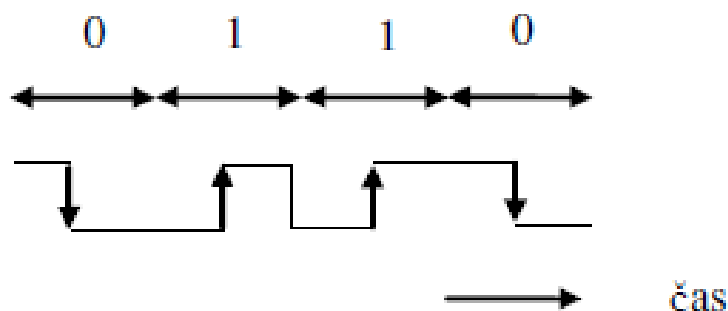


Slika 3.30: Ethernet podatkovni okvir

Pri Manchester kodiranju je prehod signala z enega nivoja na drugi nivo na sredini trajanja vsakega bita *slika 3.31*. Regularni prehodi omogočajo enostavno sinhronizacijo sprejemne ure na bitni tok. Slabost slednjega je, da imajo nekateri biti dvojni prehod signalnega nivoja, zato je baudna hitrost dvakrat večja od podatkovne [27].

Pošiljanje logičnih stanj pri:

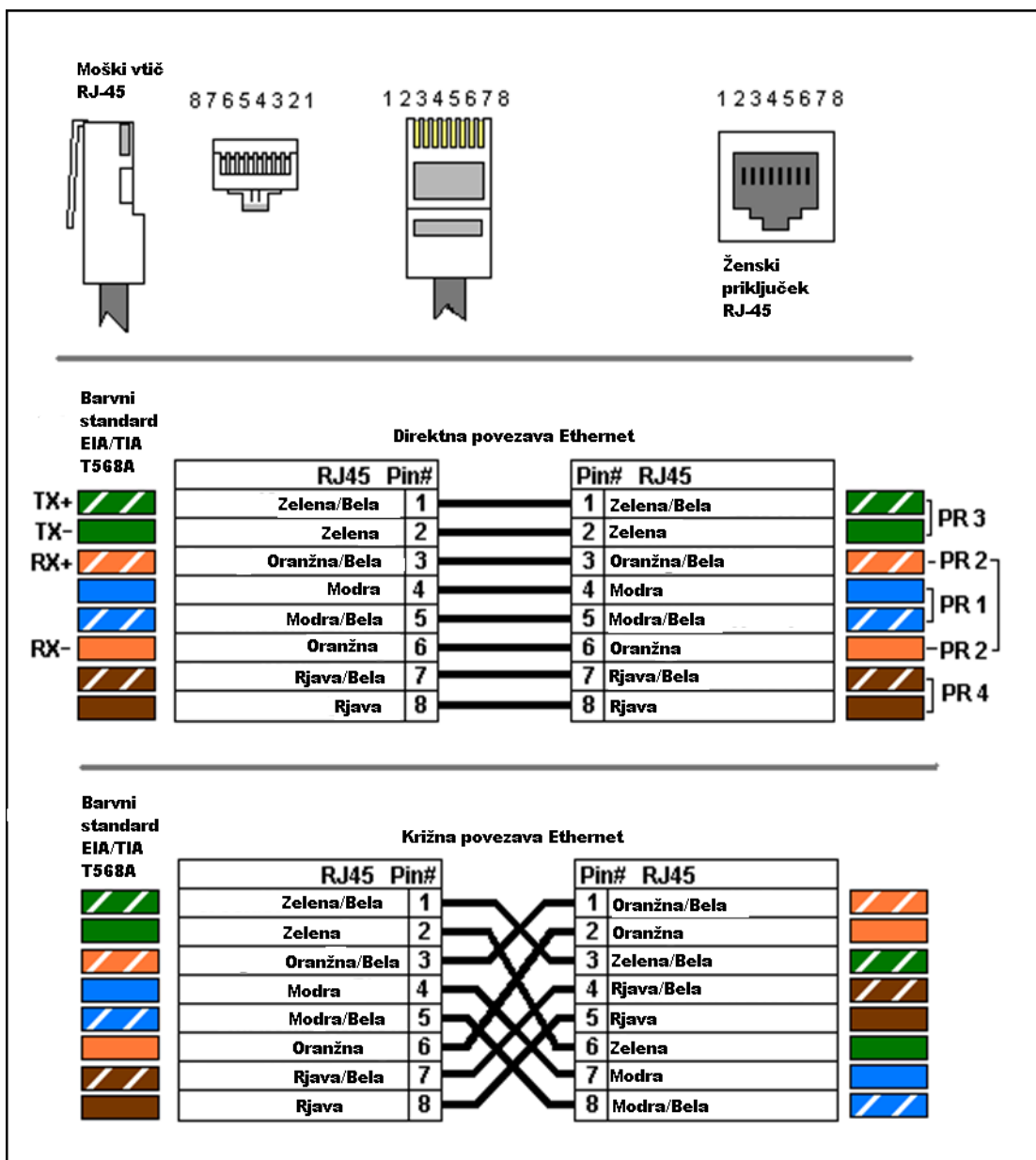
- logični »0« - negativni prehod (navzdol) in
- logični »1« - pozitivni prehod (navzgor).



Slika 3.31: Časovni okvir signala pri Manchester kodiranju

Konektorji RJ-45 imajo 8 vodnikov ter imajo vnaprej določene barve po standardu EIA/TIA T568A za predvideno komuniciranje preko Etherneta. Standardi do 100BaseFX uporabljajo 4 vodnike (TX+, TX-, RX-, in RX+) v primerjavi z gigabitnim Ethernetom, ki uporablja vseh 8 vodnikov.

Direktno komuniciranje z napravami preko istega Ethernet vodila potrebuje križno povezovanje (cross-over). Direktno povezovanje je možno le med stikali ali koncentratorji in napravami, ne pa med napravami. Slika 3.32 prikazuje pravilno razporeditev vodnikov, ki je potrebna za križno ali direktno povezovanje med napravami.

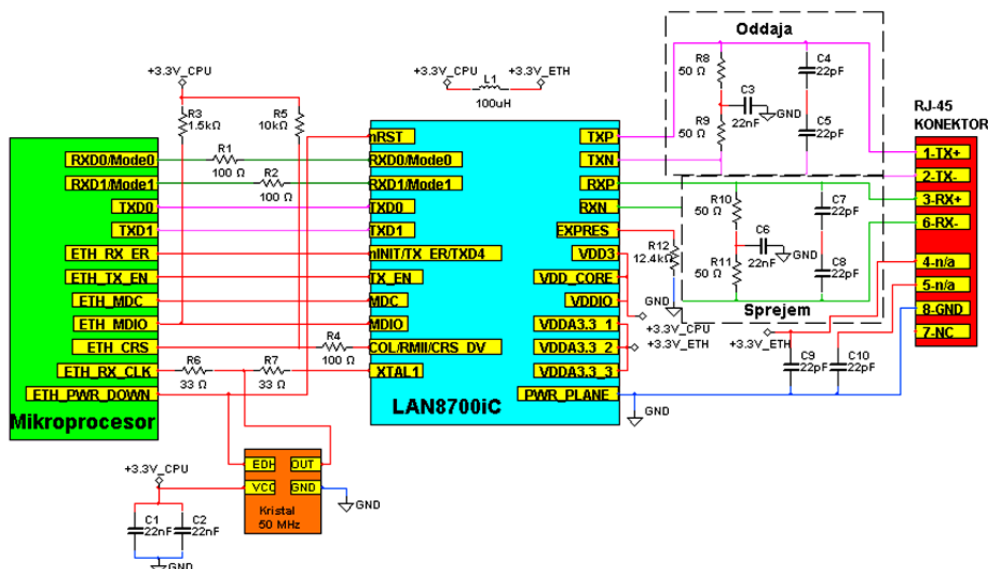


Slika 3.32: Ethernet signali in povezave med napravami

3.6.3 Vmesnik Ethernet v elektronskem števcu

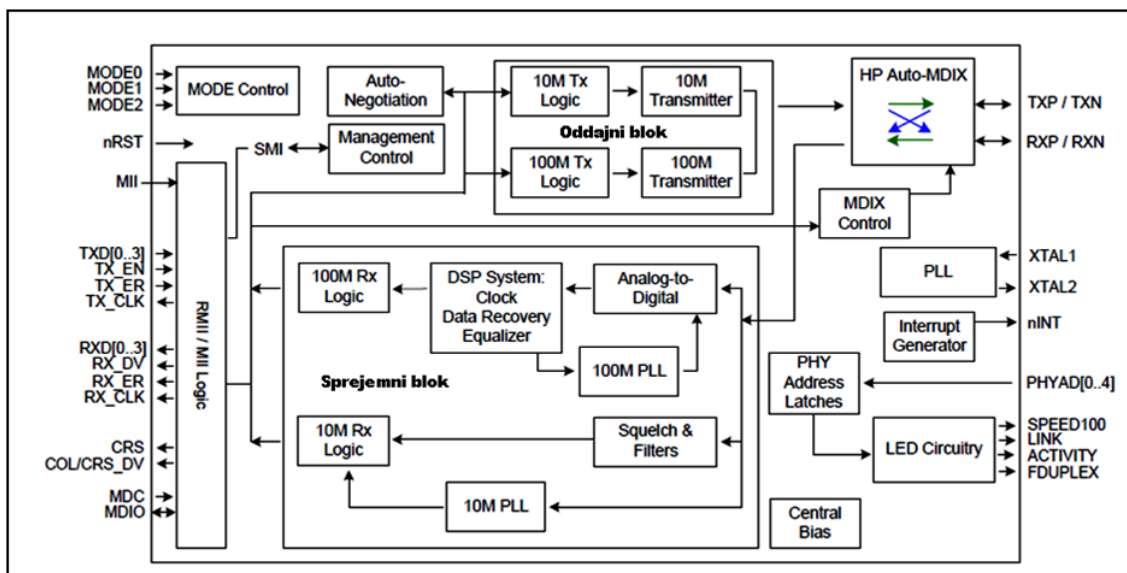
Podjetje Iskraemeco razvija industrijski trifazni elektronski števec MT870 s komunikacijskim vmesnikom Ethernet, ki izkorišča industrijsko Ethernet omrežje. Do sedaj so se uporabljali zunanji moduli Ethernet, ki so se naknadno namestili na elektronske števce. Vmesnik Ethernet je izdelan po protokolu 10BaseT, ki omogoča hitrosti prenosa podatkov do 10 megabitov na sekundo oziroma 1,25 MB na sekundo.

Konektor RJ-45se uporablja za izkoriščanje full-duplex prenosa. Sporazumevanje med napravami, ki vsebujejo komunikacijske vmesnike, kot so Ethernet, GSM in GPRS, se za prenos podatkov upošteva protokol IEC 62056-62. Na *sliki 3.33* je predstavljen aktualni stikalni načrt vmesnika Ethernet v elektronskem števcu MT870.



Slika 3.33: Stikalni načrt vmesnika Ethernet v elektronskem števcu MT870

Osrednji del vezja vmesnika Ethernet je integrirano vezje LAN8700iC[25] s funkcijo transciever-ja (sprejem in oddaja v istem ohišju), ki istočasno sprejema ali oddaja. Ne zahteva veliko dodatne periferije za delovanje ter ima nizko napajalno napetost 3,3 V. Bločni diagram integriranega vezja je prikazan na *sliki 3.34*, iz katerega je jasno razvidna arhitektura sprejemnega in oddajnega dela.



Slika 3.34: Bločni diagram integriranega vezja LAN8700iC

Signale TXP/TXN in RXP/RXN je potrebno galvansko ločiti od Ethernet vodila s primernim ločilnim transformatorjem. Podatke sprejema in oddaja mikroprocesor elektronskega števca MT870.

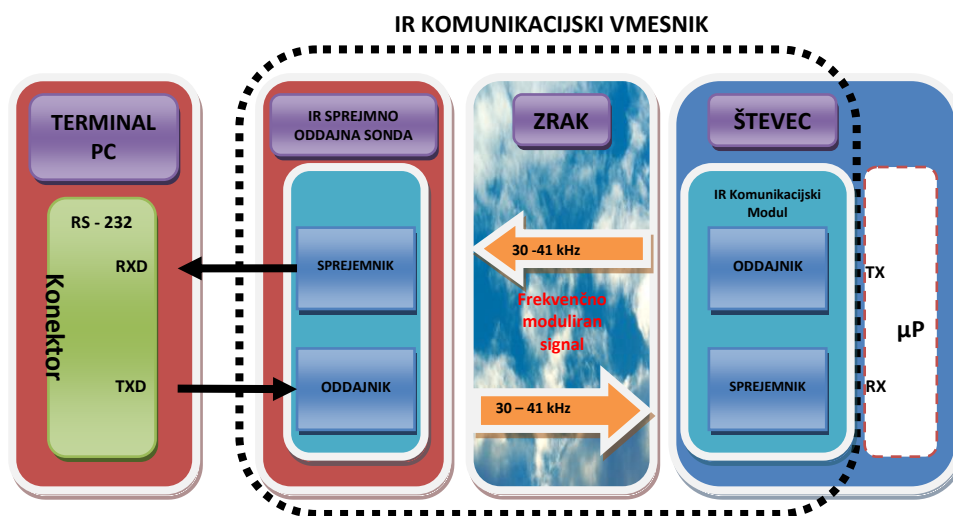
3.7 Vmesnik IR

Namen vmesnika IR je vzpostaviti brezžično povezavo med števcem in osebnim računalnikom. Komunikacija je serijska z asinhronim prenosom tipa half-duplex, ki uporablja frekvenčno moduliran signal. Modulacijska frekvenca je običajno med 30 kHz in 41 kHz. Pri števcu ME162 je to 2^{15} Hz torej 32,768 kHz. Slednja frekvenca je uporabljena zato, ker je to lastna frekvenca oscilatorja v števcu ME162 [4].

Elektronski števec ter sonda s priključkom RS-232 (priklop na osebni računalnik ali prenosni terminal) vsebujeta sprejemno-oddajni modul. Bločni diagram komunikacijske povezave med sondo in elektronskim števcem je prikazan na *sliki 3.35*.

Vmesnik IR mora upoštevati naslednje zahteve:

- Uspešno delovanje na razdalji do 5 m,
- hitrost prenosa 1200 baudov,
- sprejemno-oddajna sonda mora delovati brez zunanjega vira energije; napajanje iz priključnih sponk RS-232 priključka,
- nizka cena in
- zadostiti je potrebno osnovnim zahtevam tudi ob prisotnosti motilnih dejavnikov (dnevna ali umetna svetloba).



Slika 3.35: Bločni diagram komunikacije IR med sondo in elektronskim števcem

3.7.1 Sprejemno – oddajna sonda

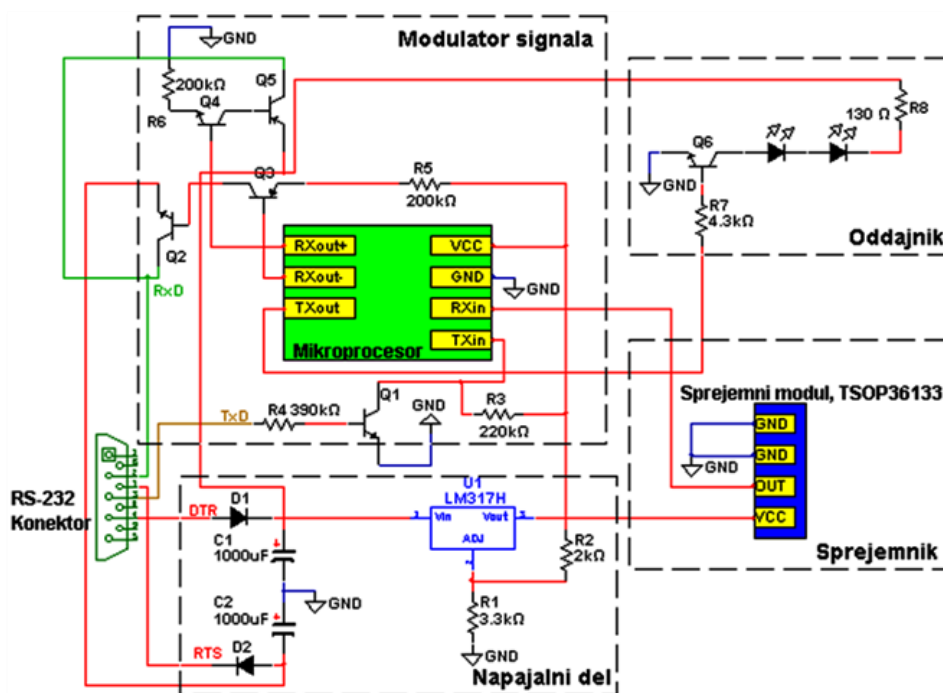
Sondo (*slika 3.37*) se priključi na serijska vhid osebnega računalnika ali terminalne postaje. Komunikacija med sondo in osebnim računalnikom poteka po standardu RS-232. Stikalni načrt vmesnika IR je na *sliki 3.36*.

Potrebujemo 5 priključkov, ki so:

- RX – sprejem podatkov (receive data),
- TX – oddaja podatkov (transmit data),
- RTS in DTR – priključki kontrolnih signalov, ki so uporabljeni za napajanje sonde in
- GND – referenčni potencial.

Sonda ima 4 podsklope:

1. napajalni del,
2. oddajnik,
3. sprejemnik in
4. vezje za modulacijo signala.



Slika 3.36: Stikalni načrt vmesnika IR sprejemno-oddajne sonde



Slika 3.37: Sprejemno-oddajna sonda IR, produkt podjetja Iskraemeco

3.7.1.1 Napajalni del sonde

Napajanje, ki ga potrebuje sprejemno-oddajna sonda, dobimo iz priključka RS-232 osebnega računalnika ali terminalne postaje. Vir napajanja dobimo iz dveh priključnih sponk konektorja RTS (negativno napetost -12 V) in DTR (pozitivno napetost +12 V).

Napajalno vezje je sestavljeno iz dveh delov:

1. Kondenzatorski napajalnik:

Iz napajalnika dobimo 12 V neregulirane napetosti, ki ob oddajanju zagotavlja dovolj velik krmilni tok skozi oddajni diodi. Ob oddajanju je pulzni krmilni tok skozi oddajni IR diodi približno 50 mA, kar zagotovi stabilno komunikacijo tudi na razdalji več metrov. Zaradi visokih tokovnih pulzov napajalne zmožnosti vodila DTR ne bi zadostovale.

2. Regulator napetosti:

Z linearnim regulatorjem dobimo 3,5 V napetosti za napajanje mikroprocesorja MSP430F1111A in sprejemnega modula TSOP36133TR [15, 27].

3.7.1.2 Oddaja sonde

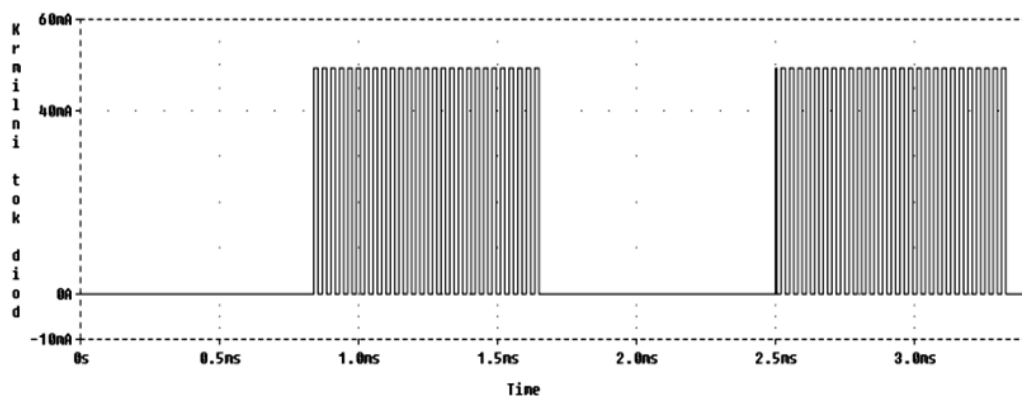
Za oddajanje moduliranega signala sta uporabljene dve IR oddajni diodi proizvajalca Vishay TSAL6200 [28]. Z uporabo dveh diod je emisija IR svetlobe intenzivnejša, kar omogoča daljši domet. Tranzistor je uporabljen za krmiljenje toka, ki teče preko oddajnih diod in je omejen z uporom R. Pravilno vrednost upora R izračunamo iz enačbe (2):

$$U_{DTR} \cong 12 \text{ V}, \quad U_{Dk} \cong 0,6 \text{ V}, \quad U_{D1} = U_{D2} \cong 2 \text{ V}, \quad U_{CE} \cong 0,6 \text{ V}$$

$$R = \frac{U_{DTR} - U_{Dk} - U_{D1} - U_{D2} - U_{CE}}{I_C} \quad (2)$$

$$\text{Želja: } I_C = I_{D1} = I_{D2} = 50 \text{ mA} \Rightarrow R = 130 \, \Omega$$

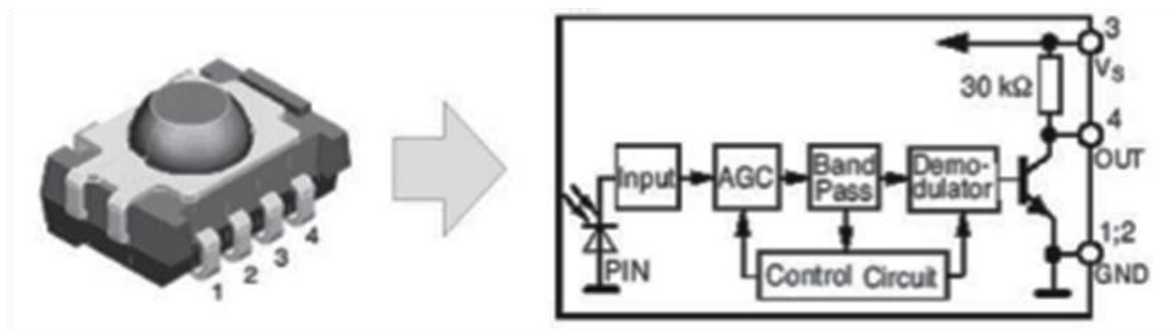
Krmiljen signal za tranzistor je frekvenčno moduliran signal TX iz mikroprocesorja. Tako vsak bit logične »1« podatka oddamo v obliki niza pulzov emitirane IR svetlobe s frekvenco 32,768 kHz. *Slika 3.38* nam prikazuje niz bitov 0101 pri hitrosti prenosa 1200 baudov.



Slika 3.38: Krmilni tok oddajnih IR-diod

3.7.1.3 Sprejem sonde

Sprejemni del vsebuje integrirano vezje TSOP36133TR iz družine sprejemniških modulov TSOP proizvajalca Vishay [28]. Sprejme frekvenčno moduliran signal, ga demodulira in ojači. Vezje je samostojno in ne rabi dodatnih elementov. Bločni diagram ter ohišje integriranega vezja sta prikazana na *sliki 3.39*.

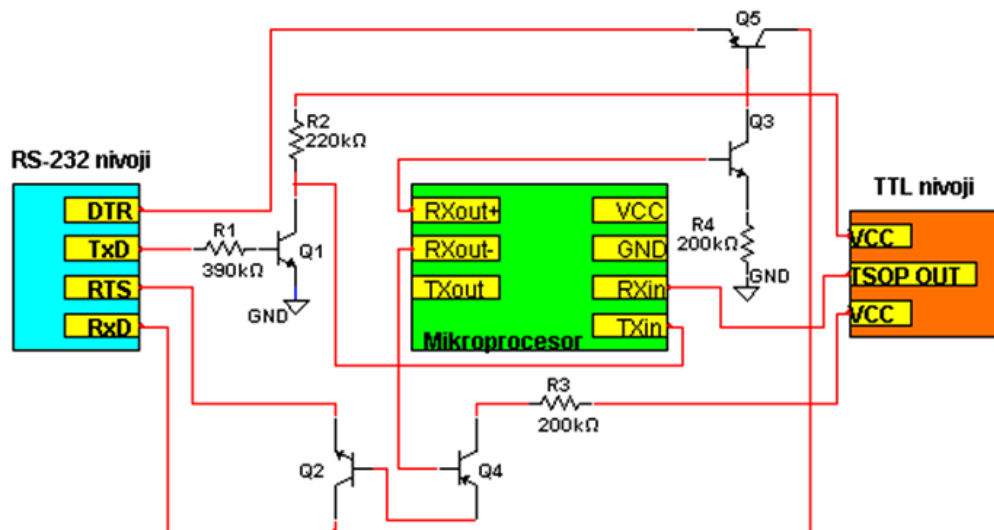


Slika 3.39: Ohišje in bločni diagram IR sprejemno-oddajnega modula TSOP36133TR

3.7.1.4 Vezje za modulacijo signala

Signal na izhodu sprejemnega modula je digitalen s TTL logičnimi nivoji. Logična »1« je na napajalni napetosti 3,5 V, logična »0« pa na ničelnem potencialu 0 V. Te napetosti niso prilagojene nivojem po standardu RS-232 in jih je potrebno prilagoditi. Na trgu obstajajo integrirana vezja za prilagoditev napetostnih nivojev (MAX232, ...) ampak za naše zahteve so neuporabna, ker imajo preveliko porabo energije. Uporabljena je rešitev na *sliki 3.40*, ki je bila omenjena v *poglavju 3.1.3*.

TTL signal iz sprejemnega modula, ki je vezan na vhod RXin mikroprocesorja, najprej s pomočjo mikroprocesorja umetno ločimo na signala RXout+ (ob logični »1«) in RXout- (ob logični »0«) ter ju med seboj nekoliko zakasimo. Ta signala nadalje krmilita vsak svoj del vezja, ki oblikuje signal RX, primeren za sprejem po standardu RS-232. Z ločitvijo signala se izognemo težavam ob preklopu iz enega v drugo logično stanje. Ker preklopi tranzistorjev niso trenutni, bi se ob prehodu logičnih stanj lahko zgodilo, da bi bili na priključek RX hkrati odprti obe poti iz priključka DTR in RTS, kar bi povzročilo uničenje vezja.



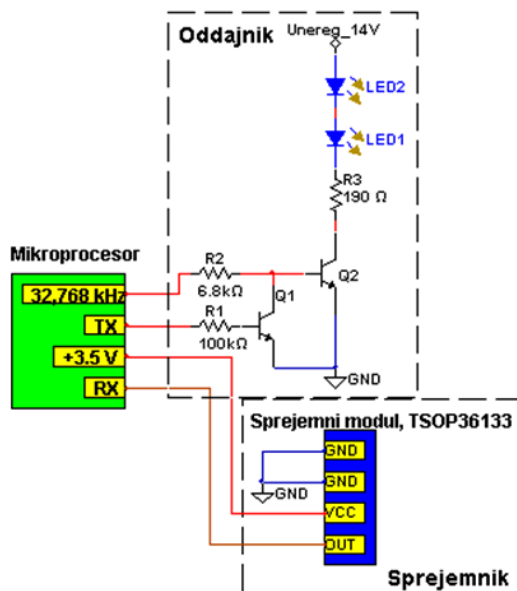
Slika 3.40: Stikalni načrt za prilagoditev napetostnih nivojev pri vmesniku IR

3.7.2 Sprejemno – oddajni IR modul v elektronskem števcu

Modul je sestavljen iz dveh sklopov:

1. sprejemnik in
2. oddajnik.

Sklopa sta predstavljena na *sliki 3.41*.



Slika 3.41: Stikalni načrt sprejemno – oddajnega IR vmesnika v elektronskem števcu

Za sprejemno vezje je uporabljen enako vezje kot pri sondi TSOP36133TR, prav tako je oddajnik podoben tistemu v sondi, le da v tem primeru oddajni signal TX, ki ga dobimo iz mikroprocesorja, še ni frekvenčno moduliran. Obliko toka skozi oddajni IR diodi ob oddaji niza 0101.. prikazuje *slika 3.38*.

Potrebno je paziti, da sta oddajnik na eni in sprejemnik na drugi napravi uglasena. Poseben poudarek je bil namenjen izbiri sprejemnega modula, ker mora sprejemnik ustrezati modulirani frekvenci 32,768 kHz. Kot najustreznejši se je izkazal TSOP36133TR. Modulirana frekvenca ni zadosten pogoj za ujemanje sprejemnika in oddajnika, saj se morata le-ta ujemati tudi v valovni dolžini oddajne LED diode in sprejemne diode. V telekomunikacijah se uporablja območje med 850 nm in 1550 nm – spada v bližnje infra-rdeče območje. Uporabljeni sprejemnik ima največjo občutljivost za svetlobo valovne dolžine 950 nm, kar diktira izbiro oddajnih IR diod.

3.8 Optični vmesnik IR

Optični IR vmesnik je eden od osnovnih načinov komuniciranja v elektronskih števcih. Namenjen je odčitavanju in parametriranju elektronskih števcov na samem kraju. Komunikacijska povezava je serijska z asinhronim prenosom tipa half-duplex. Vmesnik ustreza zahtevam standarda IEC 62056-21, ki je predhodnik standarda IEC 1107 [4]. Slednji standard je namenjen avtomatskemu merjenju in nadzoru električne energije in je največkrat uporabljen v industriji kot komunikacijski protokol.

Podatkovni okvir, ki ga zahteva standard IEC 62056-21, je sestavljen iz:

- start bita,
- stop bita,
- števila podatkovnih bitov: 7 in
- paritetnega bita; soda pariteta.

Podprte so hitrosti prenosa: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 in 19200 baudov. Standard zahteva, da se valovna dolžina infrardečega oddanega signala giblje med 800 nm in 1000 nm.

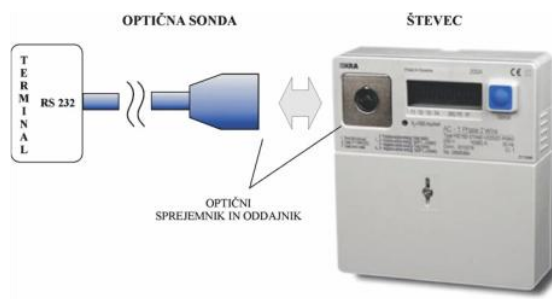
Obliko podatkovnega okvirja predstavlja *slika 3.42*.



Slika 3.42: Podatkovni okvir po standardu IEC 62056-21

Optični vmesnik IR ni namenjen komuniciranju s števcem na daljavo, saj se za vzpostavljane komunikacije uporablja posebna optična sonda, ki se jo prisloni na prosojno okence na ohišju števca (*slika 3.43*). Pod prosojnim okencem sta nameščeni sprejemni in oddajni IR diodi vmesnika. Sonda je preko serijskih vrat RS-232 povezana z osebnim računalnikom ali terminalom.

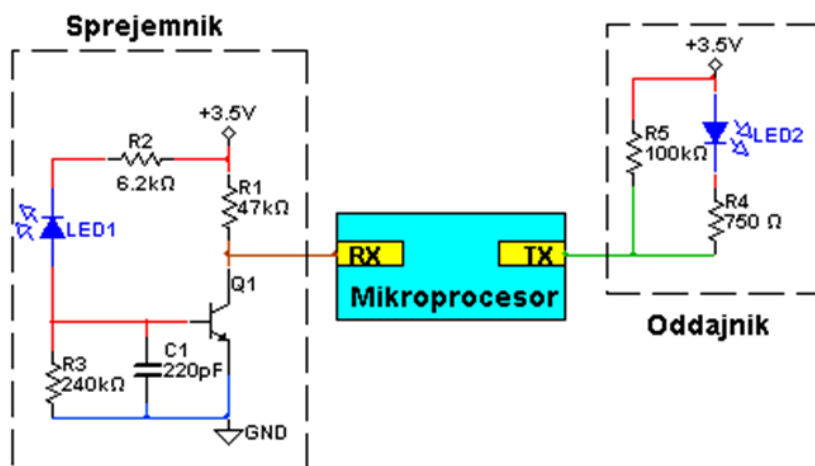
Ker sta sonda in števec na majhni razdalji, zunanja svetloba ne vpliva na komunikacijo, tako da ni nobene potrebe po frekvenčni modulaciji. Če bi bila razdalja daljša, bi bilo potrebno uporabiti frekvenčno modulacijo [4].



Slika 3.43: Optična komunikacija Ir med elektronskim števcem ter sondo

3.8.1 Vezje optičnega vmesnika IR v elektronskem števcu

Stikalni načrt optičnega IR vmesnika v elektronskem števcu ME162 je prikazan na *sliki 3.44*. V komunikacijskem modulu oddajnik uporablja IR LED diodo HSDL4420, ki emitira svetlobo valovne dolžine 875 nm; krmiljena je z oddajnim TX signalom iz mikroprocesorja. Tok skozi diodo je z uporom R omejen na približno 2 mA, kar je dovolj zaradi majhne razdalje in odpravljenega zunanje motilne svetlobe.



Slika 3.44: Stikalni načrt optičnega vmesnika IR v elektronskem števcu ME162

Detektor svetlobe v sondi je dioda IR HSDL5420, ki ima največjo občutljivost pri valovni dolžini 900 nm. Ob prisotnosti svetlobnega pulza, postane dioda prevodna, kar povzroči na sponki RX nizek logični nivo. Obratno je ob odsotnosti svetlobnega pulza.

3.9 Vmesnik GSM/GPRS

Poleg žičnih omrežij, obstajajo tudi brezžična omrežja, kot so GSM (Global System for Mobile Communications: izvirno od Groupe Spécial Mobile). Razmah omrežja GSM omogoča mednarodni sporazum o gostovanju med mobilnimi operaterji, ki zagotavljajo naročnikom uporabo njihovih mobilnih naprav v številnih delih sveta. GSM se od svojih predhodnih tehnologij razlikuje v signalizaciji in govornih kanalih, ki so digitalni, s čimer se GSM šteje v drugo generacijo (2G) mobilnih telefonskih sistemov. Prav tako je GSM razvil izvajanje storitev kratkih sporočil (SMS = Short Message Service), poznamo jih kot kratka tekstovna sporočila [24].

Novejše verzije standarda so združljive z originalnim sistemom GSM. Kot primer vzemimo standard iz leta 1997, kateremu je bil dodan paket podatkovnih sposobnosti s pomočjo mobilne podatkovne storitve (General Packet Radio Service = GPRS). Leta 1999 so predstavili višje hitrosti prenosa podatkov (Enhanced Data Rates for GSM Evolution = EDGE) tretje generacije (3G) do 236 kbit/s itd.

3.9.1 GPRS

Storitev GPRS je drugačna od starejših preklopnih podatkovnih storitev (CSD = Circuit Switched Data), vse pa so vključene v standard GSM. V primeru CSD komunikacije vzpostavljena podatkovna povezava zasede celotno pasovno širino in le-ta ostane namenjena izmenjavi med dvema terminaloma v celotnem času prenosa [29].

GPRS temelji na paketnem prenosu podatkov kar pomeni, da več uporabnikov ali povezav uporablja iste prenosne poti in si deli pasovno širino glede na potrebe komunikacije. Celotna prosta pasovna širina je vedno na voljo kateremukoli uporabniku, ki v tistem trenutku želi prenašati podatke. S tem se korenito zviša izkoristek omrežja, ko uporabniki le občasno prenašajo večje količine podatkov. Takšen način ali vzorec uporabe je značilen za mnogo mobilnih storitev, vključno z dostopom do internetnih storitev.

3.9.2 Mobilno radijsko omrežje

GSM je mobilno omrežje, kjer se mobilni telefoni povežejo z načinom iskanja celic v neposredni bližini. Obstaja pet različnih velikosti celic:

1. Makro:

Makro celice se lahko obravnava kot celice, kjer je antena bazne postaje nameščena na jambor ali stavbe nad povprečjem strehe na najvišji ravni.

2. Mikro:

Mikro celice so celice, katerih višina antene je pod povprečjem strehe z najvišjo ravno in se po navadi uporabljajo v mestnih območjih.

3. Piko:

Piko celice so majhne celice, katerih premer pokritosti je nekaj deset metrov in se v glavnem uporabljajo v zaprtih prostorih.

4. Femto:

Femto celice so namenjene uporabi v stanovanjskih ali malih poslovnih okoljih in se povezujejo z omrežjem ponudnika storitev prek širokopasovne internetne povezave.

5. Dežnikasta (Umbrella):

Dežnik celice se uporabljajo za pokritje senčenih regij manjših celic in zapolnijo vrzeli v zajetju med temi majhnimi celicami.

Celični horizontalni premer je odvisen od višine antene, ojačenja antene in od razmnoževalnih pogojev od nekaj sto metrov do nekaj deset kilometrov. Največja dolžina v praktični uporabi, ki jo podpira specifikacija GSM, je 35 km.

3.9.3 Nosilne frekvence GSM-a

Modulacija, ki se uporablja v GSM-u je GMSK (Gaussian minimum-shift keying). Signal, moduliran z nosilno frekvenco, je zgleden z gausovim nizkopasovnim filtrom, preden gre v frekvenčni modulator. Modulator zelo močno zmanjša interferenco sosednjih kanalov (sosednje-kanalne interference).

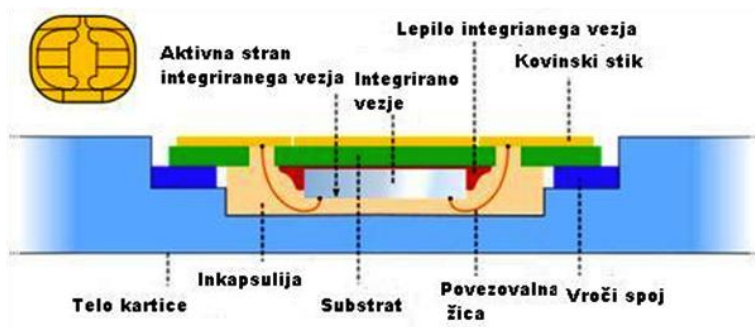
GSM omrežje uporablja številna območja nosilnih frekvenc, pri čemer večina omrežij 2G uporablja frekvenci 900 MHz ali 1800 MHz. Kjer so ti pasovi zasedeni, se uporabi frekvenci 850 MHz ali 1900 MHz. V redkih primerih se uporablja frekvenčni pas 400 MHz in 450 MHz, ki je bil uporabljen v prvi generaciji GSM omrežij. Večina 3G omrežij v Evropi deluje na 2100 MHz.

Oddajna dovoljena moč mobilnih naprav je največ 2 Watt-a pri GSM-u 850/900 in 1 Watt pri GSM-u 1800/1900 [24].

3.9.4 Modul naročnikove identitete

Ena glavnih lastnosti GSM-a je modul naročnikove identitete oziroma SIM (Subscriber Identity Module) kartica. To je snemljiva kartica, ki vsebuje uporabnikove naročniške podatke in telefonski imenik. Uporabniku omogoča, da lahko shrani svoje podatke na SIM kartico in si jih prenese na drugo napravo.

Poznamo tri napajalne napetosti, ki jih uporablja SIM kartica: 5 V, 3 V in 1,8 V. Vse izdelane SIM kartice so združljive z zgornjimi napajalnimi napetostmi. Prerez SIM kartice je prikazan na *sliki 3.45*.



Slika 3.45: Prerez SIM-kartice

3.9.5 Vmesnik GSM/GPRS v elektronskem števcu

Lastna izdelava vmesnika GSM/GPRS podjetja Iskraemeco bi zahtevala prevelike razvojne stroške, zato smo se odločili za izdelan vmesnik GSM/GPRS podjetja WAVECOM, ki ponuja celovito rešitev mobilnega omrežja [4]. Zaradi visoke cene je vmesnik primeren le za sistemske in industrijske števce.

Na tiskanino števca je postavljen konektor, na katerega priklopimo brezžični modul, ter napajalni del. Podatki, ki jih števec oddaja preko vmesnika GSM/GPRS, se najprej zberejo v GSM koncentratorju, ki je postavljen na primerno oddaljeni lokaciji, ter nato šele pošljejo glavni centralni enoti.

Brezžični modul WAVECOM cpu Q24 (možno ga je zamenjati z drugim modulom istega proizvajalca) uporablja naslednje lastnosti, namenjene samo za elektronski števec:

- GSM/GPRS modem,
- podpira »dual-band« EGSM 900/1800,
- podpira hitrosti prenosa podatkov 9600 baudov, ampak je ta zelo odvisna od trenutnih razmer v omrežju,
- visoko-zmogljiva notranja antena, ki je vgrajena v elektronski števec (če notranja antena ne zadostuje, lahko naknadno vgradimo zunanjo anteno) in
- podpira SIM kartico, ki jo lahko zamenjamo ter jo avtomatsko registrira v GSM omrežje.

3.9.5.1 Brezžični mikroprocesor WAVECOM Wireless CPU – Q24

Brezžični WAVECOM CPU Q24 ima vgrajeno »Open AT« programsko opremo, ki nam omogoča razvijanje uporabnih aplikacij in ima naslednje elemente:

- Integrirano razvojno okolje (IDE- Integrated Development Environment),
- aplikacije,
- vtičnike,
- operacijski sistem in
- programsko opremo.

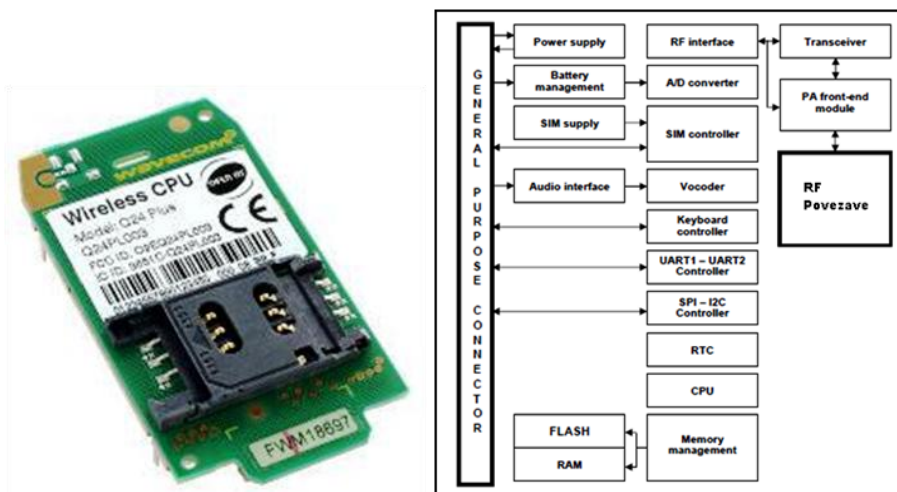
GSM/GPRS ima naslednje lastnosti:

- 2 Watt EGSM 900/850 radio oddelek, ki deluje na 3,6V in
- 1 Watt GSM 1800/1900 radio oddelek, ki deluje na 3,6V.

Vmesniki so dosegljivi preko 60 priključnih sponk konektorja:

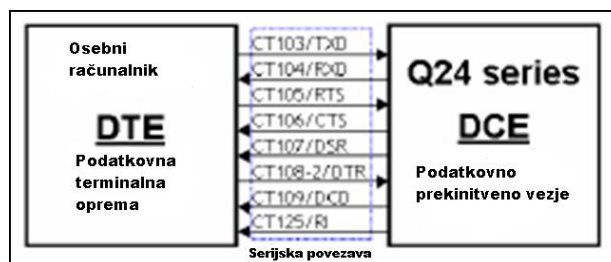
- SPI in dvožično vodilo,
- tipkovnica,
- dve serijski povezavi UART1 in UART2,
- 3 V/1,8 V SIM,
- GPIO,
- analogni digitalni pretvornik,
- analogni zvok,
- napajanje baterije,
- zunanje prekinitve,
- napajalnik,
- pomožna baterija in
- držalo za SIM kartico.

Na *sliki 3.6* je predstavljen brezžični modul (levo) in njegova funkcijska arhitektura (desno) [7].



Slika 3.46: Modul WAVECOM CPU-Q24 (levo) in funkcijska arhitektura brezžičnega (desno)

V elektronskih števcih ni uporabljena celotna funkcijska arhitektura brezžičnega modula. Podatkovni izhodi modula so speljani na vhode mikroprocesorja elektronskega števca MT/ME372. Uporabljena je enota UART1. Za DCE enoto je uporabljen brezžični modul ter za DTE enoto mikroprocesor števca (*slika 3.47*).



Slika 3.47: UART1 serijske povezave

4 Komunikacija Euridis

4.1 Tehnične specifikacije

4.1.1 Splošno

Protokol predpisuje izmenjavo podatkov med primarno in sekundarno postajo, ki je povezana paralelno s fizičnim vodilom. Primarna postaja je povezana na vodilo s pasivnim magnetnim vtičem [8].

Za primarne postaje (naprava gospodar) se uporablja ročni terminal, koncentrator, modem, itd. Sekundarne postaje (naprava suženj) potem merilne naprave, kot je v našem primeru števec ME342.

Komunikacija Euridis je sestavljena iz petih delov:

1. **Primarna postaja;**
ročni terminal, modem, koncentrator, itd.
2. **Sekundarna postaja;**
merilne naprave, kot so števci.
3. **Vodilo;**
na njem so vzporedno vezane sekundarne postaje (števci).
4. **Modem za komunikacijo;**
možnost komuniciranja preko telefonske linije ali radijskih valov (izbira).
5. **Magnetni sklop;**
Omogoča povezavo mobilnega terminala z vodilom.

4.1.2 Splošne specifikacije prenosa

Komunikacija prenosa je tipa half-duplex. Oblika prenosa signala je asinhrona. Za sporazumevanje oddajnika in sprejemnika je potrebna sinhronizacija besede, ki je določena z začetnim (start) in zaključnim (stop) bitom. Vmes med bitoma si sledi 8 bitov uporabnega podatka od bita z najmanjšo »težo« (LSB) do bita z največjo »težo« (MSB). Nazornejši prikaz podatkovnega okvirja je na *sliki 4.1*.



Slika 4.1: Oblika prenosa podatkov pri komunikaciji Euridis

Specifikacije prenosa so:

- prenos podatkov je binaren,
- komunikacija je half-duplex (pol-dvosmeren),
- hitrost prenosa je: $1200 \pm 1\%$, $2400 \pm 1\%$, $4800 \pm 1\%$, $9600 \pm 1\%$,
- dolžina bitov je enakovredna pri logični »1« ter pri logični »0«,
- amplitudno-signalna modulacija (ASM) je pri $50 \text{ kHz} \pm 3\%$ nosilne frekvence in
- negativno logiko kodiranja;
 - logična »0« = prisotna nosilka,
 - logična »1« = ni prisotne nosilke.

4.1.3 Vodilo Euridis

Vodilo je lahko običajna telefonska dvožilna linija ali drug dvožičen vod (parica). V izogib neželenim motnjam je priporočeno, da sta žici prepleteni. Za potrebe podjetja Iskraemeco je vodilo pasivno (brez zunanjega napajanja).

Potrebne lastnosti, ki jih mora imeti vodilo, so naslednje.

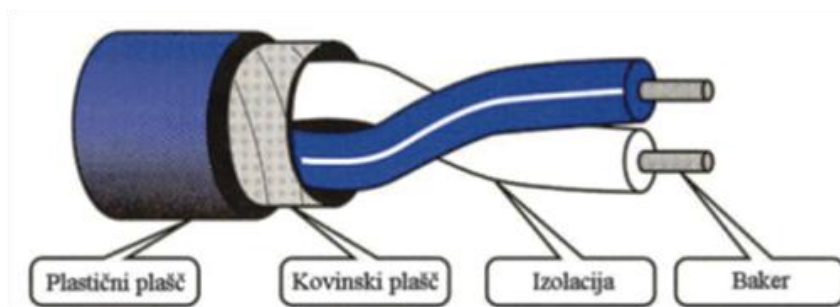
- Specifična podpora za daljinsko branje in vpisovanje. Vodilo sta vedno prisotna magnetni vtič in vsaj ena sekundarna postaja.
- Topologija vodila je nepomembna in je lahko linearna, zvezdasta ali drevesasta brez zanke. Važno je, da vodilo ne preseže dovoljene dolžine kablov 500 m.
- Elektronska vezja oddajno-sprejemnih vmesnikov sekundarnih postaj morajo biti primerno galvansko ločeni od vodila Euridis.
- Maksimalno število sekundarnih postaj, vzporedno vezanih na vodilo, je 100.
- Ena izmed sekundarnih postaj lahko ostane v stanju nizke impedance v primeru napake (v oddajnem načinu s tem, da ne oddaja logične »0«), ne da bi motilo komunikacije.
- Komunikacija s primarno postajo je vzpostavljena preko magnetnega sklopnika (samo en magnetni sklopnik).
- Vodilo mora prenesti priklop na omrežno napetost (230 V/50 Hz). Kontrolna procedura zahteva uspešen petkratni priklop na omrežno napetost. Vsaka kontrolna procedura traja 5 minut in med njimi je 5 sekund premora.

4.1.3.1 Karakteristika kabla

Vodilo med komunikacijskimi napravami, ki ustreza zahtevam standarda IEC 62 056-31, naj bo naslednjega tipa:

- notranji telefonski kabel,
- zvit enojni par žic ovit v aluminijasto folijo (zaslon),
- prevodnik je iz trdnega konzerviranega bakra od 0,5 mm do 0,6 mm debeline in
- zaščita iz PVC-ja.

Prerez primerne tipa kabla, ki bi ustrezal potrebam vodila Euridis, je na *sliki 4.2*.



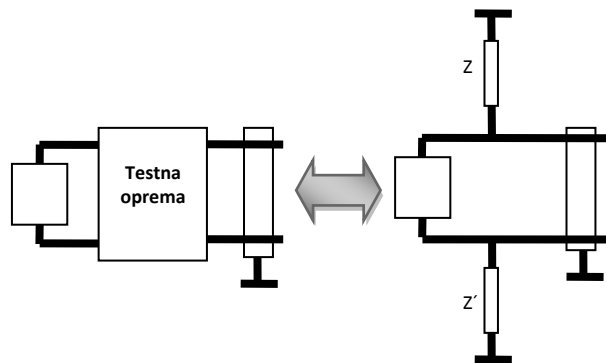
Slika 4.2: Prerez kabla

4.1.3.2 Električne karakteristike vodila Euridis

Vse lastnosti, ki so podane za simetrični izvor, so izolirane od zaslona z impedanco Z in Z' večje od $1 \text{ k}\Omega$ pri 50 kHz . Na *sliki 4.3* je prikazana priporočena vezava vodila za testiranje električnih karakteristik vodila.

Električne lastnosti, ki jih je potrebno upoštevati so:

- DC upornost zanke pri 20°C med $117 \text{ }\Omega/\text{km}$ do $192 \text{ }\Omega/\text{km}$ in
- AC 50 kHz med -15° do $+45^\circ$:
 - upornost vodila na dolžino: od $154 \text{ }\Omega/\text{km}$ do $220 \text{ }\Omega/\text{km}$,
 - lastna induktivnost na dolžino: od $500 \text{ }\mu\text{H}/\text{km}$ do $800 \text{ }\mu\text{H}/\text{km}$,
 - medsebojna kapacitivnost med žicama na dolžino: od $80 \text{ nF}/\text{km}$ do $130 \text{ nF}/\text{km}$,
 - izgubni faktor kapacitivnosti: maksimum 5% ,
 - neuravnotežena kapacitivnost(vodnik – zaslon): maksimum 5% ,
 - karakteristična impedanca vodila: od $74 \text{ }\Omega$ do $115 \text{ }\Omega$ in
 - fazni zamik pri 50 kHz : maksimum $150^\circ/\text{km}$



Slika 4.3: Simetrični izvor, izoliran od zaslona

4.1.3.2.1 Ožičenje

Uporabljena je ena vrsta ožičenja. V nadaljevanju so predstavljene zahteve, odstopanja od zahtev ter rešitve le-teh.

Zahteve:

- Sekundarne postaje morajo zagotoviti nadaljevanje referenčnega potenciala vodnika oziroma zaslona in
- med obema kabloma ne sme biti priključena nobena impedanca, ki bi bila manjša od $1000 \text{ }\Omega$ pri 50 kHz .

V primeru odstopanja od zahtev, se lahko pojavijo naslednji problemi:

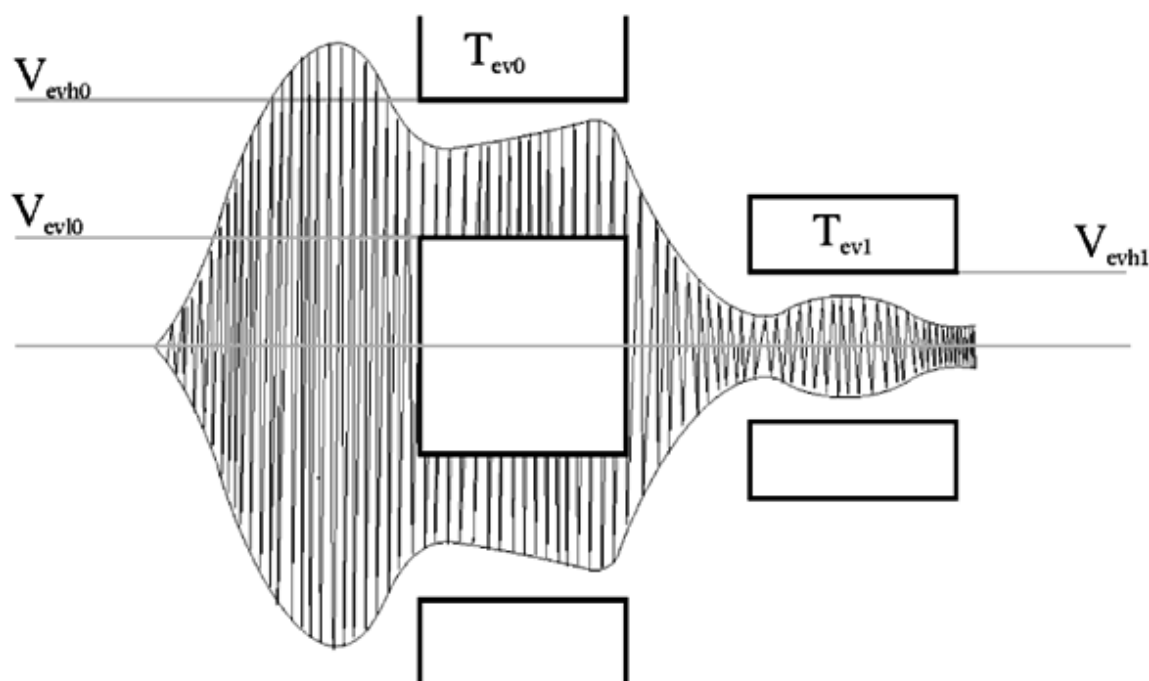
- Če ima kabel višjo upornost oziroma kapacitivnost na dolžinsko enoto, naj se maksimalna dopustna dolžina vodila obratno sorazmerna prilagaja tej višji upornosti ali kapacitivnosti na dolžinsko enoto in
- če ima kabel upornost in kapacitivnost, nižjo od zahtevane, lahko privede do prenapetosti na vhodu sprejemnika, ki bi bil nameščen na prazno in dolgo vodilo.

Problem rešujemo na naslednja načina.

- Med vodnika vodila na od magnetnega sklopnika najbolj oddaljenem koncu namestimo dušilni upor (od 330 Ω do 1000 Ω - 0,25 W). Vrednost tega upora se ugotovi glede na velikost prednapetosti in
- upor mora biti vezan zaporedno s kondenzatorjem 47nF ustrezne maksimalne konične napetost je, tako da ne degradira odpornosti vodila na naključno priključitev omrežne napetosti (230 V/50 Hz).

4.1.3.3 Karakteristika signalov na vodilu Euridis

Na *sliki 4.4* so prikazani zahtevani napetostni nivoji signalov, ki se med komunikacijo primarne in sekundarne postaje prenašajo po vodilu. Signali so definirani z ovojem nosilke 50 kHz pri prenosu logične »0«.



Slika 4.4: Napetostni nivoji na vodilu Euridis

Pomen oznak na *sliki 4.4* je:

- **Vevh1** = maksimalni nivo ovojnice za prenos logične »1«.
- **Vevl0** = minimalni nivo ovojnice za prenos logične »0«.
- **Vevh0** = maksimalni nivo ovojnice za prenos logične »0«.
- **Tev1** = zagotovljeni minimalni čas med katerim ima ovojnica nivo nižji od Vevh1.
- **Tev0** = zagotovljeni minimalni čas med katerim ima ovojnica nivo med Vevh0 in Vevl0.

Zahteve za napetostne nivoje:

- Vevl0 in Vevh0 nista ekstremni vrednosti ovojnice, ampak bolj spodnja in zgornja meja, ki zagotavljata pravilno delovanje,
- med trajanjem Tev0 naj nivo ovojnice ne variira več kot za 20 %,
- med intervalom časa, ki poteka med Tev0 in Tev1, je potek ovojnice bodisi ob naraščanju ali upadanju eksponenten, ali pa v obliki dušene sinusoide z dodatkom prehodnih nizkih frekvenc,
- stopnja harmonske distorzije med kontinuiranim oddajanjem nosilke je nižja od 15 %,
- vse napetosti so definirane v amplitudnih vrednostih in
- za opredelitev trajanja bita (čas za logično »1« in »0«) morajo biti upoštevani naslednji parametri:
 - Maksimalen zagotovljeni čas za oddajanje »0« signal $\geq$ Vevl0
 - Maksimalen ne zagotovljeni čas za oddajanje »0« signal $\geq$ Vevh1
 - Maksimalen zagotovljeni čas za oddajanje »1« signal $\leq$ Vevh1
 - Maksimalen ne zagotovljeni čas za oddajanje »1« signal $\leq$ Vevl0

4.1.4 Magnetni sklop

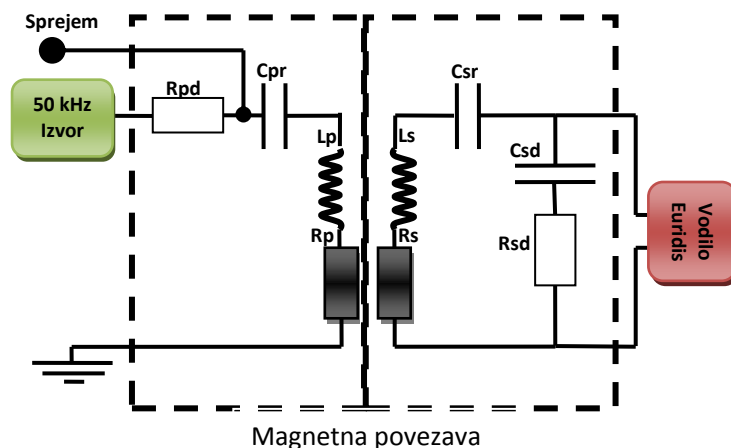
Magnetni sklop je namenjen galvaniski ločitvi med primarno postajo (terminalom) ter vodilom Euridis. Sestavljen je iz:

- mobilne glava primarne postaje ter
- fiksne glave na strani vodila Euridis.

S tem omogočimo prenos podatkov med terminalom in vodilom Euridis. Vsak del je sestavljen iz polovičnega feritnega transformatorja z zračno režo.

Za kompenziranje visokih serijskih in nizkih paralelnih induktivnosti uporabljenega transformatorja se uporabi kompenzacijski kondenzator in dušilni upor. Transformator se tako preoblikuje v filter 4. reda s centralno frekvenco 50 kHz. Shema preoblikovanega magnetnega sklopnika je na *sliki 4.5*.

S tem je podana podlaga za uporabo enostavnega vira, ki ustvarja pravokoten signal frekvence 50 kHz, kot nosilni signal, pri čemer se duši nizke prehodne frekvence, ki se pojavijo ob preklopih [4].



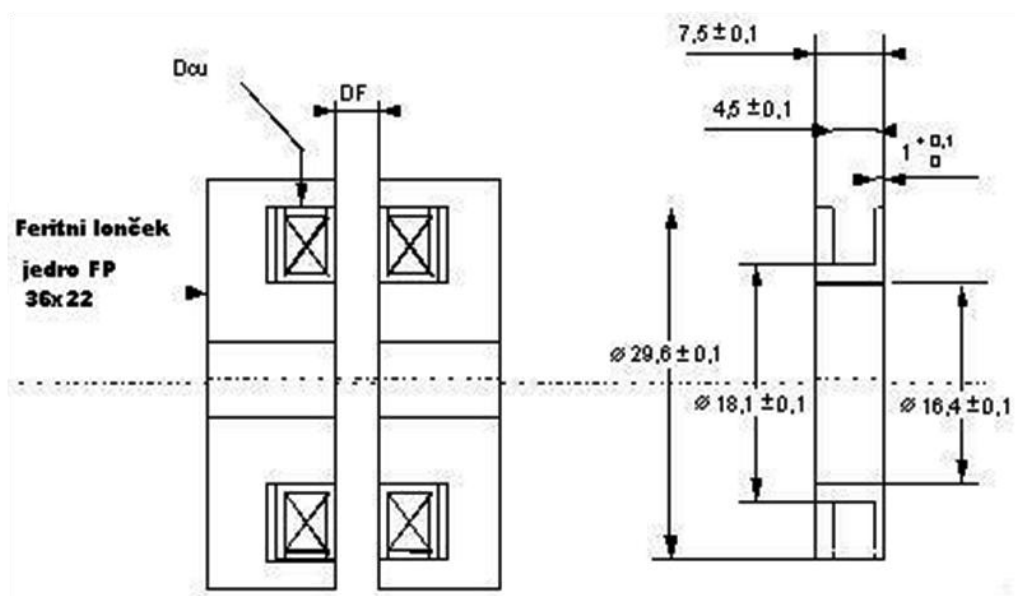
Slika 4.5: Magnetni sklop, preoblikovan v filter 4. reda

4.1.4.1 Mehanske specifikacije magnetnega sklopa

V oba dela magnetnega sklopa sta vključena tuljavnika, ki sta nameščena v polovički feritnega lončka. Celota je umeščena v ohišje iz robustne plastike. Po namestitvi sta tuljavnika in polovici feritnega lončka praktično koaksialna in simetrična glede na presečno ravnino celotnega sklopa.

Magnetni sklop mora ustrezati zahtevam:

- Maksimalnega odstopanja središčnih osi feritnih lončkov je 0,25 mm,
- zračna reža med magnetnima lončkoma je $4,25 \pm 0,25$ mm (DF),
- dimenzijam na *sliki 4.6*, ki so v milimetrih,
- število ovojev in premer žice:
 - nastavek: 68 ovojev žice 0,50 mm in
 - glava: 38 ovojev žice 0,63 mm.
- uporabljeni standardni ferit za frekvence, nižje od 100 kHz,
 - začetna permeabilnost naj bo več kot 1800,
 - $\tan \Delta$ pri 100 kHz naj bo in od 1 % in
 - nasičenje ferita naj bo pri 0,4 T; pomeni, da ne sme prihajati do nasičenja zaradi specifične njegove oblike polja.



Slika 4.6: Dimenzije magnetnega sklopa

4.1.4.2 Električne specifikacije magnetnega sklopa

Magnetni sklop je sestavljen iz dveh lastnih induktivnosti L_p (primarna induktivnost) in L_s (sekundarna induktivnost). Induktivnosti sta medsebojno sklopljeni z medsebojno induktivnostjo M .

Naštete vrednosti v *poglavju 4.2.4.2* so odvisne od geometrije delov in še posebno od zračne reže med lončkoma. V ekstremnih razmerah, so lahko med lončkoma prašni delci, barva, itd. Vse to nam povzroči povečanje zračne reže ter spremembe vrednosti. Predpisane so maksimalne dovoljene vrednosti pri maksimalni dovoljeni zračni reži 4,5 mm.

Vrednosti morajo ustrezati v temperaturnem območju od -15°C do $+45^{\circ}\text{C}$ pri frekvenci 50 kHz, s čimer dobimo naslednje rezultate:

- $L_p = 155\ \mu\text{H}$ in $L_s = 490\ \mu\text{H}$, $M = 143\ \mu\text{H}$
- $R_p = 1,5 \pm 0,3\ \Omega$ ($\pm 0,15$; pri 20°C)
- $R_s = 4 \pm 0,9\ \Omega$ ($\pm 0,4$; pri 20°C)

Primer za neskončno režo:

- $L_{pi} = 122\ \mu\text{H}$ K5 %, $L_{si} = 382\ \mu\text{H}$ K2,5 %

Zgornje vrednosti so izračunane na podlagi zračne reže 4,65 mm. Slednjo razdaljo dobimo, tako da vzamemo maksimalno dovoljeno zračno režo 4,5 mm, kateri se doda 0,15 mm (pokriva vplive prahu, barv in kar bi se lahko našlo na podstavku).

4.1.4.3 Povezane komponente z magnetnim sklopom

4.1.4.3.1 Sekundarna postaja (stran vodila)

Podane so električne karakteristike elementov na strani sekundarne postaje:

- **Csr** – serijski kondenzator, ki je usklajen z L_s :
 - kapacitivnost 27 nF, 5 % (plastični film),
 - $\tan \Delta$ naj bo manjši od 2 % pri frekvenci 50 kHz in
 - maksimalna trenutna napetost 230 V/50 Hz.
- **Rsd** – serijski dušilni upor:
 - upornosti 150 Ω , 5 % in
 - moči od 0,5 do 1 W.
- **Csd** – serijski kondenzator v seriji z uporom Rsd za zaščito pred priključitvijo vodila na omrežno napetost:
 - kapacitivnost 100 nF, 20 % (plastični film),
 - $\tan \Delta$ naj bo nižji od 2 % pri frekvenci 50 kHz in
 - maksimalna trenutna napetost v skladu z direktnim priključevanjem na 230V/50 Hz.

4.1.4.3.2 Primarna postaja (terminal)

Podane so električne karakteristike elementov na strani primarne postaje:

- **Cpr** – serijski kondenzator usklajen z L_p :
 - kapacitivnost 82 nF, 5 % (plastični film) in
 - $\tan \Delta$ naj bo nižji od 2 % pri frekvenci 50 kHz.
- **Rpd** – serijski dušilni upor:
 - upornosti od 14 do 18 Ω in
 - moči 2 W.

- **Vir signala 5 V / 50 kHz:**

To je lahko generator pravokotnih signalov z od $\pm 4\text{ V}$ do $\pm 4,4\text{ V}$ amplitude in tokom 120 mA. Dinamična impedanca med 1 Ω in 3 Ω (en par PNP/NPN, ki se napaja s $\pm 5\text{ V}$, z izhodom v obliki skupaj povezanih emitorjev in upravljan s skupno bazo, priključeno na izhod CMOS bufferja ($R_{on} \approx 50\ \Omega$)). Maksimalen tok skozi Rpd je okoli 200 mA.

Izhodno napetost je možno nastavljanje z Rpd na sledeč način:

- vezje za sprejem, demodulacijo in oblikovanje, ki je priključeno na skupno točko Cpr in Rpd. Torej vezje oblikovanja in vezje vzorčenja ter
- v sprejemnem načinu naj se izhodna impedanca vira 50 kHz vzdržuje na nivoju vsaj nekaj Ohmov, tudi za nizke napetostne nivoje, da bi se tako zagotovilo ustrezno dušenje primarnega vezja.

Elementi v poglavju 4.1.4.2 in 4.1.4.3 niso specifikacije ampak PRIPOROČILA. Dejanske specifikacije so predstavljene v nadaljevanju.

4.1.5 Funkcionalne specifikacije

4.1.5.1 Primarna postaja

Namen primarne postaje je odčitavanje in parametriranje sekundarnih naprav preko vodila Euridis. Za primerno delovanje potrebuje primarna postaja sprejemno-oddajni modul oziroma vezje, ki je povezano z vodilom preko ločilnega transformatorja v vlogi magnetnega sklopa.

4.1.5.1.1 Oddaja/Sprejem primarne postaje

Oddajna primarna postaja je sestavljena iz oddajnega vira in magnetne glave, sprejemna primarna postaja pa je sestavljena iz sprejemnega vezja (demodulacija in kvadriranje) in magnetnega sklopnika, preko katerega sprejema uporabne signale iz vodila. V tabeli 4.1 so podane zahtevane časovne vrednosti pri izbrani hitrosti prenosa.

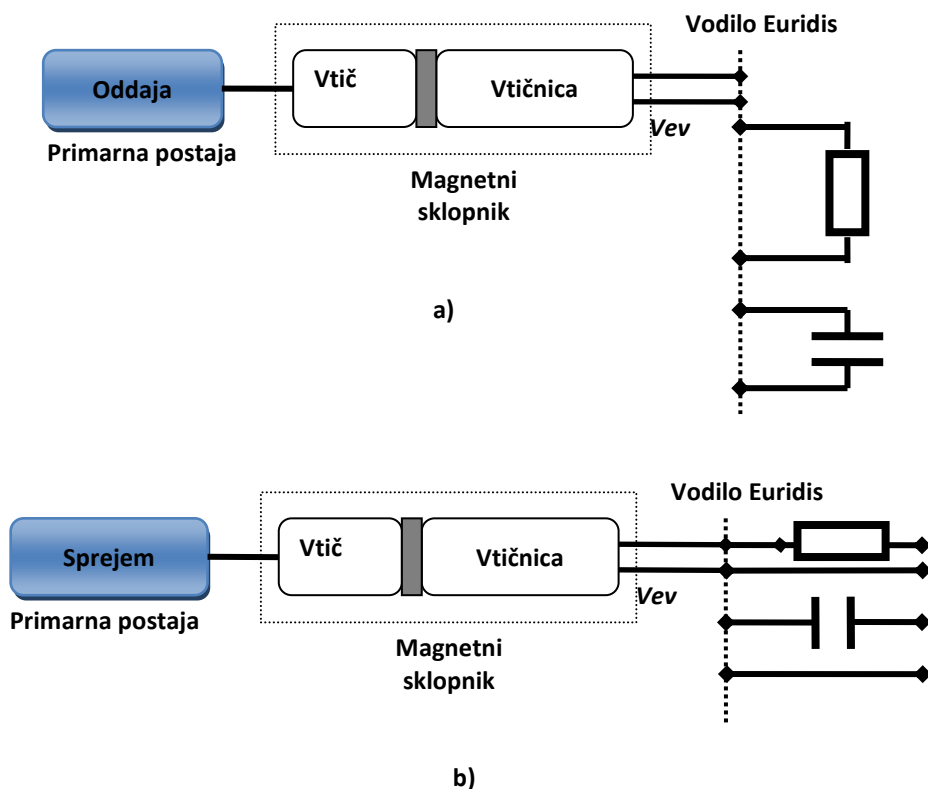
Oddaja				
Hitrost prenosa [baud]	1200	2400	4800	9600
Tev1 [μ s]	750	330	140	60
Tev0 [μ s]	750	330	140	60
Sprejem				
Tev1 [μ s]	700	290	125	50
Tev0 [μ s]	700	290	125	50

Tabela 4.1: Zahtevane vrednosti za čase Tev1 in Tev0 (primarna postaja)

Sprejemnik mora v celotnem temperaturnem območju delovati z manjšo stopnjo bitnega pogreška od 10^{-5} za vhodne signale z nosilno frekvenco sinusoide. Sprejem in oddaja morata delovati na celotnem temperaturnem območju po specifikacijah za karakteristike signalov po vodilu Euridis. V tabeli 4.2 so predlagani napetostni nivoji pri ohmskih in kapacitivnih obremenitvah.

	Oddaja			Sprejem	
	Breme priključeno med vodoma linije na sliki 4.7 (a) in (b)			Breme priključeno na en vod linije na sliki 4.7 (a) in (b)	
	Neobremenjen	R = 100 Ω	C = 31,8 nF	R = 100 Ω	C = 31,8 nF
Vevh1	0,25 V	0,25 V	0,25 V	0,25 V	0,25 V
Vevl0	5,8 V	4,0 V	5,2 V	0,7 V	0,55 V
Vevh0	7,5 V	4,8 V	6,5 V	3,2 V	2,5 V

Tabela 4.2: Predlagani napetostni nivoji za Vevh1, Vevh0 in Vevl0 (primarna postaja)



Slika 4.7: Ohmsko in kapacitivno breme primarne postaje: Oddaja (a), Sprejem (b)

Parazitni signali, ki nastanejo med preklopi iz sprejemnega v oddajni način ali obratno, nikakor ne smejo zanihati z amplitudo, večjo od 0,25 V. Prehod med preklpom mora biti zvezen. Po izniževanju prehodnih pojavov, efektivna vrednost šuma, ki se med oddajo prišteje koristnemu signalu, ne sme preseči 10 mV v frekvenčnem območju med 1 kHz in 1 MHz.

Sprejemnik primarne postaje mora biti po specifikacijah neobčutljiv na:

- stalni sinusni signal frekvence med 1 kHz in 1 MHz in amplitude 0,1 V,
- pulz 20 V v trajanju 5 μ s in
- pulz 3,5 V v trajanju 200 μ s.

4.1.5.2 Sekundarna postaja

Namen sekundarne postaje (ME342) je izvrševanje ukazov primarne postaje. Za primerno povezavo s primarno postajo skrbi komunikacijski vmesnik (modem Euridis), ki je priključen na vodilo Euridis. Sprejemno-oddajno vezje vmesnika je galvansko ločeno z ločilnim transformatorjem.

4.1.5.2.1 Oddaja in sprejem sekundarne postaje

Sprejemnik mora v celotnem temperaturnem območju delovati z manjšo stopnjo bitnega pogreška od 10^{-5} za vhodne signale z nosilno frekvenco sinusoide. Sprejem in oddaja morata delovati po specifikacijah karakteristike signala na vodilu Euridis.

Zahtevane časovne vrednosti pri izbrani hitrosti prenosa so zbrane v tabeli 4.3.

Oddaja				
Hitrost prenosa [baud]	1200	2400	4800	9600
Tev1 [μ s]	750	330	140	60
Tev0 [μ s]	750	330	140	60
Sprejem				
Tev1 [μ s]	700	290	125	50
Tev0 [μ s]	700	290	125	50

Tabela 4.3: Zahtevane vrednosti za čase Tev1 in Tev0 (sekundarna postaja)

	Oddaja		Sprejem
	Breme, ki je priključeno med vodoma linije, <i>slika 4.7 (a)</i>		/
	R=100 Ω	C = 31,8 nF	
Vevh1	0,1 V	0,1 V	0,3 V
Vevl0	1,2 V	1,5 V*	2 V
Vevh0	1,8 V	2,5 V*	8 V

Tabela 4.4: Predlagani napetostni nivoji za Vevh1, Vevh0 in Vevl0 (sekundarna postaja)

*Napetosti, zbrane v tabeli 4.4, so merjenje na upor 1 Ω . Upor je vezan v seriji s kondenzatorjem ter rezultat je pomnožen s 100.

Za obe priključni sponki, ki sta priključeni na upor 100 Ω ali kondenzator 31,8 nF, naj velja:

- parazitni signali, ki nastanejo ob preklopih iz sprejemnega v oddajni način ali obratno, ne smejo primeru prekoračiti amplitude 0,75 V in
- nivo šuma, ki se prišteje emitiranemu signalu po iznihanju prehodnih pojavov, ne sme preseči efektivne vrednosti 10 mV v celotnem frekvenčnem območju med 1 kHz in 1 MHz.

Poleg tega je potrebno upoštevati:

- kratkostični tok manjši od 26 mA amplitudno pri 50 kHz,
- oddajna vezja naj prenesejo en stalen kratek stik in priključitev omrežne napetosti (230 V/50 Hz) na izhodne sponke ter
- kapacitivnost med sponkami vodila telepreport in drugimi sponkami naj bo v običajnem načinu delovanja manjša od 15 pF.

Sprejemnik mora biti neobčutljiv na:

- stalni signal z amplitudo 250mV in frekvenco iz intervala 1 kHz do 1 MHz in
- na en pulz 20V v trajanju 5 μ s.

4.1.5.2.2 Vhodna impedanca pri 50 kHz

Vhodna impedanca naj vse do amplitudne vrednosti signala 5 V izkazuje uporovno komponento paralelno vezano s kapacitivno ali induktivno komponento.

Potrebno je upoštevati energijske in brez-energijske zahteve:

- *Energijsko stanje* (modem je napajan iz serijskih vrat):
 - Ohmska upornost >20 k Ω
 - Reaktanca >20 k Ω (60 mH); induktivni značaj
>100 k Ω (30 pF); kapacitivni značaj
- *Brez-energijsko stanje* (modem je izklopljen od napajanja iz serijskih vrat):
 - Ohmska upornost >10 k Ω
 - Reaktanca >10 k Ω (30 mH); ob induktivnem značaju
>50 k Ω (60 pF); ob kapacitivnem značaju

Poleg energijskih zahtev upoštevamo še naslednje:

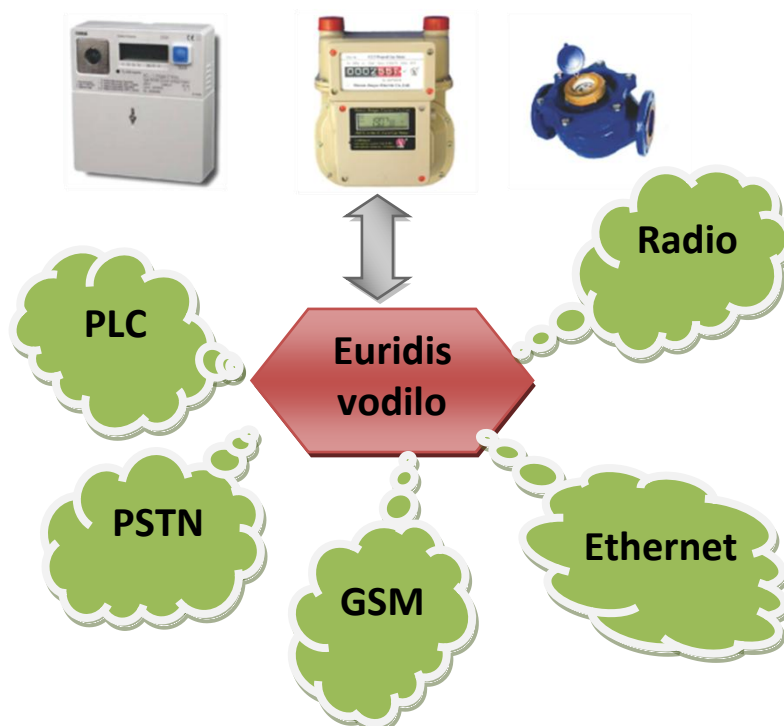
- interna blokada naj v območju nad 5V amplitudno privede v stanje, ko je dinamična impedanca nad blokirno napetostjo višja od 200 Ω pri 50 kHz,
- v primeru napačnega delovanja, ko se modem sekundarne postaje zablokira med oddajanjem, vendar ne da bi tudi še naprej oddajal nosilno frekvenco (biti »1«), naj njegova vhodna impedanca ne bo nižja od 200 Ω ,
- sprejemna vezja naj prenesejo stalno priključitev na omrežno napetost brez okvare in
- kapacitivnost med sponkami vodila teleporočanja in drugimi sponkami naprave naj bo v običajnem delovanju (energijsko stanje) 15 pF in 100 pF za brez-energijske stanja.

4.2 Aktualni vmesniki komunikacije Euridis

Osnovni vmesnik za komunikacijo Euridis uporablja področno vodilo za prenos podatkov. Na enem področnem vodilu Euridis so povezane vse merilne naprave. Vodilo je sestavljeno iz dveh žic v enem kablu ter je povezano na magnetni sklopnik. Tehničnim operaterjem je zaradi uporabe enega podatkovnega vodila in magnetnega sklopnika, olajšano odčitavanje in parametrisiranje merilnih naprav. Magnetni sklopnik zagotavlja bolj varno in bolj ekonomično odčitavanje števec v primerjavi z starejšim načinom (potreben direkten dostop do posameznega števca). Vse našteto velja za nove komunikacijske podatkovne povezave, postavljene v stavbah [30].

V starejših stavbah velikokrat ni omogočena fizična postavitve vodila Euridis, kar je privedlo do novih vmesnikov, ki ne posegajo v poslopja. To so zlasti vmesniki na *sliki 4.8*

Električni, plinski in vodni števci



Slika 4.8: Aktualni vmesniki za namene protokol Euridis

4.2.1 Ročni terminal

Je najbolj razširjena naprava za daljinsko odčitavanje gospodinjskih števecv; *slika 4.9*. Ročna enota se poveže z merilno napravo preko sklopnika, ki je lociran na sprednjem delu terminala.

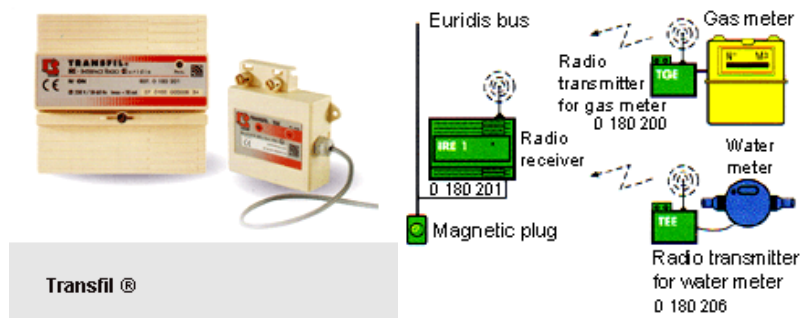


Slika 4.9: Ročni terminal Euridis

V Franciji se uporablja 15000 ročnih terminalov.

4.2.2 Radio komunikacija

Dva ključna problema najbolj vplivata na nezmožnost vgraditve vodila Euridis v obstoječe stavbe: starejši stanovanjski objekti (predragi gradbeni posegi) ter predolge razdalje. Rešitev najdemo v uporabi radijske komunikacije. Primer naprave in način njene uporabe sta vidna na *sliki 4.10*.



Slika 4.10: Radijski vmesnik (levo) in prikaz uporabe (desno)

Na voljo imamo dva razreda radijske komunikacije:

- *enosmerni razred:*
oddajnik je znotraj števca in oddaja podatke sprejemniku, povezanem na vodilo Euridis in
- *dvosmerni razred:*
oddajnik/sprejemnik komunicira z kartico PCMCIA, ki je vstavljena v ročni terminal. Na voljo so različni radio prehodi Euridis od različnih proizvajalcev, ki delujejo na 433 MHz ali 869 MHz.

4.2.3 PLC

Euridis komunikacija omogoča takojšen dostop do 100-ih števecov, ki so na dvožilnem vodilu. Zadnji razvoji potekajo v sistemih PLC AMR, ki omogočajo direktno povezavo PLC modema na vodilo Euridis. PLC modem je vezan na PLC podatkovni koncentrator, ki je tipično povezan v sklopu z MV/LV (medium voltage/low voltage) transformatorsko postajo. Slednji je zmožen komunicirati s katerokoli napravo, vezano na vodilo Euridis preko PLC modema in skupno povezano LV močnostno linijo.

PLC modem omogoča odčitavanje večjega števila števecov (≈ 1000), ki so na isti LV močnostni liniji. PLC sistemi so »plug and play« naprave, ki izpolnjujejo IEC 61334 »PLAN« protokol.

PLC podatkovni koncentratorji vsaj enkrat na dan zbirajo podatke vseh števecov na isti LV močnostni liniji, nakar se celoten nabor zbranih podatkov v eni minuti prenese v zbirni center distributerja s pomočjo različnih komunikacijskih protokolov, kot so: RS-232, PSTN, GSM in TCP/IP.

PLC-ji se uporabljajo v manjših podjetjih, pri industrijskih ter stanovanjskih odjemalcih električne energije. Tovrstni sistemi so lahko zelo dobičkonosni, če so mesečno uporabljeni za odčitavanje števecov (predvsem za komercialne in industrijske odjemalce) v primerjavi z rešitvami PSTN ali GSM.

PLC sisteme je možno daljinsko nadgraditi z naprednimi funkcijami in servisi, kot so »load profile«, snemanja, tarifna kontrola, upravljanje odklopnika in sporočanje alarmov. Zelo dobro se prilegajo z Euridisom še posebno takrat, ko so zahtevane funkcije podatkovnega branja izven števcu. PLC vmesnik in koncentrador sta predstavljena na *sliki 4.11*.



Slika 4.11: PLC vmesnik (levo) in koncentrador (desno)

4.2.4 Euridis/GSM prehod

Vedno več je zahtev po brezžičnem komuniciranju s števci, posebno tam kjer ni dosegljivih linij PSTN. Glavni telekomunikacijski operaterji imajo v ponudbi posebno naročnino, katera ponudi bolj ugodne GSM povezave do števca.

GSM prehod predlaga dva komunikacijska načina:

- pasivni način in
- aktivni način.

4.2.4.1 Pasivni način

Prehod v pasivnem načinu omogoča dvosmerno komunikacijo med GSM mrežo in do 100 števcu, povezanih na vodilu Euridis. Zahteva za branje se sporoči do prehoda iz klicne postaje preko GSM omrežja (hitrost prenosa 9600 baudov). Prehod v obratni smeri odpremi te ukaze po Euridis vodilu do zbiralnika podatkov ter jih nato pošlje nazaj preko GSM prehoda do klicne postaje.

4.2.4.2 Aktivni način

V aktivnem načinu prehod generira SMS opozorila, kot primer nedovoljenega dostopa v števec ali premajhne porabe. Slednji signali se sporočajo preko vnaprej programirane telefonske številke. Omenjeni način komuniciranja ponuja preprosto rešitev storitvenim podjetjem, ki morajo pogosto komunicirati z njihovimi števci, za vgrajevanje novih komunikacijskih povezav

5 Elektronski enofazni števec ME342 – »Linky«

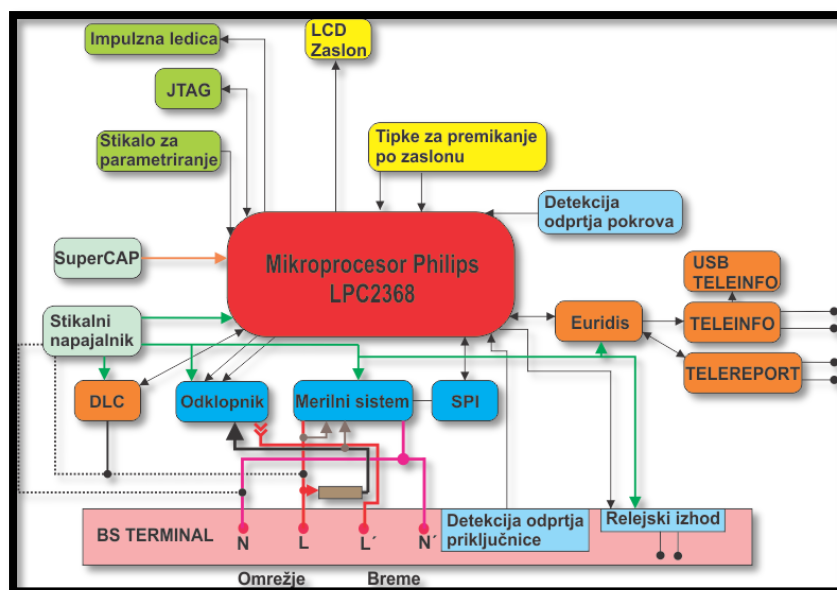
Elektronski števec ME342 (slika 5.1) je izdelan v podjetju Iskraemeco na podlagi zahtev francoskega distributerja električne energije EDF. Predstavlja nadgradnjo starejših števec ME340 in ME341, ki imata vgrajen komunikacijski vmesnik po protokolu IEC 1142. Poglavitna nadgradnja števca ME342 je v uporabi novejšega komunikacijskega standarda Euridis IEC 62 056-31 in vključitev dodatnega komunikacijskega vmesnika DLC. Poleg tega je pridobil mnogo dodatnih funkcij, kot sta vgradnja odklopnika, rele-ja, itd. [4].



Slika 5.1: Elektronski enofazni števec ME342 – »Linky«

5.1 Bločni diagram

Na bločnem diagramu (slika 5.2) so prikazani sklopi (fiktivni sestavi) elektronskega števca.



Slika 5.2: Bločni diagram elektronskega števca ME342

5.2 Opisi pomembnejših sklopov

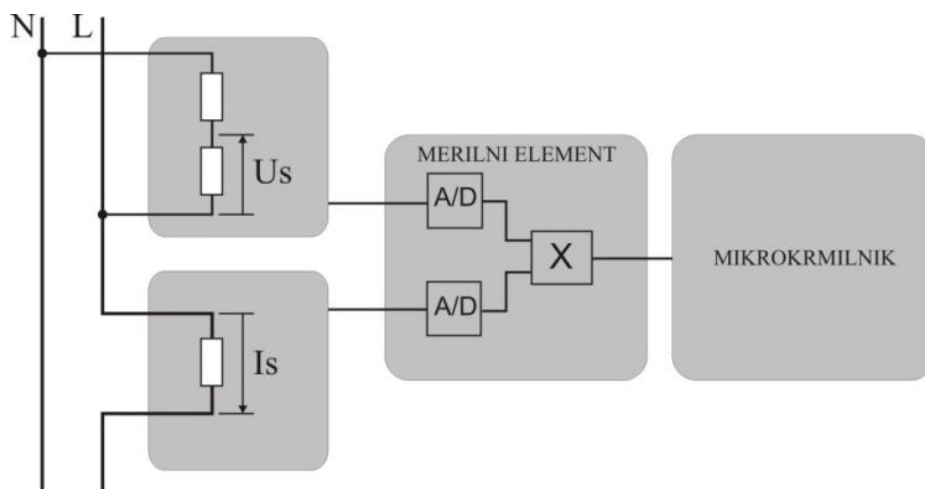
5.2.1 Napajalnik

Uporabljen je stikalni napajalnik. Uporaba le-tega je boljša, ker ne zasede veliko prostora, kot pri klasičnem napajalniku, kjer je njegov glavni element; transformator z Graetz-ovim mostičem, prevelik za vgradnjo v obstoječe ohišje (velikost le-tega je definirana od EDF-a) elektronskega števca ME342. Napetost, ki jo dobimo iz stikalnega napajalnika, je izmenična, ki jo je potrebno zgladiti v želeno enosmerno napetost. Vsi napajalni deli so ustrezno dimenzionirani za zagotavljanje ustrezne napetosti, ki jo potrebuje elektronski števec, odpravljanje neželenih omrežnih motenj ter ustrezno zaščito pred udarci strele. Napajalnik omogoča natančno delovanje števca v napetostnem območju od 80 % do 120 % nazivne napetosti.

5.2.2 Merilni sistem

Za merjenje toka in napetosti sedanja izvedba elektronskega števca ne izkorišča možnosti mikroprocesorja, ampak je v ta namen uporabljeno eksterno enofazno merilno integrirano vezje STPM01F, razvito v podjetju Iskraemeco ter izdelano s strani italijanskega proizvajalca STMicroelectronics [35]. Meritev se izvaja na faznem vodniku. Preko vodila SPI mikroprocesor ob vklopu merilno integrirano vezje primerno nastavi, v nadaljnjem delovanju (merjenju), pa »odbira« namerjene vrednosti električnih veličin.

Merilni sistem na *slika 5.3* ima poleg merilnega elementa STPM01F še dva tipala za napetost in tok, preko katerih se prenašajo napetostni in tokovni signali na A/D pretvornik in se nato še digitalno multiplicirajo za izračun trenutne moči. Slednji podatek se obdela še v mikroprocesorju.



Slika 5.3: Merilni sistem elektronskega števca ME342

Tipali uporabljata za merjenje:

- *Tokovno tipalo*: soupor oziroma »shunt« in
- *napetostno tipalo*: napetostni uporovni delilnik.

5.2.2.1 Pulzna LED dioda

Vgrajena pulzna LED dioda nam ponazarja delovno energijo. Običajna konstanta na pulzni diodi je 1000 imp/KWh pri 100 A BS priključnici števca. Možno je tudi delovanje v testnem načinu, kjer se konstanta poveča na 100.000 imp/kWh, čas trajanja pulza je 20 ms.

5.2.2.2 Mikroprocesorski sklop

Obdeluje podatke, ki jih periodično odčitava z merilnega elementa. Vse rezultate shrani v energijske registre za posamezne tarife. Prav tako jih shrani za predhodna obračunska obdobja. Mikroprocesor, kot je razvidno iz bločnega diagrama na *sliki 5.2*, krmili večino sklopov v elektronskem števcu. Lahko zaključimo, da sta mikroprocesor skupaj z merilnim senzorjem ključna elementa vsakega števca. Mikroprocesor ima tudi notranjo uro RTC (Real Time Clock), katera ima notranji koledar s podatki o letu, mesecu dnevu, dnevu v tednu, uri, minuti, sekundi in prestopnem letu.

5.2.2.3 LCD prikazovalnik

Prikazovalnik običajno sestavljajo kvadratni križ, fazni indikatorji, enote, kodno polje, polje vrednosti in statusni indikatorji. Polja kode, vrednosti in enote so vsebinsko vedno usklajena, kvadratni križ, fazni in statusni indikatorji prikazujejo trenutno stanje števca neodvisno od ostalih polj.

V običajnem delovanju prikazovalnika je prikazana trenutna poraba električne energije. Poleg osnovnih načinov prikazovanja imamo še možnost pregledovanja nekaterih osnovnih parametrov elektronskega števca, ki so zapisani v mikroprocesor in jih nato po potrebi spremenimo. Pregledovanje in spremembe parametrov nam omogočajo vgrajene tipke. Prav tako lahko iz LCD-ja razberemo še alarme oziroma napake, ki so se zgodile med uporabo.

5.2.2.3.1 Tipke

Za premikanje po zaslonu uporabljamo dve smerni tipki, ki sta locirani pod LCD zaslonom. Tipki sta poleg premikanja po zaslonu, uporabljeni za spreminjanje nekaterih parametrov, kot so sklenitve odklopnika (nad desno tipko je postavljena rumena LED dioda ; kadar le-ta sveti je možno krmiliti odklopnik z tipkami), preverjanje avtorizacije, testiranje slikovnih elementov na LCD zaslonu, itd. Funkcije tipk so odvisne od nastavitev v mikroprocesorju.

5.2.2.4 Komunikacijski vmesniki

Elektronski števec ima komunikacijske vmesnike, kot so DLC ter EURIDIS (TELEREPORT). Preko njih je možno nastavljati parametre in brati shranjene vrednosti. Poleg glavnih komunikacij imamo še komunikacijski izhod TELEINFO, kateri konstanto pošilja podatke. Branje teh podatkov je možno preko priključnih sponk vodila Euridis in USB vtiča. Na sponkah je signal moduliran. Uporabljen je zgolj priključek USB za lažje povezovanje, ne vsebuje pa primerne vezja, ki bi uporabljal kompleten USB protokol. Na izhodu USB-ja dobimo nemoduliran signal in ga lahko direktno beremo s primernim pretvornikom logičnih napetostnih nivojev RS-232 ali zunanjim USB vezjem.

5.2.2.5 Detekcija nedovoljenega dostopa

Vsakršno nedovoljeno odpiranje ohišja števec mora elektronski števec pravočasno zaznati ter sporočiti centralnemu operaterju. Detekcijo nedovoljenega dostopa vsebuje vsaka merilna naprava, ki je prisotna na trgu. V ta namen sta v števec ME342 vgrajena dva varovalna sistema. Vsako nedovoljeno odpiranje se zapiše v pomnilnik mikroprocesorja ali pa se takoj pošlje preko komunikacijskih vmesnikov do distributerja električne energije.

Tako imamo na voljo detekcijo nedovoljenega odpiranja priključnice in pokrova. Vsi nenavadni dogodki (nepravilno odpiranje, izpad napetosti, itd.) se shranijo v knjigo dogodkov (logbook). Zaznavanje nedovoljenega odpiranja je možno tudi v breznapetostnem stanju.

5.2.2.6 Dodatno napajalno vezje

Napajalno vezje »SuperCAP« v števcu ne uporablja navadne baterije ampak »Super capacitor«. Vezje mora vzdrževati napajalno napetost RTC-ja medtem, ko se zgodi vsak nenaden izpad električnega omrežja. S tem, ko se ne izgubi napajalna napetost, ura normalno teče naprej vsaj en dan. Dodatno napajalno vezje je potrebno ustrezno galvansko ločiti od preostalega dela števec.

5.2.2.7 Odklopnik

Odklopnik izklaplja fazni vodnik, se pravi odklopi porabnika od električnega omrežja. Krmiljenje odklopnika se izvaja daljinsko ali pa funkcijsko. Daljinsko krmiljenje odklopnika pride v poštev takrat, ko mora distributer narediti nujno terensko opravilo na lokaciji števec ali ko porabnik ne plačuje redno računa za elektriko. Funkcijsko vklopjanje ali izklapljanje odklopnika krmili mikroprocesor, ko pride do prenapetosti, presežene porabljene moči ali pregrevanja števec.

5.2.2.8 Relejski izhod

Relejski izhod omogoča vklope in izklope bremen z veliko porabo glede na tarifo. Kadar je tarifa cenejša izhod vklopi breme na električno omrežje. Maksimalni tok preko izhodnega dela releja je omejen z 4 A varovalko.

6 Modem Euridis

Katerikoli komunikacijski standard, ki je prisoten v elektronskem števcu, vedno potrebuje vmesnik oziroma modem, s katerim je omogočeno branje in parametriranje preko osebnega računalnika ali prenosnega terminala. Modem se potrebuje tudi v času razvijanja nove naprave, ki vsebujejo komunikacijski vmesnik, za testiranje delovanja le-tega.

Z vpeljavo novega komunikacijskega protokola IEC 1142 leta 2002 v podjetju Iskraemeco, je nastal tudi prvi modem Euridis, izdelan samo za razvojne potrebe. Prva različica modema Euridis se je uporabljala vse do razvoja novega elektronskega števca ME342. Slednji uporablja najnovejši Euridis standard IEC 62 056-31, kateremu prvi modem Euridis ne ustreza več. Potreba po novjšem modemu se je pojavila tudi v proizvodnji. V končni kontroli robotizirane linije (povod za izdelavo modema) se poleg ostalih funkcionalnih testov testira komunikacija Euridis elektronskega števca ME342. Ker modem Euridis ni dostopen na trgu, se je podjetje odločilo, kot že pri prvi verziji modema, da ga sami razvijejo.

Poglavitna prednost novega modema je v višji hitrosti prenosa podatkov in dodana možnost priključitve modema na vrata USB.

6.1 Zahteve

Ena od posebnosti komunikacije Euridis je njegova ločenost na dva dela. Sestavljena je iz »telereport« in »teleinfo«:

- **TELEREPORT;**
dvosmerna komunikacija, namenjena izključno distributerju električne energije, ker se odzove le na njegov poziv. Njen namen je branje registrov števca ali spreminjanje parametrov oziroma programiranje števca.
- **TELEINFO;**
enosmerna komunikacija, ki neprekinjeno oddaja podatke, kot so stanje tarife in poraba. Namenjen je potrošniku, ki lahko ob uporabi posebnih krmilnih naprav preko teleinfo krmili določene večje porabnike električne energije v gospodinjstvu, kot so električni grelci.

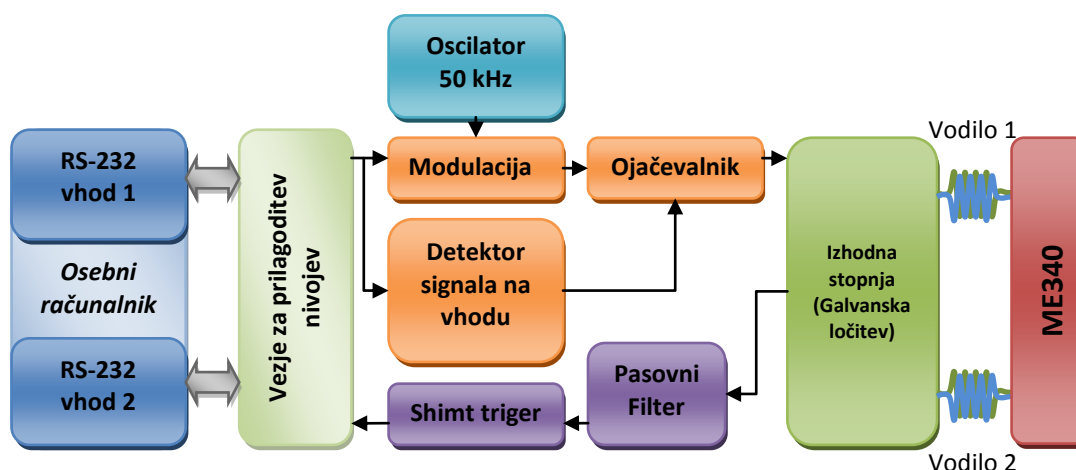
Ker števec vsebuje oba tipa komunikacije stav ta namen vgrajena dva fizično ločena komunikacijskega vmesnika. Imamo posebne sponke za signale »teleinfo« in »telereport«, namenjene priklopu na vodilo Euridis. Na strani osebnega računalnika pa imamo na voljo serijska vhoda (RS-232 in USB). Za proizvodnjo se bodo večinoma uporabljala serijska vrata RS-232, v razvojne namene pa USB.

Specifikacije modema so naslednje:

- napajanje iz konektorja USB (v proizvodnji namenjen napajanju, ne komunikaciji),
- dva komunikacijska kanala za oddajo in sprejem (dvosmeren kanal),
- galvanska ločitev med vodilom Euridis (kadar je na njem prisotna omrežna napetost) in modemom Euridis,
- signalizacija prisotnosti signala in izbranih serijskih vrat (RS-232 ali USB),
- stikalo za preklon med USB in RS-232,
- prednost pri komunikaciji ima osebni računalnik (oddaja) in
- za modem naj veljajo enake zahteve, kot za komunikacijo Euridis v elektronskem števcu ME342;
 - galvanska ločitev vhodov/izhodov vezja od Euridis vodila in
 - ustreza naj zahtevam sekundarne naprave.

6.2 Prvi modem Euridis

Nazornejši prikaz sklopov prvega modema Euridis prikazuje bločni diagram na *sliki 6.1*.



Slika 6.1: Bločni diagram prvega modema Euridis

Modem je bil izdelan leta 2002 za razvojne namene elektronskega enofaznega števca ME340.

Glavne lastnosti modema so:

- lastno napajanje,
- galvanska ločitev med električnim omrežjem in modemom,
- hitrost prenosa podatkov 1200 baudov,
- analogna izvedba modulacije in demodulacije nosilne frekvence,
- serijska komunikacija preko dveh vhodov RS-232 in
- signalizacija prisotnosti signala ter napajanja.

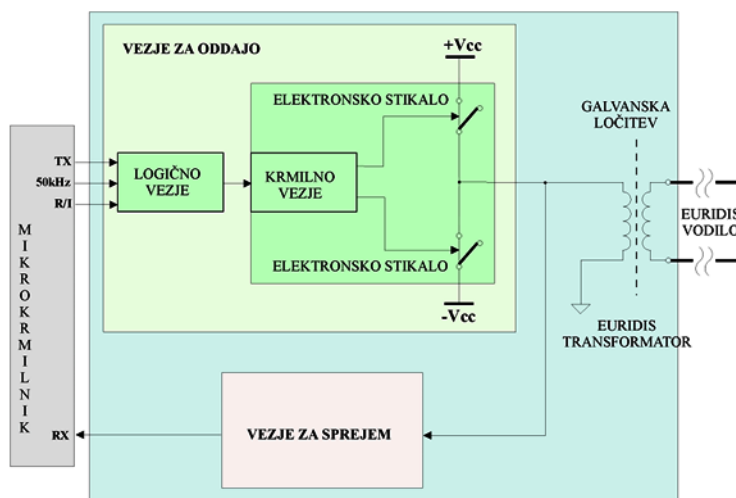
Bistveni problem, ki se pojavlja pri modemu, je potrebna točna nastavitve Schmittovega prožilnika, ki sprejema podatkovni signal. Slednji sprejema sprva nepravilne pulze z nepravilno širino. Prav tako se ob sprejemu podatka pojavlja na koncu podatka prenehaj, ki ga lahko zaznamo kot napako ob oddaji, zaradi česar modem preneha komunicirati [10].

6.2.1 Uporaba modema

Modem se je uporabil za komunikacijsko povezavo z elektronskim enofaznim števcem ME340 in ME341, ki sta bila namensko izdelana za francoski trg ter vsebujeta komunikacijo Euridis. Vezje za telereport vsebuje poleg oddajnega vezja še vezje za sprejem signala preko vodila Euridis. Delovanje komunikacijskega vmesnika na ME340 in ME341 je enako, tako da v nadaljevanju sledi bolj podroben opis vmesnika v elektronskem števcu ME340 ter nato opis nekaterih popravkov, ki so bili narejeni v elektronskem števcu ME341.

6.2.2 Vmesnik v elektronskem števcu ME340

Razdelitev po sklopih oddajnega in sprejemnega vezja nam prikazuje bločni diagram vezja komunikacijskega vmesnika Euridis na *sliki 6.2*.



Slika 6.2: Bločni diagram vmesnika Euridis v elektronskem števcu ME340

6.2.2.1 Oddaja

Z elektronskimi stikali generiramo izmenično napetost frekvence 50 kHz, ki v transformator vsiljuje izmenični tok (polmostič). Na strani vodila dobimo ustrezen podatkovni signal, moduliran s frekvenco 50 kHz. Napetostni nivo ovojnice tako moduliranega signala je določen z jakostjo toka skozi primarno navitje transformatorja.

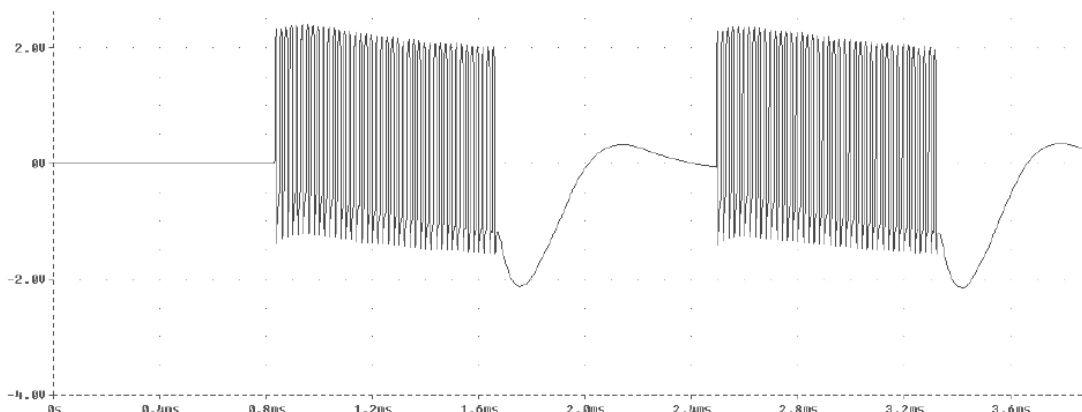
Iz signalov TX, 50 kHz in R/I (ki služi za izbiro med oddajnim in sprejemnim načinom delovanja vmesnika Euridis - telereport) iz mikroprocesorja s pomočjo logičnega in krmilnega vezja oddajnika oblikujemo ustrezen krmilni signal za elektronski stikali. Kadar je stanje R/I na nizkem logičnem nivoju (v načinu sprejema), se vklopi komunikacija teleinfo, katera je namenjena uporabniku.

6.2.2.2 Sprejem

Iz linije dobimo preko transformatorja moduliran signal 50 kHz. Da dobimo uporabne podatke je potrebno iz signala izluščiti prvotni signal in ga digitalizirati. Sprejeti signal najprej filtriramo s pasovno-prepustnim filtrom, uglasenim na 50 kHz. Nato z detektorjem temenske vrednosti oziroma pol-valnim usmernikom izluščimo ovojnico od nosilke 50 kHz. Nazadnje signal digitaliziramo z napetostnim primerjalnikom.

6.2.2.3 Pomanjkljivosti komunikacijskega vmesnika Euridis

Kritična točka delovanja je prenehaj, do katerega pride ob oddaji na koncu signala. Leta je viden na oscilogramu, ki ga prikazuje *slika 6.3*.



Slika 6.3: Oddajni signal s prenehajem

Do prenehaja pride v trenutku preklopa oddajnega krmilnega vezja iz aktivnega delovanja v pasivno delovanje in pripravimo vmesnik na sprejem. Pojav je posledica nakopičene električne energije v kondenzatorju, ki se ob končanem pulzu oddajnega signala TX ne more v hipu izprazniti. Ta pomanjkljivost je bila odpravljena v števcu ME341 z popravkom na krmilnem delu vezja za oddajo.

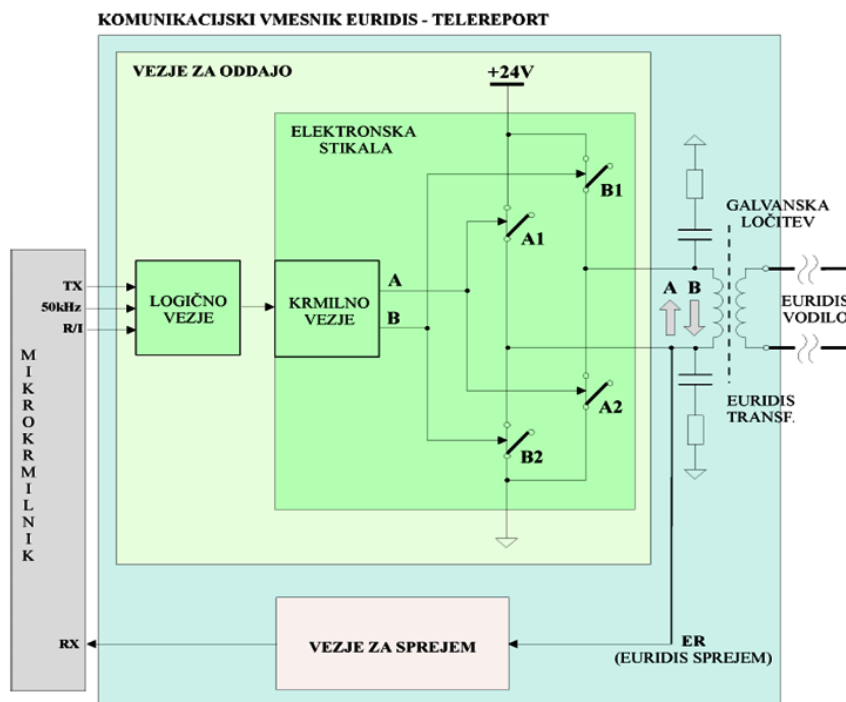
6.2.3 Vmesnik v elektronskem števcu ME341

Osnovna ideja izboljšave krmilnega vezja je v uporabi mostiščne vezave, ki omogoča generiranje ustreznega amplitudno-moduliranega oddajnega signala. Amplitudna modulacija s frekvenco 50 kHz je dosežena z izmeničnim tokom skozi primarno navitje transformatorja Euridis. Signal na vodilu je ujet v ovojnico med pozitivno in negativno napetostjo Vev (Vev → envelope = ovojnica). Širina ovojnice signala je določena z jakostjo toka skozi primarno navitje transformatorja.

Cenovno ugodnejša rešitev (*slika 6.4*) ne zahteva negativne napajalne napetost. Vezje sestavljata dva simetrična tokokroga A (A1, A2) in B (B1, B2), ki imata skupno vejo – primarno navitje transformatorja. Tok skozi navitje ima ob sklenjenem tokokrogu A ravno nasprotno smer kot ob sklenjenem tokokrogu B.

Posledica toka skozi navitje je induciranje izmenične napetosti na sekundarni strani transformatorja, ki je preko zaščitnega kondenzatorja priključen na vodilo Euridis. Tokokroga A in B sta krmiljena s tranzistorskima stopnjama, ki izmenično vklopljata in izklopljata para elektronskih stikal. Ustrezna krmilna signala generira logično vezje iz oddajnega signala TX (transmit data) in izmeničnega pravokotnega signala frekvence 50 kHz.

Krmilna signala sta ob aktivni oddaji v protifazi. Da se izognemo motnjam oddajnega digitalnega signala ob preklonih na vodilu, se ustrezno preoblikuje digitalne pulze v eksponentno obliko. Preoblikovanje opravlja RC člen na obeh izhodih logičnega vezja.



Slika 6.4: Bločni diagram vmesnika Euridis v elektronskem števcu ME341

Pri sprejemu zajemamo signal na primarni strani transformatorja, ki ločuje vezje vmesnika od vodila. Naloga sprejemnega vezja je pretvorba analognega amplitudno-moduliranega vhodnega signala v ustrezen demoduliran digitalni signal. Analogno-digitalna pretvorba je izvršena programsko v manjšem mikroprocesorju. Za analogni pred-filter je uporabljen protiprekrivni (antialiasing) filter.

Pri elektronskem števcu ME341 je odpravljen kritični prenehaj, ki se je pojavljal pri števcu ME340, s čimer se tudi izboljša branje prvega modema, ki prav tako še vedno zadošča takratnim zahtevam. Ker pa so se zahteve v času med prvo izdajo elektronskega števca ME341 in razvojem števca ME342 spremenile, modem ne ustreza več danim zahtevam. Ena izmed poglobitnejših sprememb je povečanje hitrosti prenosa podatkov iz 1200 baudov na 9600 baudov.

6.3 Posodobljeni modem Euridis

Med razvojem elektronskega števca ME342, je bil prvotni namen uporabiti staro izvedbo modema, kar je vodilo k neuspehu zaradi neučinkovitega branja in parametriranja. Napaka branja in pisanja se zgodi takrat, ko želimo uporabljati hitrost 9600 baudov, s čimer se časovni okvir podatkov zmanjša iz 833 μ s (1200 baudov) na 104 μ s. Dovoljena napaka časovnega okvirja podatkov je ± 1 %, kar je pri nižji hitrosti $\pm 8,33$ μ s pri višjih hitrostih pa je nižja $\pm 1,04$ μ s. Kot smo predhodno omenili, se pojavi manjši prenehaj pri oddaji, ko se časovni okvir konča. To pri nižji hitrosti ni problematično, pri 9600 baudih pa se ti prenehaji interpretirajo kot podatek, s čimer pridobimo napako branja in neuspelo komuniciranje s števcem.

Glede na omenjeni problem smo se v podjetju odločili izdelati nov modem Euridis za večje hitrosti. Osnovo modema smo povzeli iz komunikacijskega vmesnika elektronskega števca ME341. Povzet je samo del vezja, ki vsebuje telereport (sprejem in oddaja). Opravljene prilagoditve in spremembe so opisane v nadaljevanju.

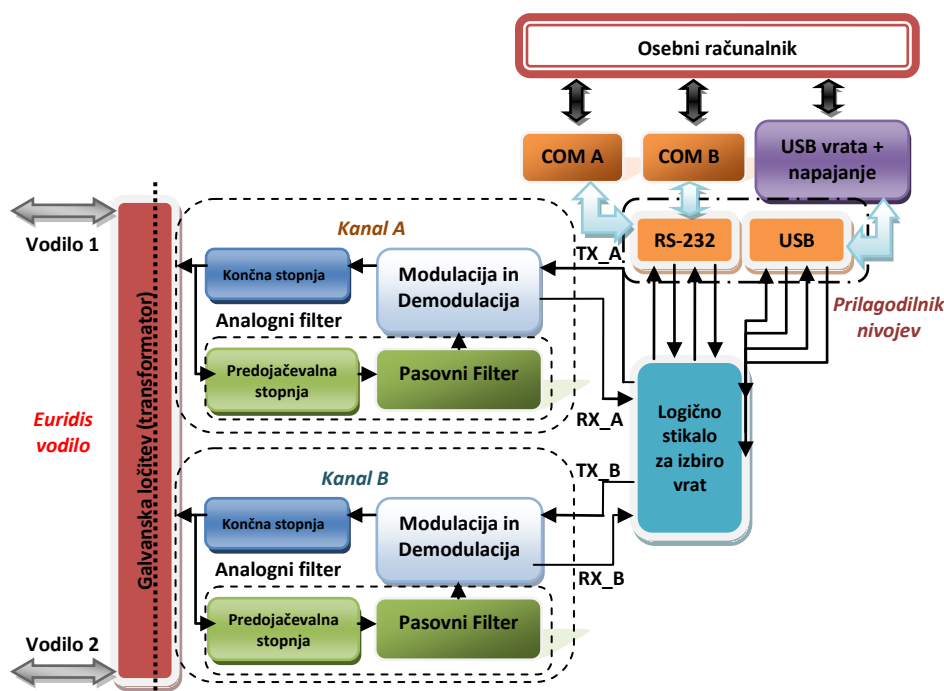
Prav tako je v novem modemu dodana možnost komunikacije preko USB-ja. Primerna je za razvoj, ker hkrati lahko uporabljamo dva komunikacijska kanala po enem USB kablu ter izkoriščamo možnost napajanja. Z izbiro USB-ja smo pridobili prostor v samem ohišju, katerega smo prav tako zmanjšali, ker modem ne potrebuje več zunanega napajanja in s tem dodatnega napajalnega vezja, ki bi nam zasedal prostor na tiskanini.

6.3.1 Bločni diagram

Diagram, ki vsebuje pomembnejše sklope vezja, je prikazan na *sliki 6.5*. Vanj sta vključena dva komunikacijska kanala na strani osebnega računalnika in na strani števca ME342.

Zaradi dveh komunikacijskih vhodov na strani števca telereport in teleinfo je bilo potrebno vključiti v modem Euridis dva dvosmerna komunikacijska kanala (Kanal A in B na *sliki 6.5*), ki bosta pri proizvodnem postopku preverjala pravilnost delovanja obeh komunikacijskih Euridis kanalov. Možnost dveh kanalov nam omogoča hitrejše testiranje števec ME342. Poleg tega smo s to izbiro tudi bolje zapolnili prostor ohišja modema Euridis.

Za delovanje Kanala A in B ni potrebe podvajati napajanja (napajanje iz USB) ter pretvornike nivojev USB in RS-232. Potrebno pa je podvojiti analogne filtre, končne stopnje ter modulacijo in demodulacijo. Večji del elektronskih komponent je v SMD izvedbi, kar varčuje s prostorom.



Slika 6.5: Bločni diagram modema Euridis

6.3.1.1 Oddajna pot

Postopek oddaje sestoji iz osmih korakov.

- ① Osebni računalnik preko namenskega programa odda podatek.
- ② Serijska vrata USB ali RS-232 sprejmejo podatek in ga posredujejo modemu.
- ③ Signal oziroma podatek je potrebno pretvoriti na ustrezne nivoje (RS-232 ali USB, posebno namenska integrirana vezja).
- ④ Logično stikalo posreduje signal v modulator signala iz USB ali RS-232 vhoda, glede na trenutna uporabljena serijska vrata.
- ⑤ Signal je moduliran s frekvenco 50 kHz.
- ⑥ Končna stopnja signal ojači.
- ⑦ Signal je podvržen galvanski ločitvi (transformator).
- ⑧ Podatek potuje po vodilu Euridis.
- ⑧ Signal sprejme števec ME342.

6.3.1.2 Sprejemna pot

Sprejem podatka poteka v šestih korakih.

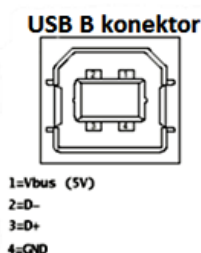
- ① Modem sprejme signal preko galvanske ločitve od števca ME342.
- ② Iz signala je potrebno izločiti višje in nižje frekvence od 50 kHz. To storimo s pomočjo pasovnega filtra.
- ③ Demodulacija oziroma dekodiranje analognega signala.
- ④ Posredovanje signala na pretvornike nivojev USB ali RS-232 (odvisno od izbire) s pomočjo logičnega stikala.
- ⑤ Signal se ustrezno pretvori na nivoje (USB ali RS-232).
- ⑥ Serijska vrata osebnega računalnika sprejmejo podatek.

6.3.2 Sestavni deli modema

Sestavni deli modema Euridis so opisani v smeri od osebnega računalnika do elektronskega števca ME342.

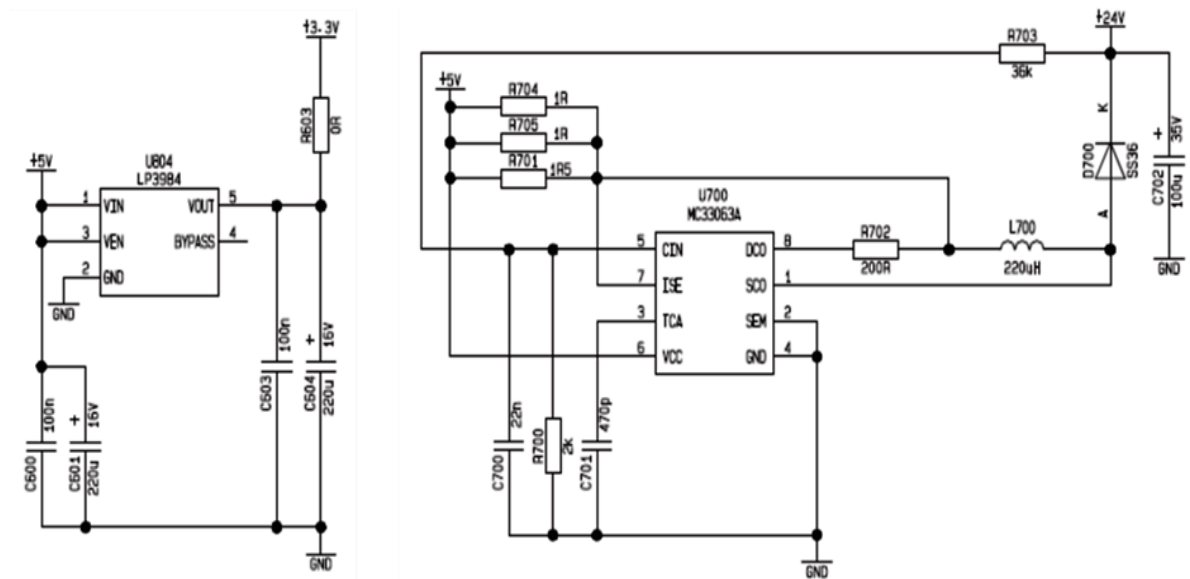
6.3.2.1 Napajalni sklop

Modem potrebuje napetosti 24 V, 5 V in 3,3 V. Napajanje modema Euridis je zagotovljeno iz USB vrat, tako da ni potrebe po zunanjem napajanju. USB vrata nam zagotavljajo 5 V/500 mA oziroma 2,5 W moči, kar je dovolj za aktivno delovanje celega vezja. Napajanje je dosegljivo na priključkih 1 in 4 USB konektorja (*slika 6.6*). Za zagotavljanje enosmerne glajene napetosti in zadostne moči smo dodali vzporedno še elektrolitski kondenzator s kapacitivnostjo 470 μ F/16 V.



Slika 6.6: USB B konektor s priključki

Za zagotavljanje ustreznih napetosti, ki jih potrebujemo, je bilo potrebno dodati primerna vezja. Na *sliki 6.7* sta prikazani vezji za 24 V in 3,3 V napajanje.



Slika 6.7: Napajalno vezje 3,3 V (levo) in 24 V (desno)

Za napajanje 3,3 V smo uporabili napetostni regulator LP3984 proizvajalca National Semiconductor, ki ne potrebuje veliko elementov za delovanje in nam zagotavlja zadostno moč za integrirana vezja [36].

Končna stopnja potrebuje 24 V napetost, da zagotovimo zahtevanim napetostnim nivojem na vodilu Euridis. Za omenjeno napajanje smo uporabili DC-DC pretvornik MC33063 proizvajalca Motorola, pri kateremu lahko uporabimo že obstoječo vezavo, ki jo podaja proizvajalec za funkcijo »step-up« [31].

Za izračun želene izhodne napetosti uporabimo enačbo (3), ki jo podaja proizvajalec v opisu izdelka [31]:

$$abs(V_{out}) = 1,25 \times \left(1 + \frac{R_{703}}{R_{700}}\right) = 1,25 \times \left(1 + \frac{36 \text{ k}\Omega}{2 \text{ k}\Omega}\right) = 23,75 \text{ V} \quad (3)$$

Poleg želene izhodne napetosti je potrebno izbrati še naslednje parametre:

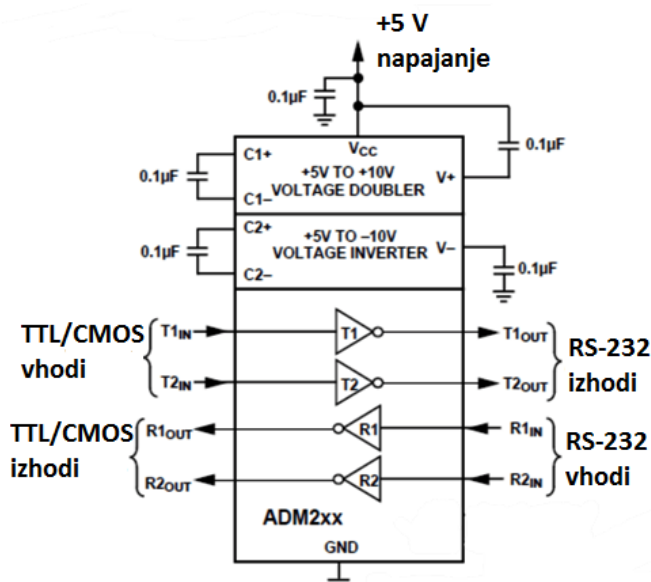
- **V_{in}** – nominalna vhodna napetost,
- **I_{out}** – želeni izhodni tok in
- **V_{ripple(pp)}** – želeno »peak-to-peak« izhodno valovanje.

6.3.2.2 Prilagodilniki napetostnih nivojev

Signal, ki ga dobimo iz osebnega računalnika oziroma iz serijskih vrat RS-232 ali USB, ga je potrebno prilagoditi na primerne napetostne nivoje. To storimo s prilagodilniki napetostnih nivojev.

6.3.2.2.1 Prilagodilnik nivojev RS-232

Uporabljeno je vezje ADM232 proizvajalca Analog Devices, ki ima sposobnost dveh komunikacijskih kanalov (sprejem/oddaja) [37]. Za pravilno delovanje potrebuje zunanje kondenzatorje vrednosti 100 nF. Bločni diagram na *sliki 6.8* prikazuje vhodne in izhodne signale integriranega vezja ADM232 ter priporočeno vezavo vezja [37].

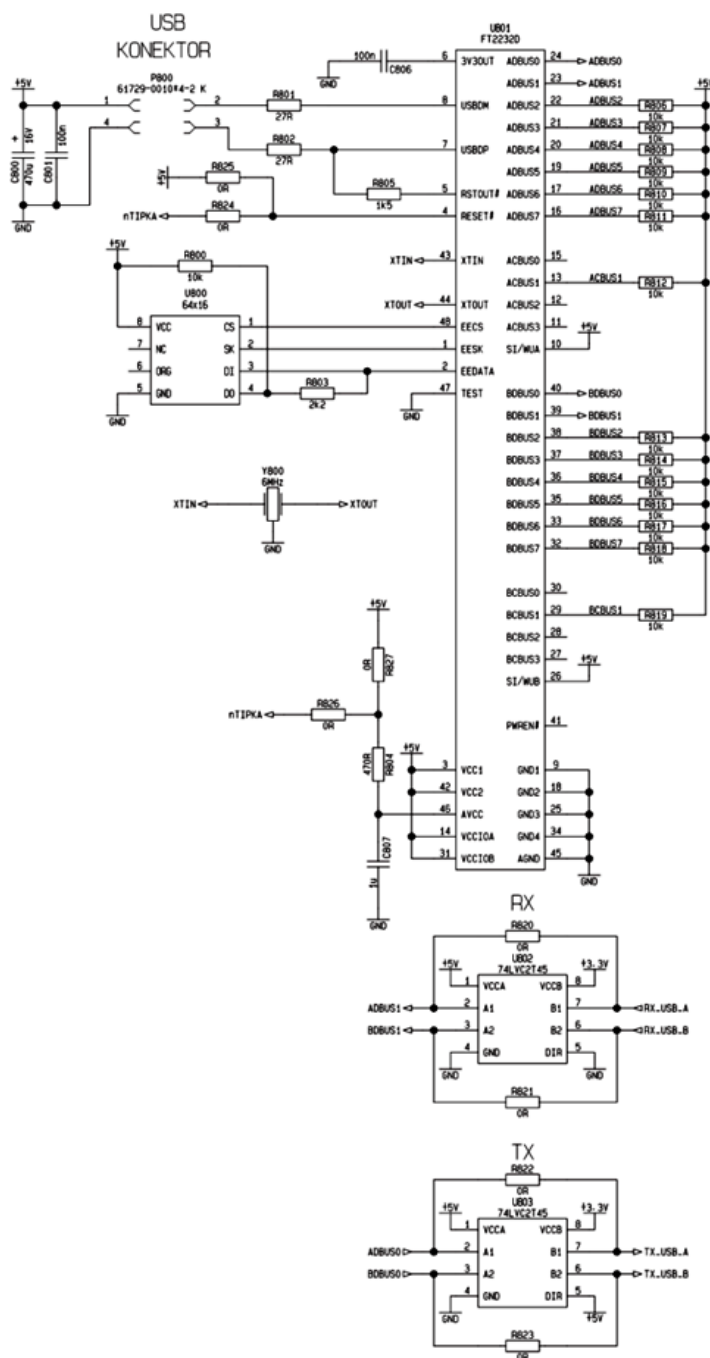


Slika 6.8: Bločni diagram integriranega vezja ADM232

6.3.2.2.2 Prilagodilnik nivojev USB

Integrirano vezje FT232RL proizvajalca FTDI (Future Technology Devices International), ki ga uporabimo za serijsko pretvorbo med USB in UART-om, ima možnost uporabe dveh komunikacijskih kanalov [32]. Podpira celoten USB protokol, tako da ni potrebe po specifičnem USB programiranju. UART vmesnik podpira od 7 do 8 podatkovnih bitov, 1-2 stop bita ter paritetne bite Odd, Even, Mark, Space ter brez paritete. Napajanje vezja je izvedeno iz USB priključka. Signal, ki ga dobimo iz USB-ja ima napetostni nivo 5 V.

Napetostni nivo je potrebno z zunanji napetostni prevajalniki 74LVC2T45 proizvajalca NXP pretvoriti na 3,3 V (*slika 6.9*, element U802 in U803) [38]. Omogočajo dvosmerno napetostno prilagajanje ter imajo možnost dvojnega napajanja. Uporabljeni izhodi in vhodi za komunikacijo so: ADBUS0, ADBUS1, BDBUS0 in BDBUS1. Vse neuporabljene izhode vežemo na »pull-up« upore. Za pravilno delovanje integriranega vezja je potrebno poleg napajanja dodati še primeren resonator 6 MHz ter EEPROM (U800), v katerega se shranjujejo nastavitveni parametri USB-ja.



Slika 6.9: Integrirano vezje FT2232D

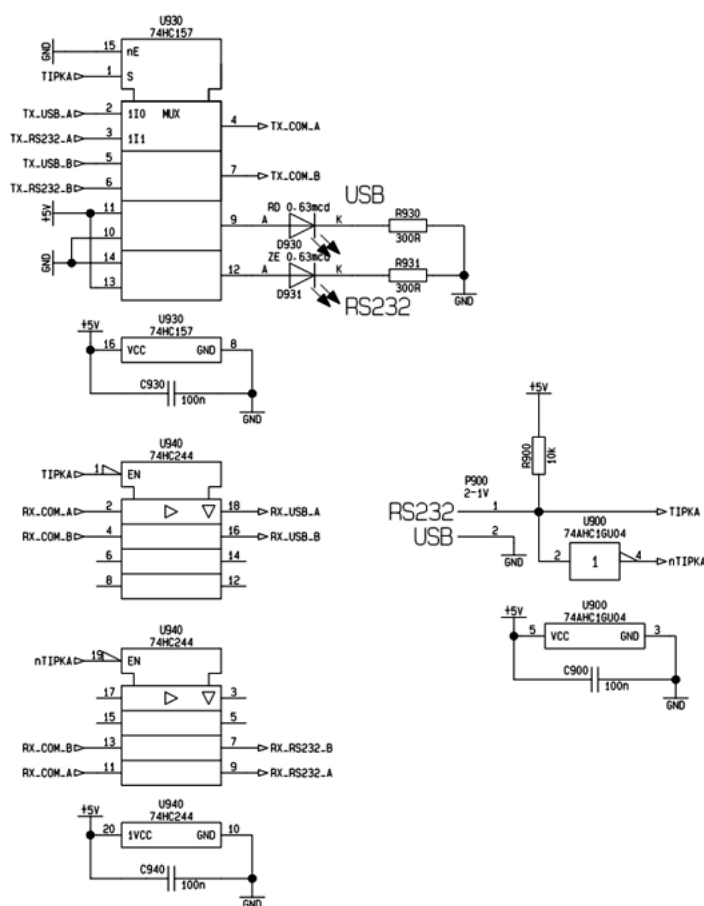
6.3.2.3 Logično stikalo

Logično stikalo (slika 6.10) blokira in sprošča signale, ki potujejo od USB-ja ali od RS-232 proti elektronskem števcu in obratno. Z zunanjim mehanskim stikalom preklapljammo med serijskimi vrati osebnega računalnika. Mehansko stikalo je povezano na konektor, ki je na tiskanini modema. Uporabili smo dva logični vezji, ki opravljata svojo vlogo blokiranja in sproščanja signalov. Za upravljanje logičnih vezij uporabimo dva krmilna signala TIPKA in nTIPKA.

Ko sklenemo mehansko stikalo, je prvi krmilni signal TIPKA na visokem napetostnem nivoju (5 V) ter na izhodu negatorja drugi krmilni signal nTIPKA, ki je na nizkem napetostnem nivoju (0 V). S signalom TIPKA odpremo logične vrata logičnega vezja U930 in U940. S tem sprostimo signale, ki potujejo iz serijskih vrat USB (TX_USB_A in TX_USB_B) na izhode logičnih vrat (TX_COM_A in TX_COM_B) ter signale, ki potujejo v serijska vrata USB (RX_USB_A in RX_USB_B). Blokiramo pa tiste signale, ki potujejo iz serijskih vrat RS-232 (TX_RS232_A in TX_RS232_B). Krmilni signal nTIPKA, ki je v tem primeru na nizkem nivoju, je vezan na logično vezje U940. Upravlja z drugo skupino logičnih vrat, ki jih ponuja logično vezje ter blokira vse signale, ki potujejo proti serijskim vratom RS-232 (RX_RS232_A in RX_RS232_B).

V primeru uporabe serijskih vrat RS-232 razklenemo mehansko stikalo (TIPKA na nizkem ter nTIPKA na visokem napetostnem nivoju) in sprostimo signale, ki potujejo iz serijskih in v serijska vrata RS-232, ter blokiramo vse signale, ki potujejo iz serijskih in v serijska vrata USB.

Na logično vezje U930 smo za signalizacijo aktivnih serijskih vrat vezali dve LED diodi (D930 in D931).



Slika 6.10: Logično stikalo modema Euridis

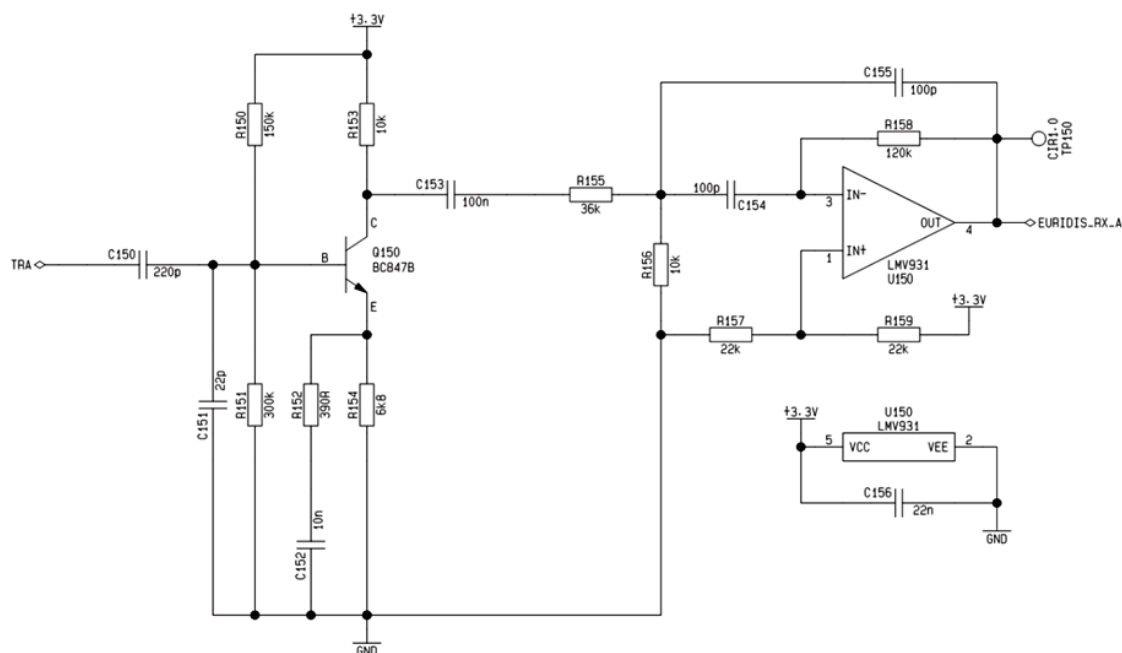
6.3.2.4 Filter, modulacija in demodulacija

Pri sprejemu ali oddajanju signala zajemamo signal TRA (*slika 6.11*) na primarni strani ločilnega transformatorja, ki loči vezje modema Euridis od vodila. Podatkovni signal TRA je moduliran s frekvenco 50 kHz. Prisotnost 50 kHz nosilke pomeni prenos logične »0«, sicer pa mora sprejemno vezje zaznati logično »1«. Naloga filtra oziroma sprejemnega vezja je torej pretvorba analognega amplitudno moduliranega vhodno/izhodnega signala TRA v ustrezen digitalni signal EURIDIS_RX_A, ki je razumljiv mikroprocesorju MSP430F2002 proizvajalca Texas Instruments. Realizacija analognega filtra, modulatorja in demodulatorja je prikazana na *sliki 6.11* in *sliki 6.14*.

6.3.2.4.1 Analogni filter

Analogni filter mora izločiti nosilno frekvenco signala 50 kHz. Sestavljen je iz dveh stopenj: pred-ojačevalne stopnje in aktivnega pasovnega filtra. Obe stopnji prispevata k slabljenju višjih in nižjih frekvenc od 50 kHz ter ojačenju koristnega signala.

Služi nam za »grobno« filtriranje. Pred vzorčenjem signala (MSP430F2002) je potrebno iz njega izločiti vse komponente, ki bi povzročile prekrivanje spektra vzorčenega signala. To so komponente s frekvenco, ki presega polovično vrednost vzorčene frekvence, $f_{VZ} = 200$ kHz.



Slika 6.11: Analogni filter modema Euridis

6.3.2.4.1.1 Predojačevalna stopnja

Izvedena je z NPN tranzistorjem BC847 proizvajalca NXP [38].

- *Uporovni delilnik* (R_{150} , R_{151}) za nastavitev mirovne delovne točke:

Vrednosti: $R_{150} = 150 \text{ k}\Omega$; $R_{151} = 300 \text{ k}\Omega$; $U_{CC} = 3,3 \text{ V}$

$$R_{150} = \frac{U_{B0}}{U_{CC} - U_{B0}} \times R_{151} \rightarrow U_{B0} = \frac{R_{150}}{R_{150} + R_{151}} \times U_{CC} \rightarrow U_{B0} = 1,1 \text{ V} \quad (4)$$

Optimalno vrednost U_{B0} izračunamo glede na dane parametre in primerjamo z izračunano vrednostjo U_{B0} , če spada v območje oziroma, če se približa optimalni vrednosti $U_{B0opt.}$.

$$U_{B0opt.} = \frac{u_{Bmax} + u_{Bmin}}{2} \quad (5)$$

Podamo še izraz za u_{Bmax} : $U_{csat} = 0,25 \text{ V}$

$$u_{Bmax} = \frac{R_{154} \times (U_{CC} - U_{csat})}{R_{153} + R_{154}} + 0,6 \text{ V} = 1,83 \text{ V}; u_{Bmin} = 0,6 \text{ V} \quad (6)$$

Izračunamo $U_{B0opt.}$ iz danih parametrov: $U_{B0opt.} = 1,22 \text{ V}$.

Iz izračunane optimalne napetosti $U_{B0opt.}$ lahko ocenimo, da smo se dovolj dobro približali vrednosti U_{B0} uporovnega delilnika.

- *Emitorski kondenzator* $C_E = C_{152}$;
emitorski upor kompenzira samo počasne spremembe toka, ki nastanejo največkrat zaradi spreminjajoče se temperature, kar za izmenični signal ne bi smelo predstavljati nobene ovire. Ob dodanem kondenzatorju bo izmenični tok signala tekel skozi njega. Impedanca kondenzatorja pri delovni frekvenci mora biti neprimerno manjša od dinamične upornosti emitorja, da bo neenačba (7) držala:

$$X_C < r_E \text{ ali } \frac{1}{2 \times \pi \times f \times C_{152}} < r_E \quad (7)$$

Izračun kondenzatorja C_{152} z enačbo (8):

Določimo ga iz načrtovane mejne frekvence.

$$C_{152} = \frac{1}{\omega_m \times \left(R_{152} + R_{154} \parallel \frac{r_{11E} + R_{150} \parallel R_{151} \parallel R_G}{1 + \beta_{AC}} \right)} \quad (8)$$

- *Kapacitivna sklopitev*;
dodana je vhodna in izhodna kapacitivna sklopitev, ker je to izmenični ojačevalnik. Vhodni vezni kondenzator C_{150} je dodan za izločitev nekoristne enosmerne komponente signala. Izhodni vezni kondenzator C_{153} je na tem mestu zato, ker enosmerna komponenta izhodne napetosti ojačevalnika ni enaka enosmerni komponenti vhodne napetosti vezja, ki sledi na prenosni poti.

Vhodni vezni kondenzator se obnaša kot CR člen z mejno frekvenco (9):

$$\omega_m = \frac{1}{C150 \times (R150 \parallel R151 \parallel (\beta \times R154))} \quad (9)$$

Napetostno ojačenje (10):

$$A_u = -\frac{\Delta u_C}{\Delta u_B} = \frac{R_C}{R_E + \frac{r_{BE}}{\beta}} \quad (10)$$

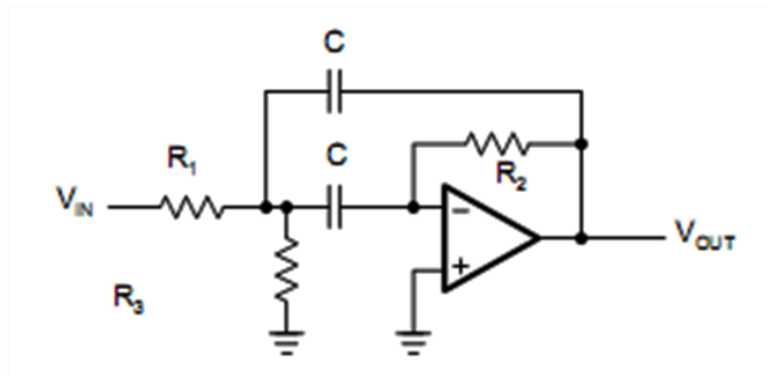
Ker je v našem primeru R_E dosti večji od upornosti $\frac{r_{BE}}{\beta}$ se enačba (10) poenostavi v enačbo (11):

$$A_u \approx \frac{R_C}{R_E} \approx 1,47 \quad (11)$$

6.3.2.4.1.2 Pasovni filter

V vezju smo uporabili aktivni pasovni filter, ki je izveden z operacijskim ojačevalnikom LMV931 proizvajalca National Semiconductors [39]. Vezje filtra v modemu je predstavljeno na *sliki 6.11*.

Filter je možno izdelati na več načinov s kombinacijo elementov v večkratni povratni zvezi. Ta tip filtra je tipičen primer selektivnega prepustnega filtra, ki prepušča določen frekvenčni pas. Ožji kot je frekvenčni pas, bolj kvaliteten je prepustni filter. Enačbe za izračun poglobitnejših parametrov aktivnega pasovnega filtra bodo izhajale iz *slike 6.12* [11].



Slika 6.12: MFB aktivni pasovni filter

- Prenosna funkcija H :

$$H(s) = \frac{-\frac{R_2 \times R_3}{R_1 + R_3} \times C \times \omega_m \times s}{1 + \frac{2 \times R_1 \times R_3}{R_1 + R_3} \times C \times \omega_m \times s + \frac{R_1 \times R_2 \times R_3}{R_1 + R_3} \times C^2 \times \omega_m^2 \times s^2} \quad (12)$$

- Resonančna frekvenca f_m :

$$f_m = \frac{1}{2 \times \pi \times C} \sqrt{\frac{R_1 + R_3}{R_1 \times R_2 \times R_3}} \quad (13)$$

- Ojačenje A_m pri resonančni frekvenci, kvaliteta filtra Q in pasovna širina B :

$$-A_m = \frac{R_2}{2 \times R_1}, Q = \pi \times f_m \times R_2 \times C, B = \frac{1}{\pi \times R_2 \times C} \quad (14)$$

Možno je neodvisno nastavljati parametre Q , in f_m . Pasovna širina in ojačenje nista odvisni od upora R_3 .

Pri izračunu primernih parametrov smo si vnaprej izbrali resonančno frekvenco, primerno kapacitivnost, ojačenje in kvaliteto filtra. Iz teh podatkov smo izračunali vrednosti R_1 , R_2 in R_3 .

$$C_1 = C_2 = 100 \text{ pF}, f_m = 50 \text{ kHz}, Q = 2, A_m = 2$$

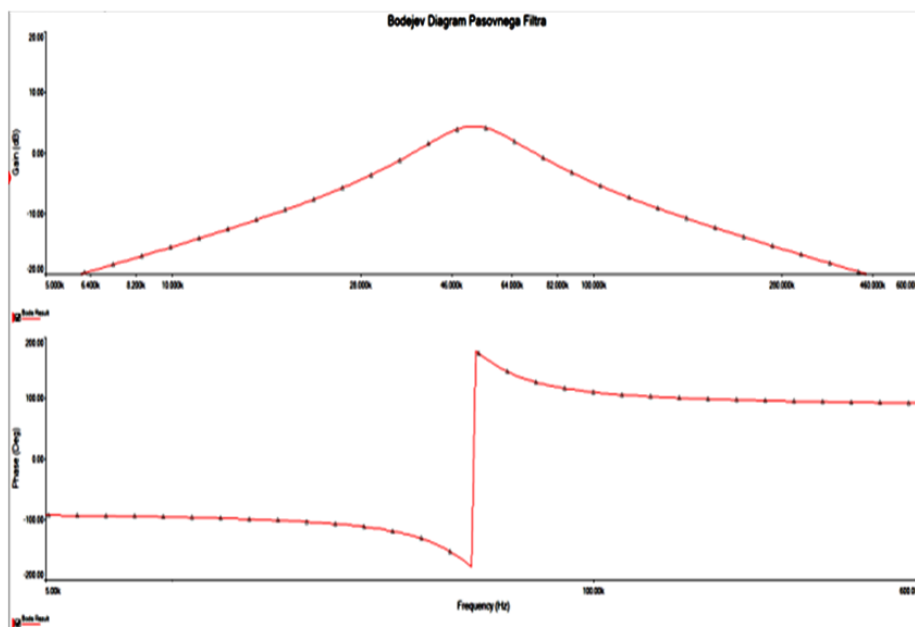
$$R_1 = \frac{R_2}{2 \times A_m} = 31,83 \text{ k}\Omega \quad (15)$$

$$R_2 = \frac{Q}{\pi \times f_m \times C} = 127,23 \text{ k}\Omega \quad (16)$$

$$R_3 = \frac{A_m \times R_1}{2 \times Q^2 + A_m} = 6,3 \text{ k}\Omega \quad (18)$$

Ker nismo imeli na voljo preciznih uporov smo morali izbrati vrednosti uporov, ki so najbližje izračunanim vrednostim in te so: $R_1 = 36 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 120 \text{ k}\Omega$ in $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$. Iz izbranih vrednosti elementov, smo nato še izračunali pasovno širino pasovnega filtra $B = 26,53$.

Na podlagi izračunanih vrednosti je predstavljena karakteristika pasovnega filtra v frekvenčnem prostoru na *sliki 6.13*.



Slika 6.13: Karakteristika pasovnega filtra v frekvenčnem prostoru

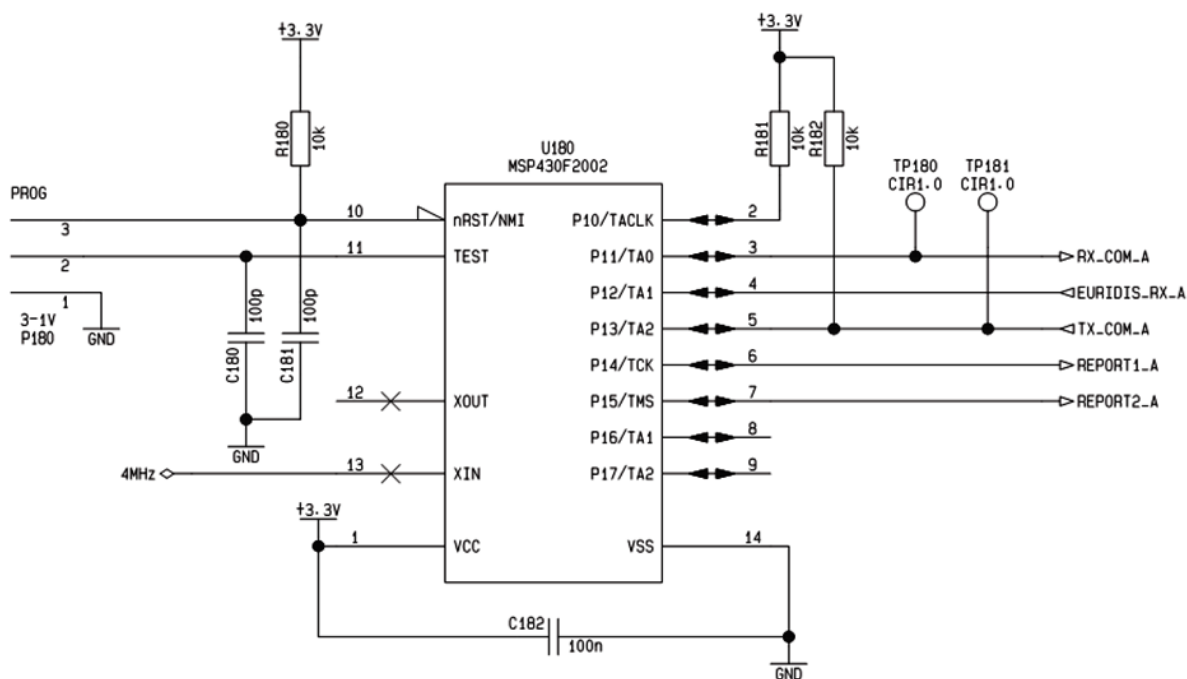
Zaradi unipolarnega delovanja smo operacijskemu ojačevalniku spremenili referenco na neinvertirajočem vhodu na polovico napajalne napetosti 1,65 V.

6.3.2.4.2 Modulacija in demodulacija

Za modulacijo in demodulacijo skrbi mikroprocesor MSP430F2002 (U180) proizvajalca Texas Instruments [23]. Mikroprocesor obdeluje prejete podatke iz serijskih vrat osebnega računalnika (modulacija signala TX_COM_A s 50 kHz nosilko) ali iz strani števca (demodulacija, izločitev 50 kHz nosilne frekvence). Modulacija in demodulacija sta izvedeni programsko.

Ko mikroprocesor dobi podatke iz serijskih vrat TX_COM_A, jih najprej pretvori v signala REPORT1_A in REPORT2_A, ki sta amplitudno modulirana s frekvenco 50 kHz. Z njima krmilimo končno stopnjo, ki prenese signal na vodilo Euridis. Medtem ko mikroprocesor modulira prejeti signal TX_COM_A že v drugem trenutka izvaja demodulacijo sprejetega signala EURIDIS_RX_A, prejetega preko analognega filtra. Digitaliziran signal RX_COM_A pošlje mikroprocesor na izbrana serijska vrata.

Vezje in oscilator 4 MHz, ki ga potrebuje mikroprocesor, sta predstavljena na *sliki 6.14*. Celotno vezje potrebuje napajanje 3,3 V.



Slika 6.14: Mikroprocesor MSP430F2002 (modulator in demodulator).

6.3.2.4.2.1 Modulacija

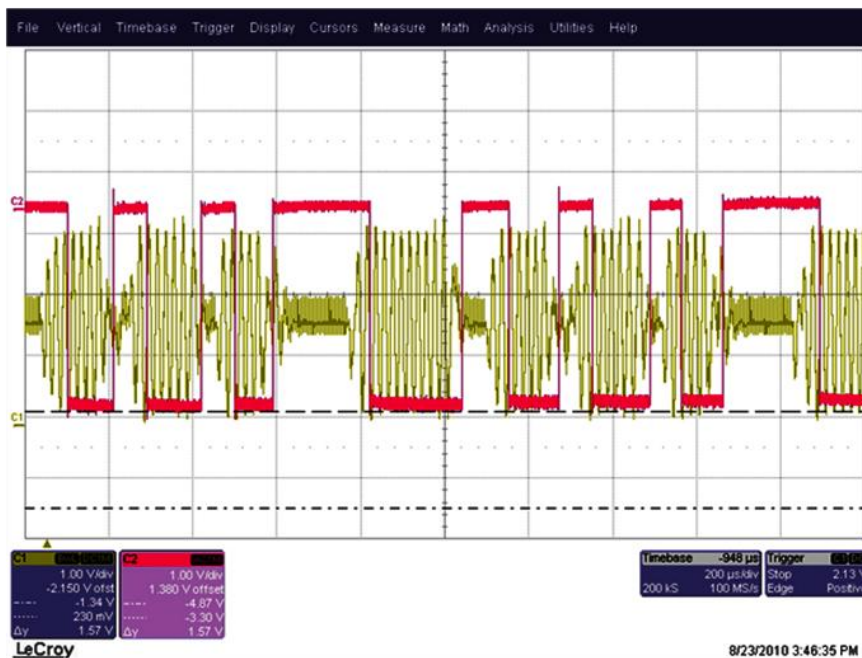
Na *sliki 6.15* so predstavljeni signali TX_COM_A (rumeni signal), REPORT1_A (rdeči signal) in REPORT2_A (modri signal).



Slika 6.15: Modulirana signala REPORT1_A in REPORT2_A s frekvenco 50 kHz

6.3.2.4.2.2 Demodulacija

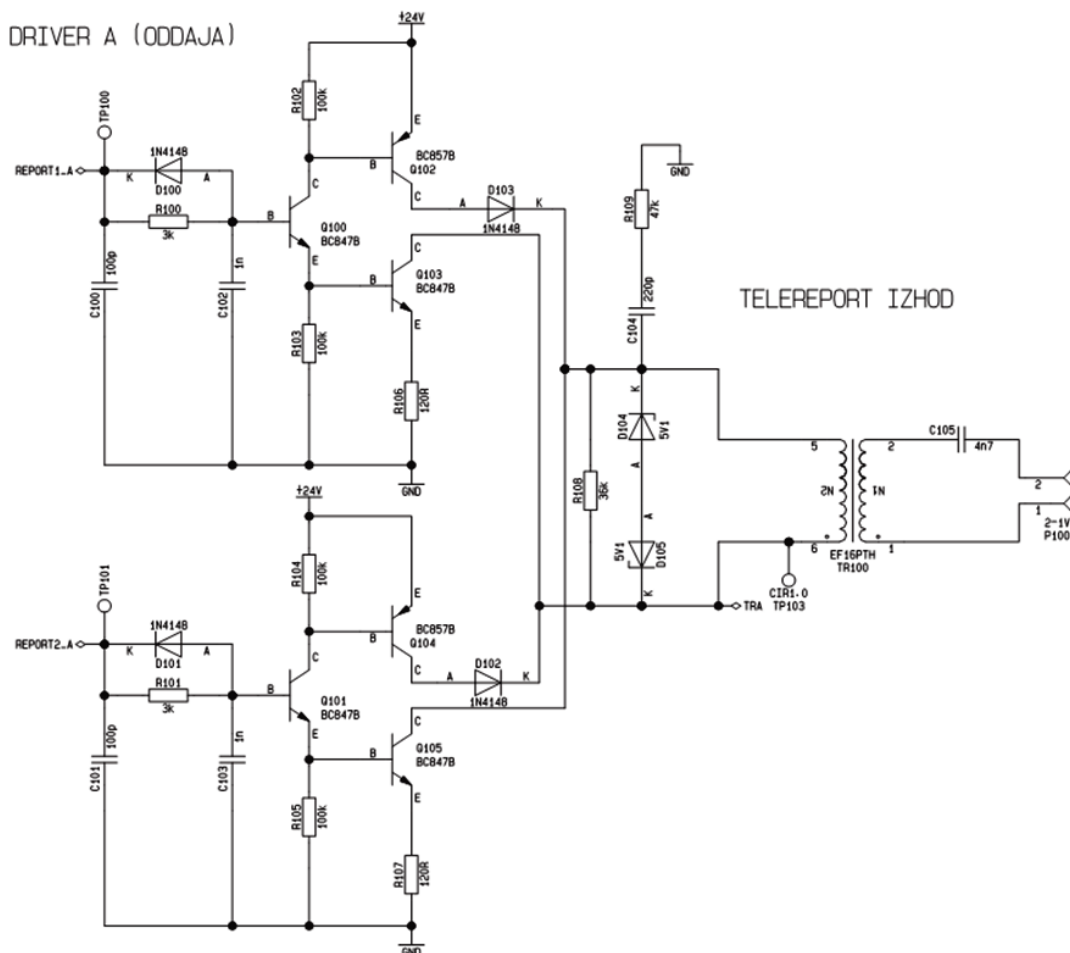
Oscilogram na *sliki 6.16* prikazuje sprejem signala na priključni sponki EURIDIS_RX_A (rumeni signal) in digitaliziran signal na izhodni priključni sponki RX_COM_A (rdeči signal).



Slika 6.16: Digitaliziran prejeti 50 kHz signal

6.3.2.5 Končna stopnja in galvanska ločitev

Oddani signal iz mikroprocesorja je potrebno poslati na vodilo Euridis. Vodilo zahteva primerne velikosti napetosti, ki so podane v *poglavju 4.2.3.3*. Za to skrbi primerna končna stopnja in galvanska ločitev modema (*slika 6.17*).



Slika 6.17: Stikalni načrt končne stopnje in galvanske ločitve

6.3.2.5.1 Končna stopnja

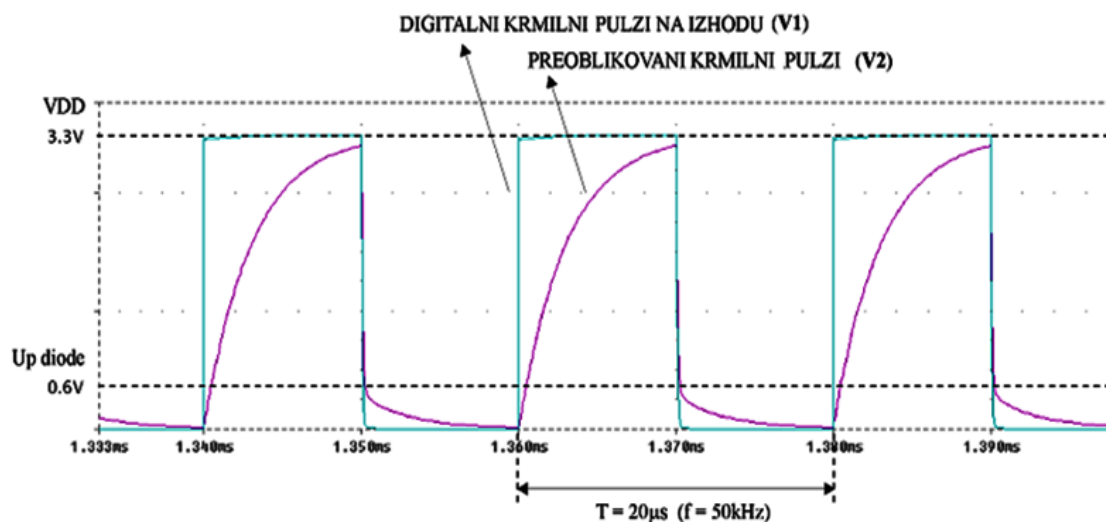
Končna stopnja je podobna končni stopnji v števcu ME341 ter je opisana v *poglavju 6.2.3*. Vezje, ki je uporabljeno v modemu Euridis se razlikuje od omenjenega le v nekaterih popravkih za izboljšavo stabilizacije vezja. Napajanje končne stopnje je 24 V.

Vezje sestavljata dva simetrična tokokroga, ki sta sestavljena iz NPN in PNP tranzistorjev:

- Simetrični tokokrog A: Q100, Q102, Q103.
- Simetrični tokokrog B: Q101, Q104, Q105.

V *poglavju 6.2.3* smo že omenili, da se v vezju uporabljata dva krmilna signala REPORT1_A in REPORT2_A za krmiljenje tranzistorjev Q100 in Q101, ki ju generiramo z mikroprocesorjem iz oddajnega signala TX_COM_A s 50 kHz nosilno frekvenco. Na izhodih iz simetričnih tokokrogov sta dodani še dve diodi (D103, D102) v prevodni smeri za zmanjševanja nihanja.

Ker obstaja nevarnost, da bi se v trenutkih preklapov hkrati sklenila oba para elektronskih stikal, bi zaradi digitalne oblike krmilnih pulzov, prihajalo do motenj oddajnega signala na vodilu. To nevarnost smo odpravili s preoblikovanjem digitalnih pulzov v eksponentno obliko (slika 6.18), kar dobimo z RC členom (D100, D101, R100, R101, C102, C103) na obeh izhodih mikroprocesorja.



Slika 6.18: Krmilni pulzi končne stopnje

Diodi (D100, D101) skrbita za hitro izpraznjene kondenzatorjev (C102, C103) do pragovne napetosti ($U_p \approx 0,6V$) ob neprisotnosti pulza. Vrednosti uporov (R100, R101) in kondenzatorjev (C102, C103) določajo ustrezno časovno konstanto τ polnjenja in praznjenja kondenzatorja.

$$R_{100}, R_{101} = R = 3 \text{ k}\Omega, \quad C_{102}, C_{103} = C = 1 \text{ nF} \rightarrow \tau = R \times C = 3 \text{ }\mu\text{s}$$

$$f = 50 \text{ kHz} \rightarrow \frac{T}{2} = 10 \text{ }\mu\text{s} \quad (19)$$

- *Polnjenje kondenzatorja:*

$$u_C(t) = U_{DD} \times (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (20)$$

$$u_C(T/2) = 3,3 \text{ V} \times 0,96 = 3,17 \text{ V}$$

- *Praznjenje kondenzatorja:*

$$u_C(t) = U_{p_{diode}} \times e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (21)$$

$$u_C(t) = 0,6 \text{ V} \times 0,04 = 0,02 \text{ V}$$

Pred RC členom smo dodali še kondenzator (C100, C101) vrednosti 100pF, ki služi za dušenje visokofrekvenčnih nizkoenergijskih motenj.

Napetostni nivo ovojnice signala na vodilu (Vev) je določen z jakostjo toka skozi primarno navitje ločilnega transformatorja, kar določata upora R106 in R107, katerih vrednost je izbrana na sledeč način.

- Zahteve specifikacij Euridis pri priključenem uporu $R_L = 100 \, \Omega$ med priključnima sponkama vodila:

$$V_{evl0} = 1,2 \, \text{V}; \quad V_{evh0} = 1,8 \, \text{V}$$

Izberemo srednjo vrednost:

$$V_{ev0} = \frac{V_{evl0} + V_{evh0}}{2} = 1,6 \, \text{V} \quad (22)$$

Potreben tok sekundarnega navitja:

$$I_{p_sek} = \frac{V_{ev0}}{R_L} = 16 \, \text{mA} \quad (23)$$

Tok primarnega navitja: $N_1 = N_2 \rightarrow I_{p_prim} = I_{p_sek}$

Napetost na uporih R106, R107:

$$V_{p_R106} = V_{DD} - U_{BEQ100} - U_{BEQ101} = 3,3 \, \text{V} - 0,6 \, \text{V} - 0,6 \, \text{V} = 2,1 \, \text{V} \quad (24)$$

Izračunani vrednosti R106, R107:

$$R106 = R107 = \frac{V_{p_R106}}{I_{p_prim}} = 130 \, \Omega \quad (25)$$

Realna vrednost upora je $120 \, \Omega$, s čimer se rahlo poveča tok na $17,5 \, \text{mA}$.

6.3.2.5.2 Galvanska ločitev

Galvanska ločitev mora zdržati priključitev omrežne napetosti, kar zagotovimo z zaščitnim kondenzatorjem na sekundarni strani transformatorja (metalizirani poliesterski kondenzator C105 = 47 nF, napetost 250 VDC), ki je priključen na konektor vodila Euridis. Osnovni namen ločitve je očiten, da zaščiti modem Euridis pred nezaželenimi priključitvami na vodilo. Na primarni strani transformatorja sta vzporedno vezani dve 5,1 V Zener diodi (D104, D105), ki omejujeta izhodno amplitudo koristnega signala. Poleg omejevanja amplitude signala je potrebno še zadostiti pogoju izhodne impedance najmanj $20 \, \text{k}\Omega$ v sprejemnem načinu.

Uporabili smo transformator proizvajalca EPCOS, katerega nam je izdelal po naših zahtevah oziroma po specifikacijah Euridis. Minimalno induktivnost zahtevana induktivnost primarne in sekundarne strani je 60 mH. EPCOS-ovi transformatorji imajo v povprečju 100mH, kar je ustrezno.

Tok, ki se pojavi na sekundarni strani transformatorja ob oddaji signala, ob upoštevanju napetosti $V_{nmax} = 5\text{ V}$, brez obremenitve in z obremenitvijo $RL = 100\ \Omega$ in $V_{nmin} = 1,8\text{ V}$ je:

$$I_{sek} = \frac{V_{nmax} - V_{nmin}}{R_L} = 32\text{ mA} \quad (26)$$

Zaradi večje zanesljivosti smo povečali izhodno napetost na 8 V. Maksimalen primarni tok transformatorja, ki ga dobimo, je 20 mA.

6.3.3 Meritve signalov

Ker je modem namenjen interni uporabi podjetja Iskraemeco, ni bilo potrebno dosegati vseh zahtev, ki jih predvideva standard. Večino zahtev smo uspešno izpolnili, kot je razvidno iz prikazanih oscilogramov v poglavjih, ki sledijo. Zahteve za vsako meritev so opisane v *poglavju 4*.

Pri meritvah signala na vodilu smo s pomočjo osebnega računalnika pošiljali v elektronski števec ME342 in obratno konstanten niz podatkov »55«. Bitni vzorec 00110111 je dovolj kratek za zajemanje celotnega vzorca na osciloskopu ter ima ravno dovolj preklapov logičnih stanj. Lahko bi izbrali tudi kakšen drug bitni vzorec, ki bi vseboval ravno dovolj preklapov logičnih stanj in da bi ga lahko, kot celoto opazovali na osciloskopu. Med preklopi logičnih stanj smo opazovali prenehaje, ki so se pojavljali na začetku razvoja modema Euridis ter jih tudi kasneje ustrezno odstranili.

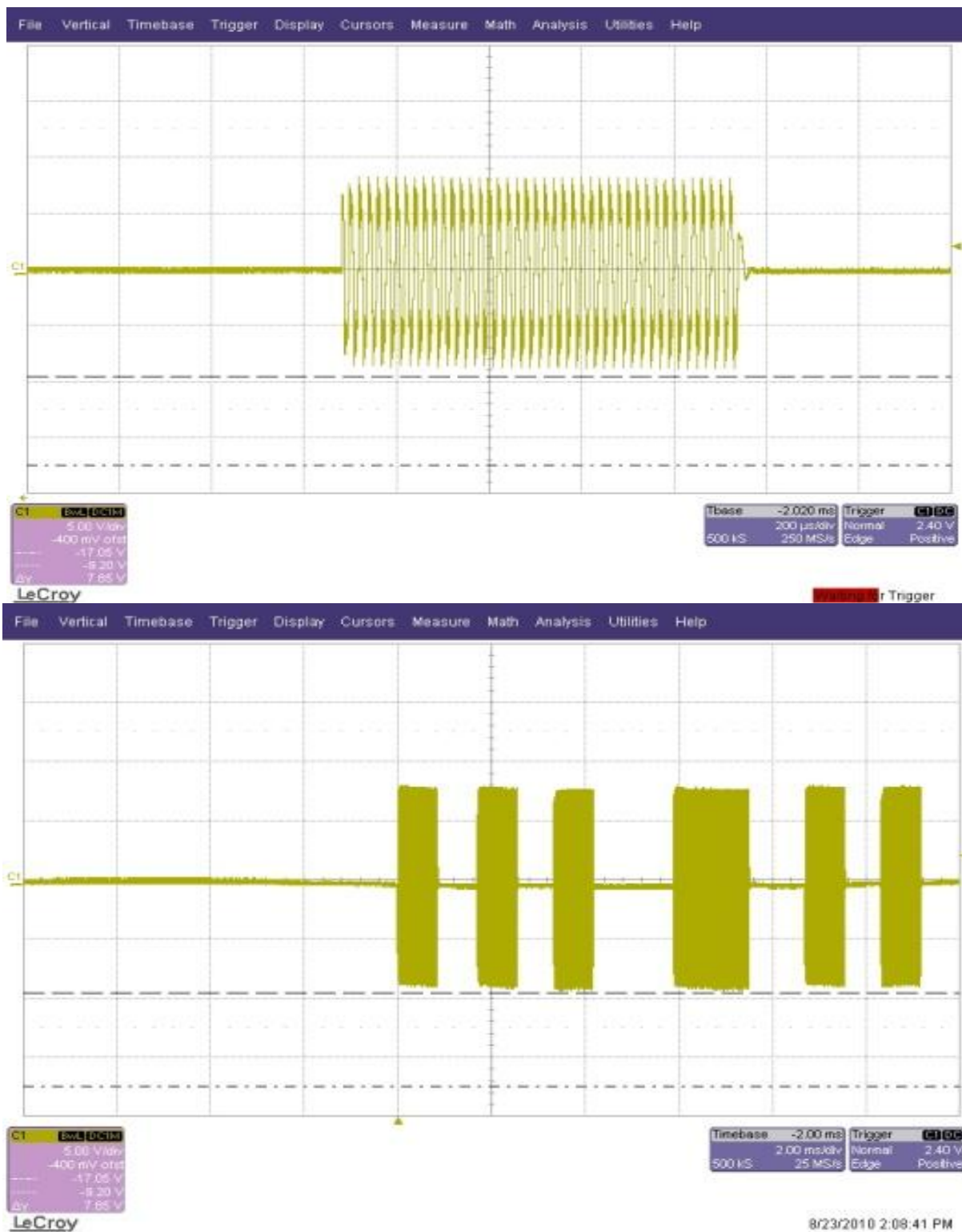
Modem se obravnava kot sekundarna postaja, ki ga definira specifikacija Euridis.

6.3.3.1 Oddaja

Oscilogrami brez obremenitve in z ohmsko ter kapacitivno obremenitvijo pri oddaji so prikazani na *slikah od 6.19 do 6.24, 6.26 in 6.27*.

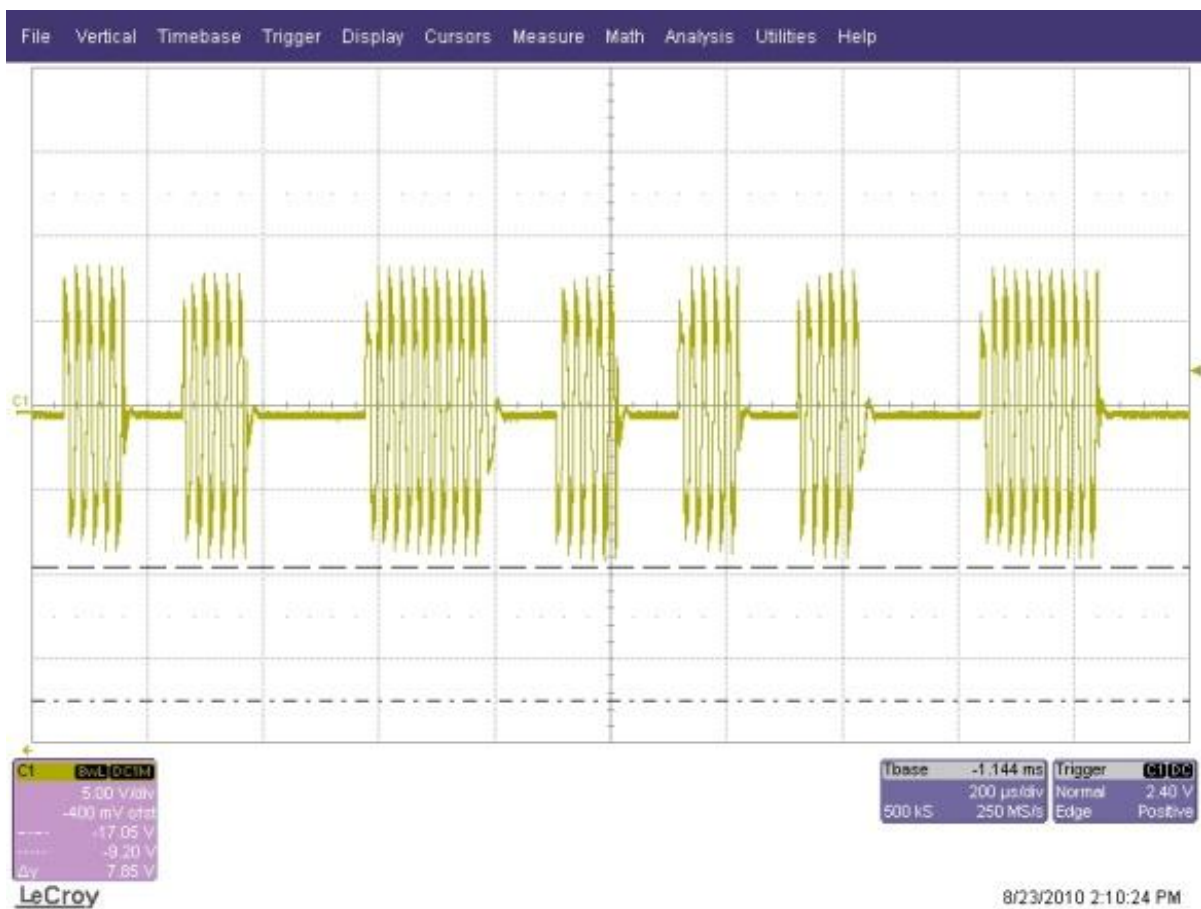
6.3.3.1.1 Neobremenjeno vodilo

Nastavljena hitrost prenosa podatkov je 1200 baudov. Napetostni nivo signala doseže 7,2 V in 750 μ s. Signal ustreza napetostnim nivojem (od 5,8 V do 7,5 V) ter časovnim vrednostim, ki so definirani v *tabeli 4.1* in *tabeli 4.2*.



Slika 6.19: 1200 baudov-ODDAJA neobremenjen

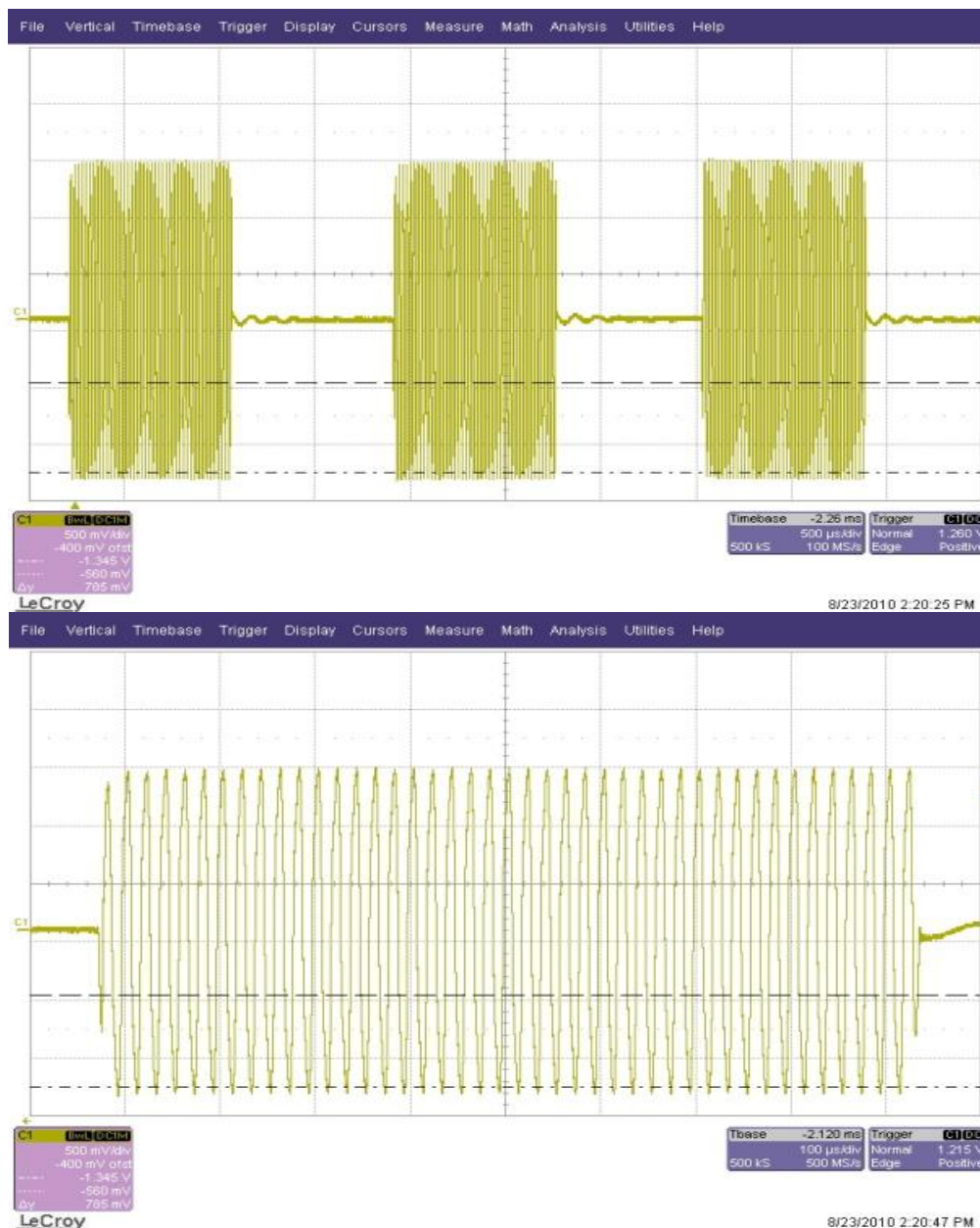
Nastavljena hitrost prenosa podatkov je 9600 baudov. Napetostni nivo signala doseže 7,2 V in 60 μ s. Signal ustreza napetostnim nivojem (od 5,8 V do 7,5 V) ter časovnim vrednostim, ki so definirani v *tabeli 4.1* in *tabeli 4.2*.



Slika 6.20: 9600 baudov– ODDAJA neobremenjen

6.3.3.1.2 Ohmska obremenitev vodila

Nastavljena hitrost prenosa podatkov je 1200 baudov. Napetostni nivo signala doseže 1,5 V. Signal ustreza napetostnim nivojem, ki so definirani v *tabeli 4.4* in ti morajo biti med 1,2 V do 1,8 V. Isto velja za hitrost prenosa podatkov 9600 baudov.



Slika 6.21: 1200 baudov– ODDAJA ohmsko obremenjen

- 9600 baudov



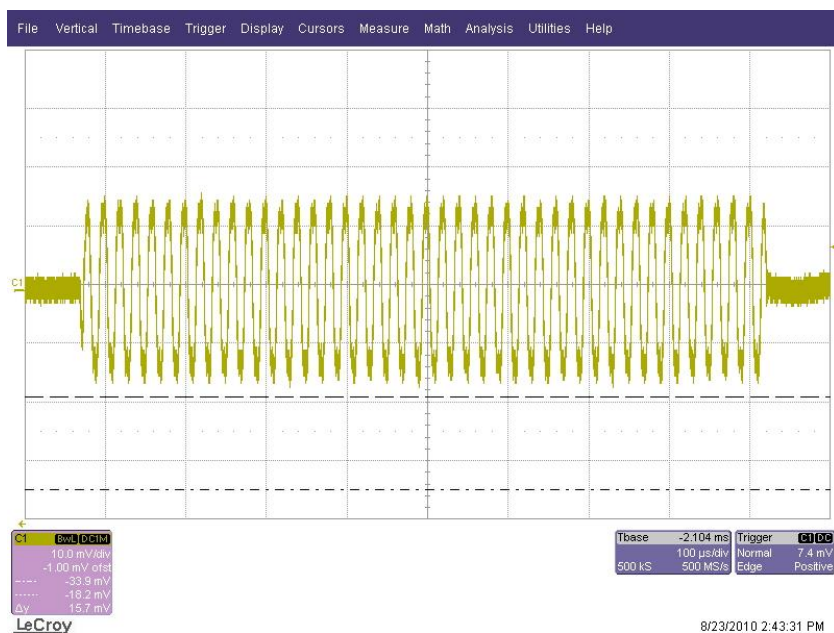
Slika 6.22: 9600 baudov– ODDAJA ohmsko obremenjen

6.3.3.1.3 Kapacitivna obremenitev vodila

Signal je pri tej testni meritvi merjen na upor $R = 1 \Omega$, vezan v seriji s kondenzatorjem $C = 31,8 \text{ nF}$. Rezultat je pomnožen s 100. Napetostni nivo signala je 1,35 V (slika 6.23 in slika 6.24) in je ravno pod nivojem, ki je podan v tabeli 4.4. Komunikacija še vedno poteka ne glede, če je signal rahlo pod predpisanim nivojem.

Nastavljena hitrost prenosa podatkov:

- 1200 baudov



Slika 6.23: 1200 baudov– ODDAJA kapacitivno obremenjen

- 9600 baudov



Slika 6.24: 9600 baudov– ODDAJA kapacitivno obremenjen

6.3.3.1.4 Amplituda kratkostičnega toka



Slika 6.25: Amplituda kratkostičnega toka na Euridis vodilu

Amplituda ne sme preseči vrednosti 26 mA. Na oscilogramu *slika 6.25* je amplituda toka doseže 20 mA in ne preseže maksimalnega amplitudnega toka.

6.3.3.1.5 Napetostne konice

Pojavijo se ob preklonih med oddajo in sprejemom in ne smejo preseči vršne napetosti 0,75 V.

Izmerjeno: $U_{peak_preklopa} \approx 100 \text{ mV}$

6.3.3.2 Sprejem

Na drugi strani vodila Euridis sta prikazana sprejeta signala pri neobremenjen in obremenjenem vodilu Euridis. Signala na oscilogramu *slika 6.26* in *6.27* sta merjena pred predojačevalno stopnjo.

- Neobremenjeno vodilo



Slika 6.26: 9600 baudov – SPREJEM neobremenjen

- Ohmska obremenitev vodila $R_L = 100 \Omega$.



Slika 6.27: 9600 baudov– SPREJEM ohmsko obremenjen

Z ohmsko obremenitvijo vodila Euridis se pojavijo motnje na sprejemnem signalu, ki jih pa pasovni filter primerno izloči in prepušča koristen del signala. S tem so se izračunani parametri pasovnega filtra izkazali za primerne, tako da na izhodu bomo še vedno dobili koristen podatek ne glede na obremenjeno linijo.

7 Sklep

Končni izdelek, ki ga ponudi proizvajalec elektronskih števcov, mora ustrezati najsodobnejšim komunikacijskih zahtevam. Komunikacijska povezava med porabniki in distributerjem električne energije mora biti zanesljiva, hitra ter cenena. V postopku razvoja novega elektronskega števca ali pa v proizvodnem postopku potrebujemo sodobne komunikacijske naprave, ki bodo ustrezno preverjale komunikacijske vmesnike v elektronskih števcih.

V prvem delu diplomske naloge smo pregledali aktualne komunikacijske vmesnike, ki jih vsebujejo elektronski števcji. Vsi vmesniki se vsakih nekaj let posodablajo zaradi zahtev kupca ali pa novega standarda. V našem primeru se je posodobila komunikacija Euridis. Posodobitev standarda je od nas zahtevala izdelavo novega vmesnika v elektronskem števcu ME342 ter modem za uporabo le-tega.

Ključni del novejšega modema Euridis je pohitritev prenosa podatkov. Starejši modem ni ustrezal višjim hitrostim prenosa zaradi strojnih omejitev ter slabe izhodne karakteristike. Rezultati v zadnjem delu naloge kažejo, da rešitve na novo zasnovanega modema ustrezajo novim zahtevam ter tako izpolnjujejo vsa pričakovanja.

V prihodnosti pričakujemo posodobitve končne stopnje, analognega filtra ter modulacije in demodulacije. Namesto tranzistorjev v končni stopnji, ki so del cenejše rešitve, bi uporabili operacijske ojačevalnike THS6043 proizvajalca Texas Instruments, ki jih uporabljajo pri ADSL aplikacijah [33]. Pri analognem filtru bo potrebno razmisliti o stabilnejšem predojačevalniku ter predelavi pasovnega filtra, kjer se ob koncu filtriranega signala pojavi dodaten prenehaj. Modulacija in demodulacija podatkovnega signala kanalov A in B bi bila združena v enem mikroprocesorju.

Posodobitve bi podražile izdelavo modema Euridis. Omenjeno je bilo, da je modem Euridis namenjen le podjetju Iskraemeco ter v prihodnosti ni pričakovati njegove prodaje. Razlog tiči v omejenosti komunikacije Euridis, ker je prisotna samo na nekaterih trgih in ni splošno razširjena.

Povod za izbiro diplomske naloge je nastal v razvojnem oddelku podjetja Iskraemeco, kjer so bila na razpolago vsa delovna sredstva in strokovna pomoč sodelavcev. Med izdelavo modema smo se srečevali s številnimi strokovnimi vprašanji ter izzivi, ki so nas pripeljali do novega znanja. Pridobljeno znanje se bo v prihodnosti s pridom uporabljalo in nadgrajevalo pri prihodnjih delovnih izzivih.

8 Uporabljeni viri

8.1 Literatura

- [1] Blažič, Leon: Uporaba in programiranje serijskih vrat PC, Nova Gorica, 2000
- [2] Axelson, Jan: Serial Port Complete second edition, Lakeview Research, Madison USA, 2007
- [3] Axelson, Jan: Ethernet and internet complete, *Designing and Programming Small Devices for Networking*, 2003
- [4] Tehnična dokumentacija, interno gradivo, Iskraemeco, d.d., Kranj, 2010
- [5] Ambrožič, Janez: Odčitavanje števecv po energetske električnem omrežju, *magistrsko delo*, Ljubljana, 2000
- [6] Ambrožič, Janez: Dvosmerni prenos podatkov po energetske električnem omrežju, *diplomska naloga*, Ljubljana, 1998
- [7] WAVECOM: Wireless CPU Q24 Series, *Product Technical Specification*, 2007
- [8] The International Electrotechnical Commission (IEC): IEC 62056-31, *Electricity metering – Data exchange for meter reading, tariff and load control*, 2009
- [9] Metering International: The Euridis Automatic Meter Reading System, *Magazine Archive, Issue*, 2001
- [10] Dolžan, Boštjan: Izvedba modema za komunikacijo Euridis, *diplomska naloga*, 2003
- [11] Kugelstadt, Thomas: Chapter 16 Active Filter Design Techniques, *Literature Number SLOA088*, Texas Instruments, 2008

8.2 Spletni viri

- [12] <http://www.iskraemeco.si/emecoweb/slo/index.html>, avgust 2010
- [13] <http://france.edf.com/france-45634.html>, avgust 2010
- [14] http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_communication, avgust 2010
- [15] http://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_communication, avgust 2010
- [16] http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_asynchronous_receiver/transmitter, avgust 2010
- [17] http://colos1.fri.uni-lj.si/ERI/RAC_SISTEMI_OMREZJA/, avgust 2010
- [18] www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADM485.pdf, avgust 2010
- [19] <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/6940>, avgust 2010
- [20] http://en.wikipedia.org/wiki/Current_loop, avgust 2010

- [21] www.bb-elec.com/bb-elec/literature/tech/curentlp.pdf, avgust 2010
- [22] <http://www.m-bus.com/>, avgust 2010
- [23] <http://www.ti.com/>, avgust 2010
- [24] <http://www.onsemi.com/PowerSolutions/product.do?id=AMIS-49587>, avgust 2010
- [25] <http://www.smsc.com/index.php>, avgust 2010
- [26] <http://en.wikipedia.org/wiki/Ethernet>, avgust 2010
- [27] <http://www.cisco.com/>, avgust 2010
- [28] <http://www.vishay.com/>, avgust 2010
- [24] <http://en.wikipedia.org/wiki/GSM>, avgust 2010
- [29] <http://en.wikipedia.org/wiki/Gprs>, avgust 2010
- [30] www.euridis.org, avgust 2010
- [31] www.alldatasheet.com, avgust 2010
- [32] <http://www.ftdichip.com/>, avgust 2010
- [33] <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/ths6043.html>, avgust 2010
- [34] <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/msp430f425.html>, avgust 2010
- [35] <http://www.st.com/>, avgust 2010
- [36] <http://www.national.com/mpf/LP/LP3984.html#Overview>, avgust 2010
- [37] <http://www.analog.com/en/interface/rs-232/adm232l/products/product.html>, avgust 2010
- [38] <http://www.nxp.com/>, avgust 2010
- [39] <http://www.national.com/mpf/LM/LMV931.html#Overview>, avgust 2010

IZJAVA

Izjavljam, da sem diplomsko delo izdelal samostojno pod vodstvom mentorja doc. dr. Boštjana Murovca. Izkazano pomoč drugih sodelavcev sem v celoti navedel v zahvali

Zgornji Brnik, september 2010

Matevž Bohinc