

**SISTEM ZA ZAJEM
OCEANOGRFSKIH PODATKOV
NA MORSKI BIOLOŠKI POSTAJI
V PIRANU**

UPORABNIŠKI PRIROČNIK

**SISTEMA NA BOJI IN
SPREJEMNEGA DELA
NA MORSKI BIOLOŠKI POSTAJI PIRAN**

Naziv:	Uporabniški priročnik
Listina:	tehnicna_3.docx
Različica:	Delovna različica 0.9
Zadnja sprememba:	Marec 2014
Tiskano:	04.06.2014
Izvod:	1/1
Obseg:	Tehnični opisi
Avtor:	Damjan Šonc

KAZALO

1	UVOD	4
2	PODSISTEM ZA ZAJEM PODATKOV NA OCEANOGRAFSKI BOJI	5
2.1	BREŽIČNA ETHERNET POVEZAVA	6
2.2	V/I MODULI	6
2.3	MODUL GPS	7
2.4	MODUL ZA KRMILJENJE ENERGETSKIH PODSKLOPOV IN KOMUNIKACIJO Z MERILNIKI OKOLJSKIH POGOJEV V BOJI.....	7
2.4.1	<i>Krmilnik MPPT za polnjenje baterij iz sončnih celic</i>	9
2.4.2	<i>Gorivna celica</i>	9
2.4.3	<i>Merilnik temperature in zračne vlage v boji</i>	9
2.4.4	<i>Merilnik stanja CO2 v boji</i>	9
2.5	NADZORNE KAMERE.....	10
2.6	PODVODNE KAMERE.....	10
2.7	KRMILJENJE IN STATUSNE INFORMACIJE IZ GLAVNE PROCESNE PLOŠČE	10
3	PODSISTEM ZA SPREJEM PODATKOV NA MORSKI BIOLOŠKI POSTAJI PIRAN - KOMUNIKACIJE	12
4	PROGRAMSKA OPREMA NA OCEANOGRAFSKI BOJI	14
4.1	UPORABNIŠKA PROGRAMSKA OPREMA NA GLAVNI PLOŠČI	14
4.2	PROGRAMSKA OPREMA V/I MODULOV	16
5	LITERATURA	17
PRILOGA A.	KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL POVEZAVE BOJA – MBP	18
PRILOGA B.	KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL POVEZAVE CPU – V/I MODULI	22
PRILOGA C.	KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL POVEZAVE CPU – MODUL ZA KRMILJENJE ENERGETSKIH PODSKLOPOV	25
PRILOGA D.	KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL DOSTOPA APLIKACIJ DO PROCESA UDP_DATA_SERVER	27
PRILOGA E.	TABELA VREDNOSTI IN PROGRAM ZA IZRAČUN CRC KODE	29
PRILOGA F.	UKAZI IN MERITVE VLAGOMERA	33
PRILOGA G.	UKAZI IN MERITVE PAR TIPALA	34
PRILOGA H.	PRILOGA – PODATKI O PODATKOVNIH PAKETIH, ALARMIH IN V/I MODULIH SISTEMA NA BOJI	35

SLIKOVNO KAZALO

Slika 1: Blokovni prikaz sistema na boji (vir Ditel d.o.o.).....	5
Slika 2: Diagram inicializacije komunikacijske povezave med CPU in posameznim V/I modulom.....	23
Slika 3: Diagram komunikacije med CPU in posameznim V/I modulom.	24
Slika 4: Potek inicializacije povezave med CPU in PWR CPU.....	25
Slika 5: Potek izmenjave paketov med CPU in PWR CPU.	26

KAZALO TABEL

Tabela 1: Porazdelitev meritev po posameznih kanalih prvega A/D pretvornika.....	8
Tabela 2: Porazdelitev meritev po posameznih kanalih drugega A/D pretvornika.....	8
Tabela 3: Pomen bitov 16-bitnega digitalnega V/I modula, ki ga neposredno krmili glavna procesna plošča.	11
Tabela 4: Seznam programske opreme na glavni procesorski plošči.....	16
Tabela 5: Komunikacijski procesi na V/I modulih, pripadajoči merilni instrumenti ter reference na tovarniško literaturo.....	16
Tabela 6: Struktura kumunikacijskega paketa odjemalca povezave boja – MBP za prenos podatkov.	18
Tabela 7: Struktura kumunikacijskega paketa strežnika povezave boja – MBP za prenos podatkov.	19
Tabela 8: Struktura kumunikacijskega paketa povezave boja – MBP za prenos slikovnih datotek.	20
Tabela 9: Komunikacijski paketi povezave CPU-V/I moduli (pakete pošilja CPU)	22
Tabela 10: Komunikacijski paketi povezave CPU-V/I moduli (paketi iz V/I modulov).....	23
Tabela 11: Struktura kumunikacijskega paketa odjemalca povezave CPU – modul za krmiljenje energetske podsklopov (pošilja CPU).	25
Tabela 12: Struktura kumunikacijskega paketa strežnika povezave CPU – modul za krmiljenje energetske podsklopov (pošilja modul).	26
Tabela 13: Struktura odjemalskega kumunikacijskega paketa vmesnika na proces 'UDP_data_server'.	27
Tabela 14: Struktura strežniškega kumunikacijskega paketa vmesnika na proces 'UDP_data_server'.	28
Tabela 15: Seznam podatkovnih paketov na boji Vidi	35
Tabela 16: Seznam V/I modulov	36
Tabela 17: Kode in opisi alarmov iz V/I modulov (ID paketa 39)	36
Tabela 18: Kode in opisi alarmov iz V/I modulov (ID paketa 40)	37
Tabela 19: Kode in opisi alarmov boje (ID paketa 20)	38

1 UVOD

Sistem za zajem oceanografskih podatkov je sestavljen iz dveh podsistemov:

1. podsistema za zajem podatkov na oceanografski boji,
2. podsistema za sprejem podatkov na Morski biološki postaji (MBP) v Piranu.

Podsistem na boji deluje na baterijsko napajanje in ima dva neodvisna energetska vira za polnjenje baterij:

- sončne celice kot glavni vir,
- gorivna celica na metanol kot pomožni vir.

Kapaciteta nameščenih baterij je 1,48 kAh in pri povprečni porabi¹ 2A, ki jo ima oceanografska boja, zadostuje za 30 dni delovanja tudi v primeru izpada vseh ostalih energetskih virov (sončne celice, gorivna celica). Gorivna celica z 10 litrsko zalogo metanola podaljša energijsko avtonomijo boje za nadaljnjih 10 dni.

Podsistema na boji in na kopnem sta povezana s pomočjo brezžične Ethernet povezave in to prek dveh ločenih sprejemno-oddajnih modulov, s čimer dosežemo večjo zanesljivost delovanja. Sistem uporablja tudi dve različni frekvenčni področji in sicer 2.4GHz in 5GHz.

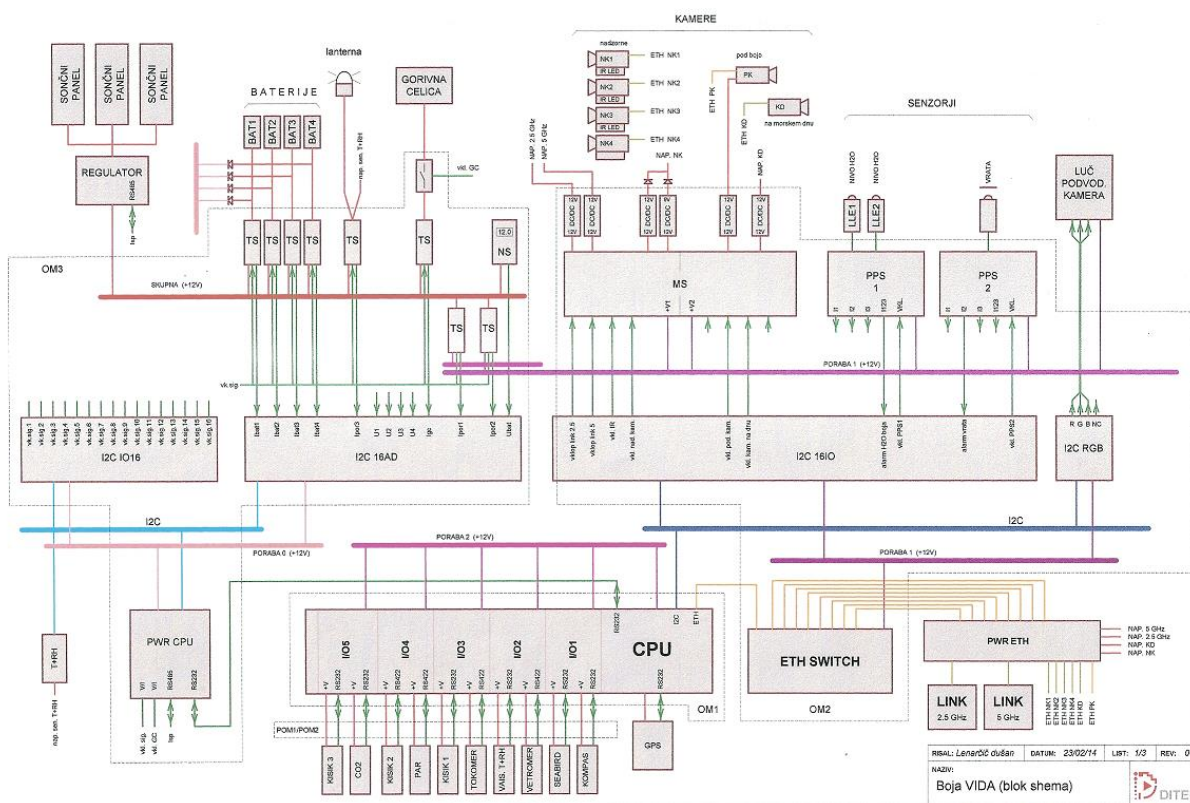
V primeru izpada Ethernet povezave ima računalniški sistem na boji dovolj pomnilniških kapacitet za najmanj 30 dni samostojnega delovanja in hranjenja podatkov. Podatki na pomnilniških medijih na boji se brišejo šele po uspešnem prenosu podatkov na kopno. Zajemajo in prenašajo se podatki iz merilnih instrumentov, podatki o stanju sistema na boji, slike z dveh podvodnih kamer in slike iz štirih nadzornih kamer.

Podsistem na kopnem sprejete podatke vpisuje v MySQL bazo tako imenovanih surovih oziroma neobdelanih podatkov, kjer so na voljo uporabnikom za nadaljnjo obdelavo in prikazovanje.

¹ Stanje od remonta boje jeseni 2013 dalje.

2 PODSISTEM ZA ZAJEM PODATKOV NA OCEANOGRAFSKI BOJI

Zgradbo podsistema na oceanografski boji prikazuje Slika 1.



Slika 1: Blokveni prikaz sistema na boji (vir Ditel d.o.o.)

Srce podsistema na boji predstavlja glavna procesna plošča (CPU, Slika 1) z 32-bitnim ARM9 mikrokrmilnikom, ki je zasnovana na osnovi industrijskega mikrokrmilniškega modula Calao Systems SBC35-A9G20. Na glavno procesno ploščo so neposredno povezani dodatni moduli prikazani na sliki 1 in sicer:

- procesni modul za krmiljenje energetskega sistema (PWR-CPU),
- stikalni modul (I2C 16IO) za krmiljenje (vklop/izklop) kamer, radijskih modulov in različnih tipal,
- krmilni modul (I2C RGB) za regulacijo osvetlitve za podvodno kamero pod bojo (PK) in
- stikali Ethernet (obe stikali sta zajeti v bloku ETH SWITCH) preko katerih je sistem povezan z radijskimi moduli in kamerami.

Komunikacija v sistemu poteka po različnih vmesnikih oziroma vodilih:

- USART (RS485, RS232),
- Ethernet in
- I²C.

Na glavni procesni plošči teče operacijski sistem Linux.

2.1 BREŽIČNA ETHERNET POVEZAVA

Podatki meritev, slike in statusne informacije o stanju podsistema na boji se iz oceanografske boje preko brezžične Ethernet povezave neprenehoma prenašajo na Morsko biološko postajo Piran (MBP), kjer se vpisujejo v bazo podatkov. Na razpolago sta dve različni povezavi in sicer na 2,4GHz ter 5GHz. Stalno je vključena le ena povezava, druga pa se samodejno vključi le v primeru nedelovanja (okvare) prej delujoče povezave.

Prenos podatkov poteka po preprostem ARQ protokolu, ki je vgrajen v nosilni UDP protokol. Specifikacije protokola podaja PRILOGA A. Prenosa podatkov in slik potekata ločeno. Za vsak tip prenosa skrbi ločen proces, tako na boji kot na sprejemnem računalniku na MBP. Zaznava napak pri prenosu je izvedena s pomočjo CRC kod. Ker se kvaliteta brezžične Ethernet povezave in s tem razpoložljiva prenosna hitrost med delovanjem sistema zaradi različnih zunanjih vplivov spreminja, je protokol izveden tako, da glede na kvaliteto zveze spreminja dolžino oddajnega okna (število poslanih podatkovnih paketov na potrditveni paket) in s tem optimizira prenosno hitrost. Pri dobri Ethernet zvezi, ko je zanesljivost prenosa paketa velika, je glavni omejitveni faktor preklonni čas med oddajo in sprejemom, zato je takrat dolžina oddajnega okna velika. Pri slabi kvaliteti povezave pa je zaradi napak in izgub paketov pri prenosu potrebno pakete večkrat ponovno pošiljati in v takih pogojih dosežemo maksimalno prenosno hitrost s kratkim oddajnim oknom.

2.2 V/I MODULI

Posamezni merilni instrumenti so priključeni na komunikacijske V/I module, ki so preko USART-0 vmesnika V/I modula po RS485 standardu priključeni na USART vmesnik na glavni plošči (naprava /dev/ttyS3). Vsak V/I modul ima svoj mikrokrmilnik AVR32, ki skrbi za vklop/izklop napajanja posameznega instrumenta ter za zajem podatkov iz instrumentov ter prenos le teh do glavne procesne plošče. Na vsak V/I modul sta lahko priključena do dva merilna instrumenta in sicer preko vmesnikov USART-1 in USART-2. Električni standard povezave do merilnih instrumentov je nastavljen preko mostičkov na V/I modulu in sicer je mogoče nastaviti RS232 ter 2 ali 4 žični RS485. Poleg merilnih in statusnih podatkov o merilnih instrumentih, stanju komunikacij do merilnih instrumentov in statusnih podatkov posameznega V/I modula se do glavne plošče prenašajo tudi podatki o porabi toka posameznega merilnega instrumenta. Hitrost vzorčenja porabe je 20 Hz, kvantizacija je 10 bitna, ločljivost meritve pa 1mA. Beleži se minimalna, maksimalna in povprečna poraba v nastavljenem časovnem intervalu. Prednastavljena vrednost intervala je 60 sekund. Glavna plošča izmenjuje podatke s posameznimi V/I moduli po krožnem sistemu (round robin), uporablja pa preprost ARQ protokol z zaznavo napak pri prenosu s pomočjo CRC kod. Specifikacije protokola podaja PRILOGA B. V vsaki izmenjavi z V/I modulom se v obe smeri prenese po en paket. Prednastavljena hitrost prenosa je 230,4 kbit/s. Vse meritve se beležijo

v datoteke na vgrajene pomnilniške medije na glavni plošči. Na glavni plošči je priključena CF kartica s kapaciteto 16GB ter USB pomnilniški ključ s kapaciteto 16GB.

Programje na V/I modulih in glavni plošči med drugim omogoča, da vsak posamezni merilni instrument izključimo iz samodejnega načina zajema podatkov in vzpostavimo z merilnim instrumentom terminalsko povezavo.

2.3 MODUL GPS

Neposredno na USART vmesnik na glavni plošči (naprava /dev/ttyS1) je po RS232 standardu priključen GPS modul, model Lassen iQ proizvajalca Trimble. Komunikacija poteka po tovarniškem TAIP protokolu [1.], ki omogoča tudi prenos dodatnih statusnih informacij GPS modula. Proces na glavni plošči, ki vzdržuje komunikacijo z GPS modulom, poleg prenosa podatkov skrbi tudi za vklop/izklop napajanja modula. Modul posreduje informacije o položaju boje ter statusne informacije o stanju modula. Vsakih 24 ur se izvede tudi časovna sinhronizacija ure glavne procesne plošče z GPS uro.

Programje na glavni plošči omogoča, da GPS modul po potrebi postavimo v servisni način in ga s tem izključimo iz samodejnega zajema podatkov. Servisni način omogoča morebitne servisne posege na GPS modulu (tudi odklop in zamenjavo) tako, da le ti minimalno vplivajo na delovanje preostalega sistema. Med samim delovanjem GPS modula lahko s pomočjo programa '**get_set_status**' po potrebi tudi vključujemo in izključujemo izpis dodatnih informacij (vsebina komunikacijskih paketov, dodatne statusne informacije stanja procesiranja, ...) v beležno datoteko '**GPS.log**'.

2.4 MODUL ZA KRMILJENJE ENERGETSKIH PODSKLOPOV IN KOMUNIKACIJO Z MERILNIKI OKOLJSKIH POGOJEV V BOJI

Modul za krmiljenje energetskih sklopov (PWR-CPU, Slika 1) je priključen na USART vmesnik na glavni plošči (naprava /dev/ttyS2) in sicer po RS232 standardu. Za izmenjavo podatkov skrbi preprost ARQ protokol z zaznavo napak pri prenosu s pomočjo CRC kod. Specifikacije protokola podaja priloga C. Na modul sta preko vmesnika I²C priključena dva 8-kanalna A/D pretvornika, ki merita tok polnjenja in praznjenja baterij, napetost v napajalnem sistemu ter velikost in smer toka v napajalnih vejah, na katerih so priključene vse naprave v sistemu. Frekvenca vzorčenja je 10Hz, kvantizacija pa 12-bitna. Merilno območje merilnih pretvornikov za tok posamezne baterije je +/- 16A, ločljivost meritve pa 8 mA. Merilno območje merilnih pretvornikov napajalnih vej je +/- 6A, ločljivost meritve pa 3 mA. Za vsak kanal A/D pretvornika se do glavne plošče posredujejo minimalna, maksimalna in povprečna vrednost meritev v določenem nastavljenem časovnem intervalu, ki je prednastavljen na 60 sekund.

Porazdelitve meritev po posameznih kanalih A/D pretvornikov podajata

Tabela 1 in

Tabela 2

Kanal	Opis meritve
1	Napetost 1. kompleta baterij.
2	Napetost 2. kompleta baterij.
3	Napetost 3. kompleta baterij.
4	Napetost 4. kompleta baterij.
5	Tok 1. kompleta baterij.
6	Tok 1. kompleta baterij.
7	Tok 1. kompleta baterij.
8	Tok 1. kompleta baterij.

Tabela 1: Porazdelitev meritev po posameznih kanalih prvega A/D pretvornika

Kanal	Opis meritve
1	Tok napajalne veje 1 (CPU, V/I moduli z merilnimi instrumenti).
2	Tok napajalne veje 2 (kamere, radijski moduli).
3	Tok svetilniške luči.
4	Napajalna napetost sistema.
5	Tok gorivne celice.
6	Ni uporabljeno.
7	Ni uporabljeno.
8	Ni uporabljeno.

Tabela 2: Porazdelitev meritev po posameznih kanalih drugega A/D pretvornika

Zadnji trije kanali drugega A/D pretvornika niso uporabljeni in so namenjeni širitvam sistema.

Programje na modulu omogoča maksimalni izkoristek življenjske dobe baterij in zamenjavo baterij med samim delovanjem sistema. Štirje kompleti baterij – v kompletu sta vgrajeni dve bateriji – so razdeljeni v dve skupini po dva kompleta (štiri baterije na komplet). Ena skupina baterij napaja sistem, druga skupina pa se preko sončnih celic in gorivne celice polni. Ko napetost na napajalni skupini baterij pade pod minimalno mejo, ki je prednastavljena na 11,3V, programje preklopi skupini baterij in skupina praznih baterij prične s polnilnim ciklom, polna skupina baterij pa napaja sistem. Na ta način baterije delujejo v celotnem območju polnilno-praznilnega cikla in s tem se jim življenjska doba bistveno podaljša. Razdelitev kompletov baterij v dve skupini omogoča zamenjavo baterij brez prekinitve delovanja sistema in hkrati omogoča znižanje stroškov vzdrževanja, saj je potrebno hkrati zamenjati le štiri baterije (dva kompleta) namesto osmih, kar je še posebej pomembno ob okvari ali predčasnem postaranju samo ene baterije oziroma manjšega števila baterij. Programje preko meritev stanja baterij stalno spremlja "zdravje" baterij in javlja alarme ob morebitni

okvari baterij ter ob znižanju kapacitete baterij pod minimalno mejo (30% nazivne kapacitete).

2.4.1 Krmilnik MPPT za polnjenje baterij iz sončnih celic

Modul za krmiljenje energetskih sklopov je preko USART-0 vmesnika po RS485 standardu povezan tudi z MPPT krmilnikom (model Blue Sky Solar Boost 2512i), ki krmili polnjenje baterij iz sončnih celic. Modul zbira statusne informacije in podatke o meritvah, ki jih posreduje krmilnik. Do glavne plošče posreduje vse statusne informacije, od meritev pa minimalne, maksimalne in povprečne vrednosti znotraj nastavljivega časovnega intervala. Prednastavljena dolžina intervala je 60s. Komunikacija poteka po tovarniškem Power Net protokolu proizvajalca MPPT krmilnika [2.].

2.4.2 Gorivna celica

Preko digitalnih izhodov in vhodov modul krmili tudi gorivno celico in sicer jo samodejno priključi v napajalni sistem:

- ko temperatura zraka v boji pade pod določeno vrednost (prednastavljena 3°C) oziroma,
- ko se komplet baterij, ki se polni, ne uspe napolniti do maksimalne kapacitete zaradi premajhne količine razpoložljive sončne energije. Drugi pogoj je običajno izpolnjen le v pozno jesenskem oziroma zimskem času . Informacijo o napolnjenosti baterij posreduje MPPT krmilnik za polnjenje baterij.

2.4.3 Merilnik temperature in zračne vlage v boji

Na modul za krmiljenje energetskih sklopov je preko vmesnika I²C priključen merilnik temperature in zračne vlage (čip SHT21), ki posreduje podatke o temperaturi in vlagi v notranjosti boje. Merilnik meri temperaturo v območju med 0 in 60 stopinj Celzija s tipično natančnostjo 0,3 stopinje Celzija ter z natančnostjo 1,0 stopinje Celzija na razširjenem temperaturnem območju med -30 in + 90 stopinj Celzija. Na enakih temperaturnih področjih merilnik posreduje tudi meritev relativne zračne vlage in sicer z natančnostjo +/-2%RH na ožjem oziroma +/-4%RH na razširjenem temperaturnem območju. S pomočjo tega merilnika sistem sledi spreminjanju okoljskih pogojev v notranjosti boje, kjer je nameščena krmilna elektronika.

2.4.4 Merilnik stanja CO₂ v boji

Koncentracijo CO₂, ki je proizvod delovanja gorivne celice, meri NDIR merilnik CO₂ (model Telaire T6615), ki je na modul za krmiljenje energetskih sklopov tudi priključen preko vodila I²C. Merilnik meri koncentracijo CO₂ v območju med 0 in 5000 ppm in je namenjen predvsem

varnemu delu pri posegih v notranjosti boje. Pred vstopom v notranjost boje mora vzdrževalec obvezno preveriti, če se v trupu boje ni nabrala prevelika koncentracija CO₂.

2.5 NADZORNE KAMERE

V sistem so preko Ethernet vmesnika priključene štiri nadzorne kamere [11.] Clairvoyant 1001, ki snemajo okolico boje v barvah z ločljivostjo 640x480 točk. Slike tipa JPG zajema poseben proces in jih zapisuje v datoteko v nastavljenih enakomernih časovnih intervalih. Prednastavljena vrednost intervala zajema slik je 5 minut. Drug proces preko I²C vmesnika skrbi za vklop/izklop dodatne IR LED osvetlitve v slabih svetlobnih razmerah. Informacija o svetlobnih razmerah (dan/noč) je na voljo iz napetosti sončnih celic, ki jo posreduje modul za krmiljenje energetskih sklopov oziroma natančneje MPPT krmilnik/polnilnik sončnih celic, ki je priključen na ta modul. Kamere so stalno vključene, programje pa omogoča, da jih po potrebi postavimo v servisni način in izključimo, kar omogoča servisne posege z minimalnim vplivom na delovanje ostalega sistema (tudi zamenjavo kamer).

2.6 PODVODNE KAMERE

Preko vmesnika Ethernet sta v sistem povezani industrijski kameri [10.] Basler Scout 1030gc. Ena kamera je nameščena v dno boje, druga pa na morskem dnu pod bojo. Kameri v nastavljenih enakomernih časovnih intervalih snemata podvodno okolje. Prednastavljen interval je 30 minut. Zajem slike, krmiljenje kamere in dodatno osvetlitev nadzirajo trije ločeni procesi. Eden skrbi za krmiljenje kamere, drugi za zajem slike (oba preko Ethernet povezave), tretji, ki skrbi za komunikacijo na vodilu I²C glavne procesne plošče, pa krmili dodatno RGB LED osvetlitev za podvodno kamero, ki je nameščena v dno boje. Kamera na morskem dnu nima vgrajene dodatne osvetlitve in služi predvsem spremljanju vidljivosti na morskem dnu.

Programje na glavni plošči omogoča, da kameri ter dodatno osvetlitev po potrebi postavimo v servisni način in jih potem "ročno" vključujemo in izključujemo.

2.7 KRMILJENJE IN STATUSNE INFORMACIJE IZ GLAVNE PROCESNE PLOŠČE

Del krmilnih in statusnih signalov sistema na boji je dostopen preko dveh modulov, ki so z glavno ploščo povezani preko vmesnika I²C. Prvi izmed modulov, ki sta priključena na I²C vodilo glavne procesne plošče, je 16-bitni digitalni V/I modul z nastavljenimi vhodi in izhodi. Preko njega sistem krmili:

- vklop/izklop nadzornih kamer (vseh hkrati),
- vklop/izklop podvodne kamere,
- vklop/izklop oddajnika za frekvenčno področje 2.4GHz,

- vklop/izklop oddajnika za frekvenčno področje 5GHz,
- vklop/izklop tipal za vdor vode,
- vklop/izklop fotocelice na vhodni loputi boje.

Preko njega pa sistem pridobiva naslednje statusne informacije :

- statusna informacija fotocelice na vhodni loputi boje,
- statusna informacija o vdoru vode v bojo.

Pomen posameznih bitov digitalnega V/I modula podaja

Tabela 3.

Dodatno osvetlitev podvodne kamere krmili drugi modul, ki je priključen na vodilo I²C. Preko njega je mogoče nastavljati jakost posamezne barve tribarvnih LED diod v osvetlitvenem modulu podvodne kamere, ki je nameščena v dno boje.

Na sami glavni plošči sta nameščena še:

- tipalo za temperaturo in vlago (SHT11) in
- 12-bitni A/D pretvornik za merjenje porabe toka glavne procesne plošče.

Prednastavljena frekvenca vzorčenja porabe toka glavne plošče je 0,1 Hz, ločljivost meritve pa 1 mA.

Bit	Tip signala	Opis
0	Izhod	Vklop/izklop tipal za vdor vode.
1	Vhod	Stanje tipal za vdor vode (je/ni voda v notranjosti boje).
2	Izhod	Vklop/izklop svetlobnega tipala na loputi boje.
3	Vhod	Ni v uporabi.
4	Vhod	Stanje svetlobnega tipala na loputi boje (loputa odprta/zaprta).
5	Vhod	Ni v uporabi.
6	Izhod	Vklop/izklop nadzornih kamer.
7	Izhod	Vklop/izklop IR osvetlitve nadzornih kamer.
8	Izhod	Vklop/izklop podvodne kamere pod bojo (PK).
9	Izhod	Vklop/izklop radijskega modula na 2,4 GHz.
10	Izhod	Vklop/izklop radijskega modula na 5 GHz.
11	Izhod	Ni v uporabi.
12	Izhod	Vklop/izklop podvodne kamere na morskem dnu (KD).
13	Izhod	Ni v uporabi.
14	Vhod	Ni v uporabi.
15	Vhod	Ni v uporabi.

Tabela 3: Pomen bitov 16-bitnega digitalnega V/I modula, ki ga neposredno krmili glavna procesna plošča.

3 PODSISTEM ZA SPREJEM PODATKOV NA MORSKI BIOLOŠKI POSTAJI PIRAN - KOMUNIKACIJE

Podsistem za sprejem podatkov na Morski biološki postaji Piran (MBP) zapisuje sprejete podatke v beležne datoteke na disk računalniškega strežnika in nato še v podatkovno bazo MySQL. Podsistem je preko žične Ethernet povezave povezan z 2,4 GHz in 5 GHz radijskima moduloma preko katerih vzdržuje brezžično Ethernet komunikacijsko povezavo z bojo. Za komunikacijo med MBP in bojo skrbita dva procesa:

1. Proces 'UDP_instrument_data', ki skrbi za sprejem merilnih in statusnih podatkov z boje ter za posredovanje krmilnih ukazov na bojo.
2. Proces 'UDP_camera_data', ki skrbi za sprejem slikovnih datotek.

Proces za sprejem merilnih in statusnih podatkov z boje ter za posredovanje krmilnih ukazov na bojo deluje kot odjemalec in posreduje svoje zahteve za prenos podatkov strežniškemu procesu, ki teče na glavni procesni plošči na boji. Prenos podatkov poteka po preprostem ARQ protokolu, ki je vgrajen v nosilni UDP protokol. Specifikacije komunikacijskega protokola podaja PRILOGA A. Vse sprejete podatke proces zapisuje v mapo '/home/buoy/meritve' v dnevne beležne datoteke z imeni 'buoy_data_YYYYMMDD.dat', kjer **YYYY** pomeni leto, **MM** mesec, **DD** pa dan UTC časa tvorbe posamezne beležne datoteke. Vsaka posamezna beležna datoteka hrani sprejete podatke za tisti dan po UTC času v katerem je bila ustvarjena.

Proces za sprejem slikovnih datotek deluje kot strežnik zahtev odjemalnega procesa, ki teče na glavni procesni plošči na boji in ob tvorbi nove slikovne datoteke sproži prenos datoteke. Prenos podatkov poteka po preprostem ARQ protokolu, ki je vgrajen v nosilni UDP protokol. Tudi specifikacije tega komunikacijskega protokola podaja PRILOGA A. Sprejete slikovne datoteke iz nadzornih kamer proces zapisuje v mapo '/home/buoy/slike_nadzor', sprejete slikovne datoteke iz podvodnih kamer pa v mapo '/home/buoy/slike_voda'. Datoteke slik nadzornih kamer imajo imena oblike 'slikaN_YYYYMMDDHHmmSS.UTCS.UTCMS.jpg' kjer je **N** zaporedna številka kamere, **YYYY** pomeni leto, **MM** mesec, **DD** dan, **HH** je ura, **mm** minuta, **SS** sekunda, **UTCS** je Unix čas v sekundah **UTCMS** pa milisekundni del Unix časa nastanka posamezne slikovne datoteke nadzornik kamer. Čas je UTC čas. Datoteke slik iz podvodnih kamer imajo podobno obliko in sicer 'ImageN_YYYYMMDDHHmmSS.UTCS.UTCMS.raw', kjer je **N** zaporedna številka podvodne kamere, pomen ostalih polj pa je enak kot pri imenu datotek slik iz nadzornih kamer. Slike iz nadzornih kamer so v slikovnem zapisu JPG, slike iz podvodnih kamer pa so v tako imenovani 'surovi' obliki kamere (Basler Raw 16) in jih je s pomožnim programom RAW_TO_BMP šele potrebno pretvoriti v slikovni zapis BMP.

V podsistem za sprejem podatkov na MBP je integriran še strežniški proces 'UDP_data_server', ki streže zahtevam za vpis v MySQL bazo podatkov in zahtevam za sprotni prikaz zadnjih vrednosti vseh meritev in stanj oceanografske boje na servisnih SCADA

(Supervisory Control And Data Acquisition) prikazih². Podatke vpis v MySQL bazo podatkov proces bere iz dnevnih beležnih datotek v mapi '/home/buoy/meritve'. Proces posreduje tudi operaterske ukaze iz SCADA prikazov (vklop/izklop posameznega merilnega instrumenta, vklop/izklop kamer, ...) procesu 'UDP_instrument_data', ki jih potem prenese na oceanografsko bojo, kjer se izvršijo. Protokol izmenjave paketov med procesom 'UDP_data_server' in odjemalnimi aplikacijami podaja PRILOGA D.

² SCADA prikazi so dostopni na <https://cyclops.mbss.si/ctrl.panel/>

4 PROGRAMSKA OPREMA NA OCEANOGRAFSKI BOJI

Celotno programsko okolje glavne procesne plošče je zgrajeno okoli operacijskega sistema Linux. Pri izgradnji sistema je uporabljena različica jedra 2.6.32. V prilogi na CD-ju je v arhivski datoteki shranjena celotna drevesna struktura programov jedra, ki vsebuje tudi vse popravke, ki so potrebni zaradi posebnosti procesorske plošče. Na CD-ju se nahaja tudi arhivska datoteka 'filesystem.tar.bz2', ki vsebuje Linux EXT3 datotečni sistem z vsemi datotekami operacijskega sistema, ki je na glavni procesni plošči nameščen na CF (Compact Flash) kartici. Za delovanje sistem potrebuje tudi USB ključ, formatiran za datotečni sistem EXT3, ki mora vsebovati tudi mapi

- 'meritve' in
- 'slike'.

Med delovanjem sistema je datotečni sistem na USB ključu pripet v mapi '/media/USB-1'.

4.1 UPORABNIŠKA PROGRAMSKA OPREMA NA GLAVNI PLOŠČI

Uporabniško programsko opremo na glavni procesni plošči oceanografske boje sestavljajo programi, ki tečejo kot samostojni procesi:

- init_buoy,
- gps,
- data_acquisition,
- energy_module,
- i2c-module,
- surv_camera,
- uw_camera_control,
- uw_camera_capture,
- udp_trans_data,
- udp_trans_files.

Poleg programov, ki se stalno izvajajo kot samostojni procesi, obstajajo še pomožni programi, ki so namenjeni le sistemskemu vzdrževalcu in sicer:

- get_set_status,
- on_off,
- out32.

Ustrezni parametri in vrstni red zagona programov je zapisan v zagonski datoteki '/etc/init.d/S80zagon', kratek opis funkcij vsakega posameznega programa pa podaja

Tabela 4.

Program	Opis funkcij
init_buoy	Program (proces) za tvorbo podatkovnih struktur v skupnem pomnilniku in inicializacijo podatkovnih struktur z vrednostmi podanimi v nastavitveni datoteki 'buoy.cfg'.
gps	Program (proces) za komunikacijo in nadzor GPS modula in sinhronizacijo časa glavne plošče z GPS uro. Beležna datoteka, ki beleži statusna in morebitna razhroščevalna sporočila, je 'GPS.log'.
data_acquisition	Program (proces) za komunikacijo z V/I moduli. Beležna datoteka, ki beleži statusna in morebitna razhroščevalna sporočila, je 'IO.log'.
energy_module	Program (proces) za komunikacijo z modulom za krmiljenje energetskega podsklopa. Beležna datoteka, ki beleži statusna in morebitna razhroščevalna sporočila, je 'EM.log'.
i2c-module	Program (proces), ki skrbi za komunikacijo po I ² C vodilu glavne procesne plošče in skrbi za vklop/izklop nadzornih in podvodnih kamer, vklop/izklop radijskih modulov, vklop/izklop/nastavitve dodatnih osvetlitev, vklop/izklop tipal za vdor vode, vklop/izklop fotocelice na vratih boje ter zbira statusne informacije tipal za vdor vode in fotocelice na vratih boje. Beležna datoteka, ki beleži statusna in morebitna razhroščevalna sporočila, je 'I2C.log'.
surv_camera	Program za zajem slik iz nadzornih kamer. Zažene toliko procesov kot je nadzornih kamer v sistemu, nastavitvena datoteka je 'surveillance_cameras.cfg'. Beležne datoteke za vsako kamero posebej beležijo statusna in morebitna razhroščevalna sporočila in se imenujejo 'camera?.log', kjer je namesto znaka '?' številka kamere.
uw_camera_control	Program (proces), ki skrbi za krmiljenje podvodne kamere (nastavitve, sprožitve zajema slik). Nastavitvena datoteka je 'scout.cfg'. Beležna datoteka, ki beleži statusna in morebitna razhroščevalna sporočila, je 'scout.log'.
uw_camera_capture	Program (proces), ki skrbi za zajem slik. Nastavitvena datoteka je 'scout.cfg'. Beležna datoteka, ki beleži statusna in morebitna razhroščevalna sporočila, je 'scout_stream.log'.
udp_trans_data	Program (proces) za komunikacijo s kopnim – prenos podatkov. Nastavitvena datoteka je 'radio.cfg'. Beležna datoteka, ki beleži statusna in morebitna razhroščevalna sporočila, je 'radio.log'.
udp_trans_files	Program (proces) za komunikacijo s kopnim – prenos datotek. Nastavitvena datoteka je 'radio.cfg'. Beležna datoteka, ki beleži statusna in morebitna razhroščevalna sporočila, je 'radio_files.log'.
get_set_status	Pomožni program za prikaz notranjih stanj delovanja sistema in za nastavitve različnih stopenj razhroščevanja. Ob zagonu programa s parametrom '/help' se izpišejo vse vrednosti parametrov, ki jih

	program sprejema. Program je namenjen le kot pomoč sistemskemu vzdrževalcu.
on_off	Pomožni program za vklop/izklop posameznega instrumenta na V/I modulih. Ob zagonu programa brez parametrov se izpišejo vse vrednosti parametrov, ki jih program sprejema. Program se uporablja samo pri vzdrževalnih posegih, ko ni na voljo SCADA ukazni prikaz preko spletnih strani MBP.
out32	Pomožni program, ki omogoča nastavitve logičnih stanj posameznih PIO signalov procesorja. Uporablja se za ponastavitev (reset) V/I modulov.

Tabela 4: Seznam programske opreme na glavni procesorski plošči

4.2 PROGRAMSKA OPREMA V/I MODULOV

Programska oprema na V/I modulih teče pod operacijskim sistemom Free RTOS različica 6.0.0. Na vsakem modulu mikrokrmilnik AVR32 poganja do 4 procese. En proces skrbi za komunikacijo z glavno procesno ploščo, do dva procesa vršita komunikacijo s priključenim(a) merilnim(a) instrumentom(a), en proces pa skrbi za zajem meritev porabe toka posameznega priključenega merilnega instrumenta.

Seznam komunikacijskih procesov z merilnimi instrumenti in seznam literature, ki obravnava komunikacijske protokole med merilnimi instrumenti in V/I moduli podaja Tabela 5.

Ime procesa	Opis	Referenca
vetromer	Obdeluje podatke vetromera WindMaster Pro proizvajalca Gill Instruments.	Lit. [3.]
vlagomer	Obdeluje podatke vlagomera Vaisala (tipalo HMP45) s procesno ploščico podjetja Ames.	PRILOGA F
kompas	Obdeluje podatke iz kompasa MTi proizvajalca Xsens.	Lit. [4.]
slanomer	Obdeluje podatke sonde SBE 16plus Seacat proizvajalca Seabird skupaj s fluorometrom ECO-fls proizvajalca WETlabs	Lit. [5.]
tokomer	Obdeluje podatke tokomera AWAC proizvajalca Nortek.	Lit. [6.]
kisikomer1	Obdeluje podatke kisikomera Optode 3835 proizvajalca Aanderaa.	Lit. [7.]
par	Obdeluje podatke PAR tipala.	PRILOGA G
kisikomer2	Obdeluje podatke kisikomera Optode 4835 proizvajalca Aanderaa.	Lit. [8.]
merilnik_co2	Obdeluje podatke merilnika CO ₂ model GMP343 proizvajalca Vaisala.	Lit. [9.]
kiskomer3	Obdeluje podatke kisikomera Optode 4835 proizvajalca Aanderaa.	Lit. [8.]

Tabela 5: Komunikacijski procesi na V/I modulih, pripadajoči merilni instrumenti ter reference na tovarniško literaturo.

5 Literatura

- [1.] Lassen TM iQ GPS Receiver, System Designer Reference Manual, Revision B, *Trimble, April 2005.*
- [2.] Integrated Power Net™ Serial Communication Specification v X.7, *Blue Sky Energy Inc., August 2006.*
- [3.] WindMaster & WindMaster Pro Ultrasonic Anemometer User Manual, Issue 3, *Gill Instruments Ltd., March 2007.*
- [4.] MT Low-Level Communication Protocol Documentation, Revision H, *Xsens Motion Technologies, April 2008.*
- [5.] SBE 16plus SEACAT Configuration and Calibration Manual, *Sea-Bird Electronics Inc., August 2006.*
- [6.] NIP III Command Interface Manual V2.12, Revision H, *Nortek AS, August 2006.*
- [7.] TD218 Operating Manual Oxygen Optode 3830, 3835, 3930, 3975, 4130, 4175, *Aanderaa Data Instruments, April 2007.*
- [8.] TD269 Operating Manual Oxygen Optode 4330, 4835, *Aanderaa Data Instruments, December 2008.*
- [9.] Vaisala CARBOCAP Carbon Dioxide Probe GMP343 User's Guide, *Vaisala Oyj, 2007.*
- [10.] User's Manual for GigE Vision Cameras, *Basler AG, December 2012.*
- [11.] Clairvoyant IP Camera Quick User's Guide, *MWR Engineering Consultant Company Ltd., April 2006.*

PRILOGA A. KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL POVEZAVE BOJA – MBP

1. PRENOS PODATKOV

Prenos podatkov med bojo in MBP poteka po brezžični Ethernet povezavi po preprostem ARQ protokolu, ki je vgrajen v nosilni UDP protokol. Komunikacijski proces na boji deluje kot strežnik zahtev, ki jih pošilja odjemalni proces na MBP. Na paket z zahtevo, ki jo pošlje odjemalec, mora strežnik odgovoriti najkasneje v 5s, sicer odjemalec svojo zahtevo ponovi. Tako dolg maksimalni čas odziva je izbran, da izzvenijo morebitne kratkotrajne motnje na radijski povezavi in da se medpomnilnik v radijskih modulih v takih primerih ne zapolni s ponovitvami zahtev. Izmenjujejo se komunikacijski paketi z naslednjo strukturo:

Podatek	Tip	Opis
začetni znak	UINT8	Fiksni znak '@', ki označuje začetek paketa.
tip paketa	UINT8	'P' – ping zahteva odjemalca, 'R' – zahteva odjemalca za branje podatkov, 'W' – zahteva odjemalca za pisanje podatkov,
dolžina	UINT16	Dolžina podatkovnega dela paketa v bajtih.
sekunde	UINT32	UTC čas oddaje paketa – sekundni del.
mikrosekunde	UINT32	UTC čas oddaje paketa – mikrosekundni del.
številka paketa	UINT16	Polje podaja zaporedno številko paketa. Pri 'ping' paketu je ta številka vedno 0, pri ostalih paketih pa se številka ob vsakem uspešnem prenosu poveča za 1 in sicer se posebej vodi zaporedna številka paketov za branje podatkov in posebej zaporedna številka paketov z zahtevami za pisanje.
CRC16	UINT16	16-bitna CRC koda paketa, ki se računa nad celotnim paketom izvzemši CRC16.
podatki	N*UINT8	Del spremenljive dolžine - podatki, ki se prenašajo, kjer je N lahko med 0 (ni podatkov) do 1024 (maksimalna dolžina podatkovnega dela). Pri 'P' in 'R' zahtevah je dolžina vedno 0.

Tabela 6: Struktura komunikacijskega paketa odjemalca povezave boja – MBP za prenos podatkov.

Za vzpostavitev zveze odjemalec iz MBP najprej pošilja 'P' paket. Zveza je vzpostavljena, ko odjemalec dobi od strežnika 'p' potrditev. Zatem, ko je zveza vzpostavljena, se izmenjujejo le še preostali paketi. Strežnik mora odjemalcu za vsak prejeti paket poslati odgovor. Pri paketih, ki jih pošilja odjemalec, je tip paketa označen z veliko črko, strežnikov paket z odgovorom pa ima tip paketa označen z malo črko. Če odjemalec v 3 zaporednih ponovitvah ne sprejme ustreznega odgovora (ga sploh ne, ali je napačen), privzame, da je povezava padla in spet prične z vzpostavitvijo zveze – začne pošiljati 'P' pakete. Protokol vzpostavitve zveze odjemalec vedno zažene vsaj enkrat dnevno in sicer ob 0:00 UTC, ko začne prejeti podatke vpisovati v novo beležno datoteko.

V podatkovnem delu se pri 'r' in 'W' paketih prenašajo podatki v strukturah, ki jih opisuje PRILOGA H, pri paketu 'p' pa strežnik v podatkovnem delu v prvih 4 bajtih vrne številko paketa, ki mora biti poslana v paketu 'R', v drugih 4 bajtih pa številko paketa, ki mora biti poslana v paketu 'W'.

Podatek	Tip	Opis
začetni znak	UINT8	Fiksni znak '@', ki označuje začetek paketa.
tip paketa	UINT8	'p' – ping odgovor strežnika, 'r' – odgovor strežnika s podatki, 'w' – odgovor strežnika, da je zahteva skupaj s podatki za pisanje uspešno sprejeta.
dolžina	UINT16	Dolžina podatkovnega dela paketa v bajtih.
sekunde	UINT32	UTC čas oddaje paketa – sekundni del. Strežnik iz paketa z zahtevo odjemalca ta čas prepíše v paket z odgovorom.
mikrosekunde	UINT32	UTC čas oddaje paketa – mikrosekundni del. Strežnik iz paketa z zahtevo odjemalca ta čas prepíše v paket z odgovorom.
številka paketa	UINT16	Polje podaja zaporedno številko paketa. Pri 'ping' paketu je ta številka vedno 0, pri ostalih paketih pa se številka ob vsakem uspešnem prenosu poveča za 1 in sicer se posebej vodi zaporedna številka paketov za branje podatkov in posebej zaporedna številka paketov z zahtevami za pisanje.
CRC16	UINT16	16-bitna CRC koda paketa, ki se računa nad celotnim paketom izvzemši CRC16.
podatki	N*UINT8	Del spremenljive dolžine - podatki, ki se prenašajo, kjer je N lahko med 0 (ni podatkov) do 1024 (maksimalna dolžina podatkovnega dela).

Tabela 7: Struktura komunikacijskega paketa strežnika povezave boja – MBP za prenos podatkov.

2. PRENOS DATOTEK S SLIKAMI

Prenos datotek s slikami med bojo in MBP poteka po preprostem ARQ protokolu, ki je vgrajen v nosilni UDP protokol. Komunikacijski proces na MBP deluje kot strežnik zahtev, ki jih pošilja odjemalni proces na boji. Na paket z zahtevo, ki jo pošlje odjemalec, mora strežnik odgovoriti najkasneje v 1s, sicer odjemalec svojo zahtevo ponovi. Izmenjujejo se komunikacijski paketi z naslednjo strukturo:

Podatek	Tip	Opis
začetni znak	UINT8	Fiksni znak '@', ki označuje začetek paketa.
tip paketa	UINT8	'P' – ping paket, 'H' – paket s podatki o slikovni datoteki, 'D' – paket s slikovnimi podatki, 'E' – paket z zahtevo za zaključek prenosa datoteke.
dolžina	UINT16	Dolžina podatkovnega dela paketa v bajtih.
številka paketa	UINT32	Polje podaja zaporedno številko paketa pri 'D' tipih paketov. Pri ostalih paketih je ta številka vedno 0.
sekunde	UINT32	UTC čas oddaje paketa – sekundni del.
mikrosekunde	UINT32	UTC čas oddaje paketa – mikrosekundni del.
potrditev ali dolžina okna	UINT16	ODJEMALEC: Polje pomeni dolžino oddajnega okna (število zaporednih paketov brez potrditve) in je lahko različno od 0 samo pri 'D' paketih. STREŽNIK: Polje pomeni pozitivno (ACK) ali negativno (NACK) potrditev sprejema (zaporedja) paketov. NACK potrditev strežnik pošlje v primeru napačnega zaporedja sprejetih paketov in v primeru, če se 32-bitna CRC koda prejete datoteke ne ujema z 32-bitno poslano CRC kodo, ki je poslana v 'E' paketu.
CRC16	UINT16	16-bitna CRC koda paketa, ki se računa nad celotnim paketom izvzemši CRC16.
podatki	N*UINT8	Del spremenljive dolžine - podatki, ki se prenašajo, kjer je N lahko med 0 (ni podatkov) do 1024 (maksimalna dolžina podatkovnega dela).

Tabela 8: Struktura komunikacijskega paketa povezave boja – MBP za prenos slikovnih datotek.

Za vzpostavitev zveze odjemalec na boji najprej pošilja 'P' paket. Zveza je vzpostavljena, ko odjemalec dobi od strežnika 'P' paket z ACK potrditvijo. Zatem, ko je zveza vzpostavljena, se do konca prenosa datotek ali do padca zveze izmenjujejo le še preostali paketi. Strežnik mora odjemalcu za vsak prejeti paket poslati odgovor. Če odjemalec v 120s ne sprejme ustreznega odgovora (ga sploh ne, ali je napačen), privzame, da je povezava padla in spet prične z vzpostavitvijo zveze – začne pošiljati 'P' pakete. Protokol vzpostavitve zveze odjemalec zažene pri vsakem začetem prenosu datotek.

Po vzpostavitvi zveze odjemalec pošlje 'H' paket s podatki

```
struct
{
    uint32_t len;
    uint32_t packets;
    int32_t type;    // 1 - JPG, 2 - RAW
    uint8_t file_name[ 64 ];
};
```

za prvo datoteko. Zatem sledijo 'D' paketi s slikovnimi podatki dolžine 1024 bajtov v podatkovnem delu (razen mogoče zadnjega) in na koncu še 'E' paket, ki ima v podatkovnem delu samo 32-bitno CRC kodo (PRILOGA E) izračunano nad podatki iz datoteke. Zaporedje 'H', 'D' in 'E' paketov se nato ponovi za vsako slikovno datoteko, ki jo je potrebno prenesti.

PRILOGA B. KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL POVEZAVE CPU – V/I MODULI

Komunikacija med glavno procesno ploščo (CPU, Slika 1) in V/I moduli v boji poteka po 4-žični RS485 povezavi po preprostem ARQ protokolu. CPU izmenjuje podatke s posameznimi V/I moduli po krožnem sistemu (round robin). Na paket z zahtevo, ki jo pošlje CPU, mora naslovljen V/I modul odgovoriti najkasneje v 50ms. Izmenjujejo se komunikacijski paketi z naslednjo strukturo:

Podatek	Tip	Opis
začetni znak	UINT8	Fiksni znak '@', ki označuje začetek paketa.
ukaz	UINT8	0x01 – zahteva za sinhronizacijo ure. 0x02 – zahteva za statusne podatke V/I modula . 0x03 – zahteva za branje podatkov. 0x04 – zahteva za vklop merilnega instrumenta. 0x05 – zahteva za izklop merilnega instrumenta. 0x06 – zahteva za branje iz serijskega vmesnika V/I modula. 0x07 – zahteva za pisanje na serijski vmesnik V/I modula. 0x08 – zahteva za ponastavitev (reset) komunikacijske povezave z V/I modulom. 0x20 – zahteva za ponastavitev (reset) V/I modula. 0x21 – zahteva za potrditev ponastavitve V/I modula.
V/I modul	UINT8	Identifikacijska številka (naslov) V/I modula.
številka paketa	UINT8	Uporablja se le pri paketu 0x03 (zahteva za branje podatkov), kjer se izmenično spreminja med 0 in 1. Pri vseh ostalih paketih je 0.
dolžina	UINT16	Dolžina podatkovnega dela paketa v bajtih.
CRC16	UINT16	16-bitna CRC koda paketa, ki se računa nad celotnim paketom izvzemši CRC16.
podatki	N*UINT8	Del spremenljive dolžine - podatki, ki se prenašajo, kjer je N lahko med 0 (ni podatkov) do 128 (maksimalna dolžina podatkovnega dela).

Tabela 9: Komunikacijski paketi povezave CPU-V/I moduli (pakete pošilja CPU)

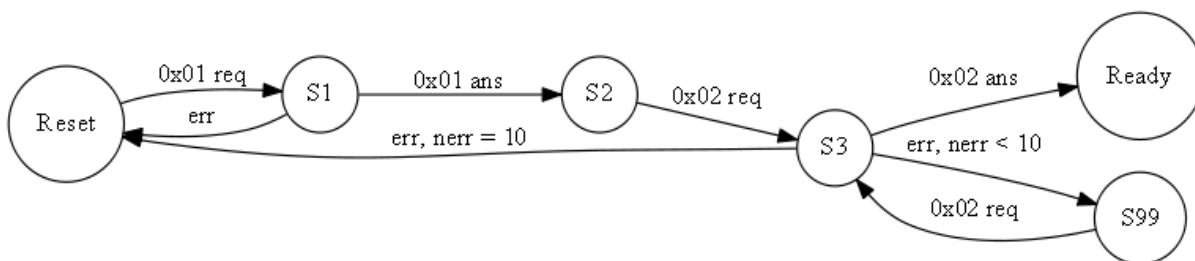
Podatek	Tip	Opis
začetni znak	UINT8	Fiksni znak '@', ki označuje začetek paketa.
ukaz	UINT8	0x01 – potrditev sinhronizacije ure. 0x02 – odgovor s statusnimi podatki V/I modula . 0x03 – odgovor s podatki iz merilnih instrumentov. 0x04 – potrditev vklopa merilnega instrumenta. 0x05 – potrditev izklopa merilnega instrumenta. 0x06 – podatki iz serijskega vmesnika V/I modula. 0x07 – potrditev pisanja na serijski vmesnik V/I modula. 0x08 – potrditev ponastavitve (reset) komunikacijske povezave z V/I modulom. 0x20 – potrditev zahteve za ponastavitev (reset) V/I modula. 0x7F – napačen ukaz.
V/I modul	UINT8	Identifikacijska številka V/I modula.
potrditev	UINT8	Pozitivna ACK ali negativna NACK potrditev paketa.
dolžina	UINT16	Dolžina podatkovnega dela paketa v bajtih.
CRC16	UINT16	16-bitna CRC koda paketa, ki se računa nad celotnim paketom izvzemši CRC16.
podatki	N*UINT8	Del spremenljive dolžine - podatki, ki se prenašajo, kjer je N lahko med 0 (ni podatkov) do 2048 (maksimalna dolžina podatkovnega dela).

Tabela 10: Komunikacijski paketi povezave CPU-V/I moduli (paketi iz V/I modulov)

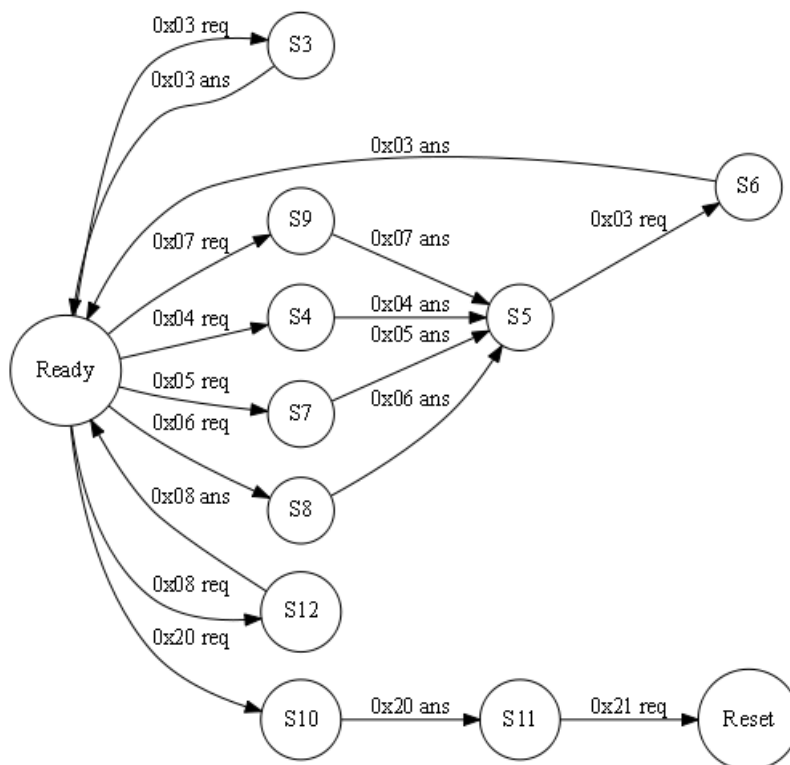
CPU najprej zaporedoma na vse razpoložljive naslove V/I modulov pošlje paket 0x01. Če nanj dobi odgovor, dobi odgovor, potem V/I modul vstavi v seznam aktivnih modulov s katerimi bo potekala nadaljnja nadaljnja komunikacija. Ko V/I modul odda odgovor na paket 0x01, umakne signal BUSY. Po vzpostavitvi vzpostavitvi komunikacije s posameznim modulom CPU pošlje paket 0x02, nato pa stalno sprašuje za sprašuje za podatke s paketom 0x03. Diagram inicializacije komunikacijske povezave med CPU in CPU in posameznim V/I modulom prikazuje

Slika 2, potek nadaljnje komunikacije pa

Slika 3.



Slika 2: Diagram inicializacije komunikacijske povezave med CPU in posameznim V/I modulom



Slika 3: Diagram komunikacije med CPU in posameznim V/I modulom.

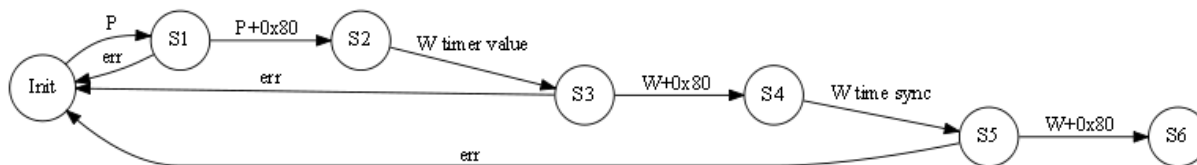
PRILOGA C. KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL POVEZAVE CPU – MODUL ZA KRMILJENJE ENERGETSKIH PODSKLOPOV

Komunikacija med glavno procesno ploščo (CPU, Slika 1) in modulom za krmiljenje energetskih podsklopov (PWR CPU, Slika 1) v boji poteka po RS232 povezavi po preprostem ARQ protokolu. Na paket z zahtevo, ki jo pošlje CPU (odjemalec), mora modul (strežnik) odgovoriti najkasneje v 500ms. Izmenjujejo se komunikacijski paketi s strukturama podanima v tabelah Tabela 11 in Tabela 12.

Podatek	Tip	Opis
ukaz	UINT8	'I' – zahteva odjemalca za ponastavitev (reset) modula, 'P' – ping zahteva odjemalca, 'R', 'r' – zahteva odjemalca za branje podatkov, 'W' – zahteva odjemalca za pisanje podatkov.
dolžina	UINT8	Dolžina podatkovnega dela paketa v bajtih.
komplement dolžine	UINT8	Eniški komplement dolžine paketa.
kontrolna vsota	UINT8	Vsota prvih treh bajtov paketa po modulu 256.
podatki	N*UINT8	Del spremenljive dolžine - podatki, ki se prenašajo, kjer je N lahko med 0 (ni podatkov) do 14 (maksimalna dolžina podatkovnega dela).
CRC16	UINT16	16-bitna CRC koda paketa, ki se računa le nad podatkovnim delom.

Tabela 11: Struktura komunikacijskega paketa odjemalca povezave CPU – modul za krmiljenje energetskih podsklopov (pošilja CPU).

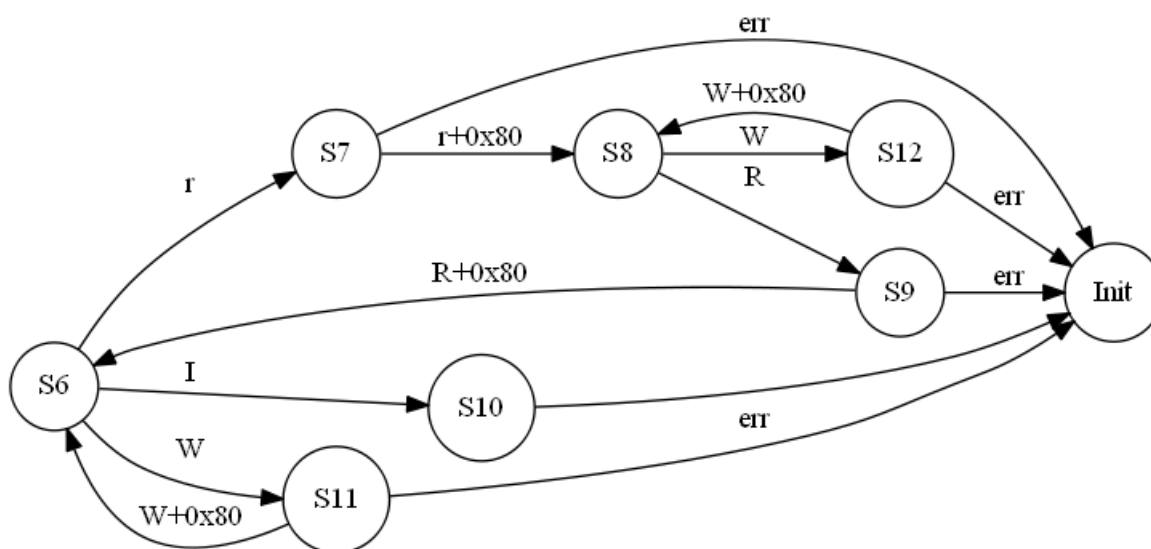
Diagram poteka inicializacije povezave prikazuje Slika 4, diagram nadaljnje izmenjave paketov pa prikazuje Slika 5.



Slika 4: Potek inicializacije povezave med CPU in PWR CPU.

Podatek	Tip	Opis
ukaz	UINT8	'I' + 0x80 – odgovor strežnika na zahtevo za ponastavitev, 'P' + 0x80 – odgovor strežnika na ping zahtevo, 'R', 'r' + 0x80 – odgovor strežnika na zahtevo za branje podatkov, 'W' + 0x80 – odgovor strežnika na zahtevo za pisanje podatkov.
dolžina	UINT8	Dolžina podatkovnega dela paketa v bajtih.
komplement dolžine	UINT8	Eniški komplement dolžine paketa.
kontrolna vsota	UINT8	Vsota prvih treh bajtov paketa po modulu 256.
podatki	N*UINT8	Del spremenljive dolžine - podatki, ki se prenašajo, kjer je N lahko med 0 (ni podatkov) do 248 (maksimalna dolžina podatkovnega dela).
CRC16	UINT16	16-bitna CRC koda paketa, ki se računa le nad podatkovnim delom.

Tabela 12: Struktura komunikacijskega paketa strežnika povezave CPU – modul za krmiljenje energetskih podsopov (pošilja modul).



Slika 5: Potek izmenjave paketov med CPU in PWR CPU.

PRILOGA D. KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL DOSTOPA APLIKACIJ DO PROCESA UDP_DATA_SERVER

Dostop sistemskih aplikacij do podatkov iz boje, ki so shranjene v dnevni beležni datoteki po datoteki po preprostem ARQ protokolu, ki je vgrajen v nosilni UDP protokol. Komunikacijski proces 'UDP_data_server' na MBP deluje kot strežnik zahtev, ki jih pošiljajo sistemske aplikacije kot odjemalci. Na paket z zahtevo, ki jo pošlje odjemalec, mora strežnik odgovoriti najkasneje v 1s, sicer odjemalec svojo zahtevo ponovi. Izmenjujejo se komunikacijski paketi, ki jih komunikacijski paketi, ki jih podajata Tabela 13 in

Tabela 14.

Podatek	Tip	Opis
začetni znak	UINT8	Fiksni znak '@', ki označuje začetek paketa.
tip paketa	UINT8	'P' – ping zahteva odjemalca, 'R' – zahteva odjemalca za branje zadnjih vrednosti meritev, 'M' – zahteva odjemalca za branje podatkovnega paketa (iz dnevnih beležnih datotek) za vpis v MySQL bazo, 'W' – zahteva odjemalca za pošiljanje ukaza na bojo.
dolžina	UINT16	Dolžina podatkovnega dela paketa v bajtih.
sekunde	UINT32	UTC čas oddaje paketa – sekundni del.
mikrosekunde	UINT32	UTC čas oddaje paketa – mikrosekundni del.
številka paketa	UINT16	Vedno 0.
CRC16	UINT16	16-bitna CRC koda paketa, ki se računa nad celotnim paketom izvzemši CRC16.
podatki	N*UINT8	Del spremenljive dolžine - podatki, ki se prenašajo, kjer je N lahko med 0 (ni podatkov) do 1024 (maksimalna dolžina podatkovnega dela).

Tabela 13: Struktura odjemalskega komunikacijskega paketa vmesnika na proces 'UDP_data_server'.

Podatek	Tip	Opis
začetni znak	UINT8	Fiksni znak '@', ki označuje začetek paketa.
tip paketa	UINT8	'p' – ping odgovor strežnika, 'm' – odgovor strežnika s paketom podatkov za vpis v bazo, 'r' – odgovor strežnika z zadnjimi vrednostmi meritev, 'w' – odgovor strežnika, da je zahteva skupaj s podatki za pisanje uspešno sprejeta.
dolžina	UINT16	Dolžina podatkovnega dela paketa v bajtih.
sekunde	UINT32	UTC čas oddaje paketa – sekundni del. Strežnik iz paketa z zahtevo odjemalca ta čas prepíše v paket z odgovorom.
mikrosekunde	UINT32	UTC čas oddaje paketa – mikrosekundni del. Strežnik iz paketa z zahtevo odjemalca ta čas prepíše v paket z odgovorom.
številka paketa	UINT16	Vedno 0.
CRC16	UINT16	16-bitna CRC koda paketa, ki se računa nad celotnim paketom izvzemši CRC16.
podatki	N*UINT8	Del spremenljive dolžine - podatki, ki se prenašajo, kjer je N lahko med 0 (ni podatkov) do 1024 (maksimalna dolžina podatkovnega dela).

Tabela 14: Struktura strežniškega komunikacijskega paketa vmesnika na proces 'UDP_data_server'.

PRILOGA E. TABELA VREDNOSTI IN PROGRAM ZA IZRAČUN CRC KODE

```
static uint16_t crctab16[] =
{
    0x0000, 0xC0C1, 0xC181, 0x0140, 0xC301, 0x03C0, 0x0280, 0xC241,
    0xC601, 0x06C0, 0x0780, 0xC741, 0x0500, 0xC5C1, 0xC481, 0x0440,
    0xCC01, 0x0CC0, 0x0D80, 0xCD41, 0x0F00, 0xCF41, 0xCE81, 0x0E40,
    0x0A00, 0xCAC1, 0xCB81, 0x0B40, 0xC901, 0x09C0, 0x0880, 0xC841,
    0xD801, 0x18C0, 0x1980, 0xD941, 0x1B00, 0xDBC1, 0xDA81, 0x1A40,
    0x1E00, 0xDEC1, 0xDF81, 0x1F40, 0xDD01, 0x1DC0, 0x1C80, 0xDC41,
    0x1400, 0xD4C1, 0xD581, 0x1540, 0xD701, 0x17C0, 0x1680, 0xD641,
    0xD201, 0x12C0, 0x1380, 0xD341, 0x1100, 0xD1C1, 0xD081, 0x1040,
    0xF001, 0x30C0, 0x3180, 0xF141, 0x3300, 0xF3C1, 0xF281, 0x3240,
    0x3600, 0xF6C1, 0xF781, 0x3740, 0xF501, 0x35C0, 0x3480, 0xF441,
    0x3C00, 0xFCC1, 0xFD81, 0x3D40, 0xFF01, 0x3FC0, 0x3E80, 0xFE41,
    0xFA01, 0x3AC0, 0x3B80, 0xFB41, 0x3900, 0xF9C1, 0xF881, 0x3840,
    0x2800, 0xE8C1, 0xE981, 0x2940, 0xEB01, 0x2BC0, 0x2A80, 0xEA41,
    0xEE01, 0x2EC0, 0x2F80, 0xEF41, 0x2D00, 0xEDC1, 0xEC81, 0x2C40,
    0xE401, 0x24C0, 0x2580, 0xE541, 0x2700, 0xE7C1, 0xE681, 0x2640,
    0x2200, 0xE2C1, 0xE381, 0x2340, 0xE101, 0x21C0, 0x2080, 0xE041,
    0xA001, 0x60C0, 0x6180, 0xA141, 0x6300, 0xA3C1, 0xA281, 0x6240,
    0x6600, 0xA6C1, 0xA781, 0x6740, 0xA501, 0x65C0, 0x6480, 0xA441,
    0x6C00, 0xACC1, 0xAD81, 0x6D40, 0xAF01, 0x6FC0, 0x6E80, 0xAE41,
    0xAA01, 0x6AC0, 0x6B80, 0xAB41, 0x6900, 0xA9C1, 0xA881, 0x6840,
    0x7800, 0xB8C1, 0xB981, 0x7940, 0xBB01, 0x7BC0, 0x7A80, 0xBA41,
    0xBE01, 0x7EC0, 0x7F80, 0xBF41, 0x7D00, 0xBDC1, 0xBC81, 0x7C40,
    0xB401, 0x74C0, 0x7580, 0xB541, 0x7700, 0xB7C1, 0xB681, 0x7640,
    0x7200, 0xB2C1, 0xB381, 0x7340, 0xB101, 0x71C0, 0x7080, 0xB041,
    0x5000, 0x90C1, 0x9181, 0x5140, 0x9301, 0x53C0, 0x5280, 0x9241,
    0x9601, 0x56C0, 0x5780, 0x9741, 0x5500, 0x95C1, 0x9481, 0x5440,
    0x9C01, 0x5CC0, 0x5D80, 0x9D41, 0x5F00, 0x9FC1, 0x9E81, 0x5E40,
    0x5A00, 0x9AC1, 0x9B81, 0x5B40, 0x9901, 0x99C1, 0x9881, 0x5880, 0x9841,
    0x8801, 0x48C0, 0x4980, 0x8941, 0x4B00, 0x8BC1, 0x8A81, 0x4A40,
    0x4E00, 0x8EC1, 0x8F81, 0x4F40, 0x8D01, 0x4DC0, 0x4C80, 0x8C41,
    0x4400, 0x84C1, 0x8581, 0x4540, 0x8701, 0x47C0, 0x4680, 0x8641,
    0x8201, 0x42C0, 0x4380, 0x8341, 0x4100, 0x81C1, 0x8081, 0x4040
};
```

```
// -----  
// Function Name      : crc16  
// Description       : calculate 16-bit CRC code  
// Input Parameters  :  
//  
//      data - address of data block  
//      size - size of data block in bytes  
//      flag - operation performed:  
//            0 - set CRC value to 0,  
//            1 - calculate CRC value,  
//            2 - set CRC value to 0xFFFF,  
//            other values - return current CRC value  
//  
// Return value     : last calculated/set value of CRC code  
// -----  
  
uint16_t crc16(uint8_t *data_p, uint32_t size, int8_t flag)  
{  
    uint16_t c;          /* temporary variable */  
    static uint16_t crc = 0;  
  
    switch (flag)  
    {  
        case 0 :  
            c = 0;  
            break;  
        case 1 :  
            c = crc;  
            while (size--)  
                c = crctab16[ *data_p++ ^ (uint8_t)(c) ] ^ (c >> 8);  
            break;  
        case 2 :  
            c = 0xFFFF;  
            break;  
        default :  
            c = crc;  
            break;  
    }  
    crc = c;  
    return(c);  
}
```

```
static uint32_t crctab32[] =
{
    0x00000000, 0x77073096, 0xEE0E612C, 0x990951BA,
    0x076DC419, 0x706AF48F, 0xE963A535, 0x9E6495A3,
    0x0EDB8832, 0x79DCB8A4, 0xE0D5E91E, 0x97D2D988,
    0x09B64C2B, 0x7EB17CBD, 0xE7B82D07, 0x90BF1D91,
    0x1DB71064, 0x6AB020F2, 0xF3B97148, 0x84BE41DE,
    0x1ADAD47D, 0x6DDDE4EB, 0xF4D4B551, 0x83D385C7,
    0x136C9856, 0x646BA8C0, 0xFD62F97A, 0x8A65C9EC,
    0x14015C4F, 0x63066CD9, 0xFA0F3D63, 0x8D080DF5,
    0x3B6E20C8, 0x4C69105E, 0xD56041E4, 0xA2677172,
    0x3C03E4D1, 0x4B04D447, 0xD20D85FD, 0xA50AB56B,
    0x35B5A8FA, 0x42B2986C, 0xDBBBC9D6, 0xACBCF940,
    0x32D86CE3, 0x45DF5C75, 0xDCD60DCF, 0xABD13D59,
    0x26D930AC, 0x51DE003A, 0xC8D75180, 0xBF06116,
    0x21B4F4B5, 0x56B3C423, 0xCFBA9599, 0xB8BDA50F,
    0x2802B89E, 0x5F058808, 0xC60CD9B2, 0xB10BE924,
    0x2F6F7C87, 0x58684C11, 0xC1611DAB, 0xB6662D3D,
    0x76DC4190, 0x01DB7106, 0x98D220BC, 0xEFD5102A,
    0x71B18589, 0x06B6B51F, 0x9FBFE4A5, 0xE8B8D433,
    0x7807C9A2, 0x0F00F934, 0x9609A88E, 0xE10E9818,
    0x7F6A0DBB, 0x086D3D2D, 0x91646C97, 0xE6635C01,
    0x6B6B51F4, 0x1C6C6162, 0x856530D8, 0xF262004E,
    0x6C0695ED, 0x1B01A57B, 0x8208F4C1, 0xF50FC457,
    0x65B0D9C6, 0x12B7E950, 0x8BBEB8EA, 0xFCB9887C,
    0x62DD1DDF, 0x15DA2D49, 0x8CD37CF3, 0xFBD44C65,
    0x4DB26158, 0x3AB551CE, 0xA3BC0074, 0xD4BB30E2,
    0x4ADFA541, 0x3DD895D7, 0xA4D1C46D, 0xD3D6F4FB,
    0x4369E96A, 0x346ED9FC, 0xAD678846, 0xDA60B8D0,
    0x44042D73, 0x33031DE5, 0xAA0A4C5F, 0xDD0D7CC9,
    0x50505713C, 0x270241AA, 0xBE0B1010, 0xC90C2086,
    0x5768B525, 0x206F85B3, 0xB966D409, 0xCE61E49F,
    0x5EDEF90E, 0x29D9C998, 0xB0D09822, 0xC7D7A8B4,
    0x59B33D17, 0x2EB40D81, 0xB7BD5C3B, 0xC0BA6CAD,
    0xEDB88320, 0x9ABFB3B6, 0x03B6E20C, 0x74B1D29A,
    0xEAD54739, 0x9DD277AF, 0x04DB2615, 0x73DC1683,
    0xE3630B12, 0x94643B84, 0x0D6D6A3E, 0x7A6A5AA8,
    0xE40ECF0B, 0x9309FF9D, 0x0A00AE27, 0x7D079EB1,
    0xF00F9344, 0x8708A3D2, 0x1E01F268, 0x6906C2FE,
    0xF762575D, 0x806567CB, 0x196C3671, 0x6E6B06E7,
    0xFED41B76, 0x89D32BE0, 0x10DA7A5A, 0x67DD4ACC,
    0xF9B9DF6F, 0x8EBEFFF9, 0x17B7BE43, 0x60B08ED5,
    0xD6D6A3E8, 0xA1D1937E, 0x38D8C2C4, 0x4FDDF252,
    0xD1BB67F1, 0xA6BC5767, 0x3FB506DD, 0x48B2364B,
    0xD80D2BDA, 0xAF0A1B4C, 0x36034AF6, 0x41047A60,
    0xDF60EFC3, 0xA867DF55, 0x316E8EEF, 0x4669BE79,
    0xCB61B38C, 0xBC66831A, 0x256FD2A0, 0x5268E236,
    0xCC0C7795, 0xBB0B4703, 0x220216B9, 0x5505262F,
```

```
0xC5BA3BBE, 0xB2BD0B28, 0x2BB45A92, 0x5CB36A04,
0xC2D7FFA7, 0xB5D0CF31, 0x2CD99E8B, 0x5BDEAE1D,
0x9B64C2B0, 0xEC63F226, 0x756AA39C, 0x026D930A,
0x9C0906A9, 0xEB0E363F, 0x72076785, 0x05005713,
0x95BF4A82, 0xE2B87A14, 0x7BB12BAE, 0x0CB61B38,
0x92D28E9B, 0xE5D5BE0D, 0x7CDCEFB7, 0x0BDBDF21,
0x86D3D2D4, 0xF1D4E242, 0x68DDB3F8, 0x1FDA836E,
0x81BE16CD, 0xF6B9265B, 0x6FB077E1, 0x18B74777,
0x88085AE6, 0xFF0F6A70, 0x66063BCA, 0x11010B5C,
0x8F659EFF, 0xF862AE69, 0x616BFFD3, 0x166CCF45,
0xA00AE278, 0xD70DD2EE, 0x4E048354, 0x3903B3C2,
0xA7672661, 0xD06016F7, 0x4969474D, 0x3E6E77DB,
0xAED16A4A, 0xD9D65ADC, 0x40DF0B66, 0x37D83BF0,
0xA9BCAE53, 0xDEBB9EC5, 0x47B2CF7F, 0x30B5FFE9,
0xBDBDF21C, 0xCABAC28A, 0x53B39330, 0x24B4A3A6,
0xBAD03605, 0xCDD70693, 0x54DE5729, 0x23D967BF,
0xB3667A2E, 0xC4614AB8, 0x5D681B02, 0x2A6F2B94,
0xB40BBE37, 0xC30C8EA1, 0x5A05DF1B, 0x2D02EF8D
};

// -----
// Function Name      : crc32
// Description        : calculate 32-bit CRC code
// Input Parameters   :
//
//     data - address of data block
//     size - size of data block in bytes
//     flag - operation performed:
//           0 - set CRC value to 0,
//           1 - calculate CRC value,
//           2 - set CRC value to 0xFFFFFFFF
//           other values - return current CRC value
//
// Return value      : last calculated/set value of CRC code
// -----

uint32_t crc32(uint8_t *data_p, uint32_t size, int8_t flag)
{
    uint32_t c;          /* temporary variable */
    static uint32_t crc = 0;

    switch (flag)
    {
        case 0 :
            c = 0;
            break;
        case 1 :
            c = crc;
            while (size--)
                c = crctab32[ *data_p++ ^ (uint8_t)(c) ] ^ (c >> 8);
            break;
        case 2 :
            c = 0xFFFFFFFF;
            break;
        default :
    }
}
```



```
    c = crc;
    break;
}
crc = c;
return(c);
}
```

PRILOGA F. UKAZI IN MERITVE VLAGOMERA

Vlagomer, ki je vgrajen na oceanografski boji in katerega procesni del je izdelalo podjetje Ames d.o.o., sprejema naslednje ukaze:

```
$A,nnnn,*XX<cr><lf>  
$P,*XX<cr><lf>  
$D,*XX<cr><lf>
```

Ukaz **\$A** nastavi avtomatski način pošiljanja, **nnnn** je čas vzorčenja v stotinkah sekunde, **XX** pa vsota znakov po modulu 256 med \$ in * vključno z obema znakoma.

Ukaz **\$P** nastavi pošiljanje podatkov na zahtevo (ukine avtomatski način).

Ukaz **\$D** pošlje zadnjo meritvev.

Vlagomer vrne meritve v obliki

```
$M,vvv,ttt.t,*XX<cr><lf>
```

kjer je **vvv** meritev relativne vlage v odstotkih, **ttt.t** meritev temperature v stopinjah Celzija, **XX** pa vsota znakov po modulu 256 med \$ in * vključno z obema znakoma.

PRILOGA G. UKAZI IN MERITVE PAR TIPALA

PAR tipalo, ki je vgrajeno na oceanografski boji in katerega procesni del je izdelalo podjetje Ditel d.o.o., sprejema naslednje ukaze:

- #?** - vrne seznam ukazov,
- #S1** - vrne podatek z vhoda 1,
- #S2** - vrne podatek z vhoda 2,
- #M1** - pošilja podatke z vhoda 1,
- #M2** - pošilja podatke z vhoda 2,
- #** - konča pošiljanje podatkov.

Tipalo vrne meritve kot ASCII niz v obliki:

HHLCCCS<CR><LF>

kjer je **HH** težji bajt 16-bitnega podatka, **LL** pa lažji bajt 16-bitnega podatka. **CC** je koda ADC pretvornika in če med meritvijo ni prišlo do napake, je vrednost kode enaka 0xE0. **CS** je kontrolna vsota niza po modulu 256.

PAR tipalo je priključeno na vhod 1.

PRILOGA H. PRILOGA – PODATKI O PODATKOVNIH PAKETIH, ALARMIH IN V/I MODULIH SISTEMA NA BOJI

Tabela 15: Seznam podatkovnih paketov na boji Vidi

ID (višjih 8 bitov)	ID (nižjih 8 bitov)	Opis
–	1	Krmilnik MPPT za sončne celice - merilni podatki.
–	2	Krmilnik MPPT za sončne celice - statusni podatki.
–	3	Meritve modula za krmiljenje energetskih podsklopov – prvi AD pretvornik (kanali 0 do 7) .
–	4	Meritve modula za krmiljenje energetskih podsklopov – drugi AD pretvornik (kanali 0 do 7).
–	5	Status gorivne celice.
–	6	Časovni statusi modula za krmiljenje energetskih podsklopov.
–	7	GPS čas.
–	8	GPS položaj.
–	9	GPS status.
–	10	Komunikacijski status med CPU in V/I moduli.
–	11	CPU (tok, temperatura, vlaga).
–	12	CO ₂ znotraj boje.
–	13	Temperatura in vlaga zraka znotraj boje.
/	/	/
–	20	Kode alarmov. Opisi kod alarmov so podani v .
/	/	/
–	32	Meritve vetromera.
–	33	Meritve kompasa.
–	34	Meritve toka na V/I modulih.
–	35	Meritve vlagomera.
–	36	Meritve slanomera (Seabird sonda) in fluorometra.
–	37	Meritve kisikomera 1 (2m pod bojo).
255	38	Meritve tokomera AWAC. V paketu so lahko zakodirani AWAC paketi od 0xA2 do 0xA8.
–	39	Kode alarmov iz V/I modulov.
–	40	Časovni podatki iz V/I modulov.

/	/	/
-	45	Meritve PAR tipala.
-	46	Meritve kisikomera 2 (na morskem dnu).
-	47	Meritve merilnika CO ₂ v zraku.
-	48	Meritve kisikomera 3 (pod bojo in brez brisalca).

Legenda: / ni uporabljeno
- ne obstaja

Tabela 16: Seznam V/I modulov

Modul	Vrata	Merilni instrument
1	0	vetromer Windmaster Pro
1	1	Vlagomer
2	0	kompas MTi28
2	1	slanomer SBE 16 plus SEACAT fluorometer Wetlabs
3	0	tokomer AWAC
3	1	kisikomer 1 Optode 3835
4	0	PAR tipalo
4	1	kisikomer 2 Optode 4835
5	0	merilnik CO2 GMP343
5	1	kisikomer 3 Optode 4835

Tabela 17: Kode in opisi alarmov iz V/I modulov (ID paketa 39)

Koda	Opis
10	// napaka pri nastavljanju parametrov vetromera
11	// vetromer ne pošilja podatkov po inicializaciji
21	// vlagomer ne pošilja podatkov po inicializaciji
30	// napaka pri nastavljanju parametrov kompasa
31	// kompas ne pošilja podatkov po inicializaciji
40	// napaka pri nastavljanju parametrov slanomera
41	// slanomer ne pošilja podatkov po inicializaciji
50	// inicializacija tokomera neuspešna
51	// ni mogoče vzpostaviti komunikacije s tokomerom
52	// predolg blok podatkov s tokomera
53	// nastavitev časa tokomera ni uspela
60	// napaka pri nastavljanju parametrov kisikomera 1
61	// kisikomer 1 ne pošilja podatkov po inicializaciji
71	// PAR tipalo ne pošilja podatkov po inicializaciji
80	// napaka pri nastavljanju parametrov kisikomera 2
81	// kisikomer 2 ne pošilja podatkov po inicializaciji
90	// napaka pri nastavljanju parametrov merilnika CO2

91 // merilnik CO2 ne pošilja podatkov po inicializaciji
100 // napaka pri nastavljanju parametrov kisikomera 3
101 // kisikomer 3 ne pošilja podatkov po inicializaciji

502 // vetromer priključen + ime
503 // vlagomer priključen + ime
504 // kompas priključen + ime
505 // slanomer priključen + ime
506 // tokomer priključen + ime
507 // kisikomer 1 priključen + ime
508 // PAR tipalo priključeno + ime
509 // kisikomer 2 priključen + ime
510 // merilnik CO2 priključen + ime
511 // kisikomer 3 priključen + ime
602 // start vetromera v avtomatskem načinu delovanja
603 // start vlagomera v avtomatskem načinu delovanja
604 // start kompasa v avtomatskem načinu delovanja
605 // start slanomera v avtomatskem načinu delovanja
606 // start tokomera v avtomatskem načinu delovanja
607 // start kisikomera 1 v avtomatskem načinu delovanja
608 // start PAR tipala v avtomatskem načinu delovanja
609 // start kisikomera 2 v avtomatskem načinu delovanja
610 // start merilnika CO2 v avtomatskem načinu delovanja
611 // start kisikomera 3 v avtomatskem načinu delovanja
702 // stop vetromera
703 // stop vlagomera
704 // stop kompasa
705 // stop slanomera
706 // stop tokomera
707 // stop kisikomera 1
708 // stop PAR tipala
709 // stop kisikomera 2
710 // stop merilnika CO2
711 // stop kisikomera 3
802 // start vetromera v "ročnem" načinu delovanja
803 // start vlagomera v "ročnem" načinu delovanja
804 // start kompasa v "ročnem" načinu delovanja
805 // start slanomera v "ročnem" načinu delovanja
806 // start tokomera v "ročnem" načinu delovanja
807 // start kisikomera 1 v "ročnem" načinu delovanja
808 // start PAR tipala v "ročnem" načinu delovanja
809 // start kisikomera 2 v "ročnem" načinu delovanja
810 // start merilnika CO2 v "ročnem" načinu delovanja
811 // start kisikomera 3 v "ročnem" načinu delovanja

Tabela 18: Kode in opisi alarmov iz V/I modulov (ID paketa 40)

Koda	Opis
1001	// sinhronizacija IO plošče 1
1002	// sinhronizacija IO plošče 2
1003	// sinhronizacija IO plošče 3
1004	// sinhronizacija IO plošče 4
1005	// sinhronizacija IO plošče 5

Tabela 19: Kode in opisi alarmov boje (ID paketa 20)

Koda	Opis
1	// loputa boje v normalnem obratovanju
2	// loputa boje v servisnem načinu
3	// loputa zaprta
4	// loputa odprta (alarm!)
10	// tipala za vodo v normalnem obratovanju
11	// tipala za vodo v servisnem načinu
12	// ni vode v boji
13	// vdor vode v bojo
14	// ni vode v komori za kamero
15	// vdor vode v komoro za kamero
20	// signalna luč v redu
21	// signalna luč - okvara
30	// merilnik za CO2 v boji v normalnem obratovanju
31	// merilnik za CO2 v boji v servisnem načinu
32	// količina CO2 v boji nizka
33	// količina CO2 v boji nevarno visoka
40	// radija v normalnem načinu obratovanja
41	// radija v servisnem načinu
42	// povezava preko 2.4 GHz v redu
43	// ni povezave preko 2.4 GHz
44	// povezava preko 5 GHz v redu
45	// ni povezave preko 5 GHz
50	// nadzorne kamere v normalnem načinu obratovanja
51	// nadzorne kamere v servisnem načinu
52	// nadzorna kamera št 1. dela
53	// nadzorna kamera št 1. ne dela
54	// nadzorna kamera št 2. dela
55	// nadzorna kamera št 2. ne dela
56	// nadzorna kamera št 3. dela
57	// nadzorna kamera št 3. ne dela

- 58 // nadzorna kamera št 4. dela
- 59 // nadzorna kamera št 4. ne dela

- 60 // podvodna kamera št. 1 v normalnem načinu obratovanja
- 61 // podvodna kamera št. 2 v normalnem načinu obratovanja
- 62 // podvodna kamera št. 1 v servisnem načinu
- 63 // podvodna kamera št. 2 v servisnem načinu
- 64 // napaka na podvodni kameri št. 1
- 65 // napaka na podvodni kameri št. 2
- 66 // potekel čas pri zajemu slike na podvodni kameri št. 1
- 67 // potekel čas pri zajemu slike na podvodni kameri št. 2

- 70 // napaka pri branju preko vodila SPI
- 71 // napaka pri pisanju preko vodila I2C
- 72 // napaka pri branju preko vodila I2C
- 73 // napaka pri pisanju v krmilnik za osvetlitev RGB

- 80 // modul GPS v normalnem načinu obratovanja
- 81 // modul GPS v servisnem načinu
- 82 // začetna sinhronizacija časa preko modula GPS
- 83 // časovna sinhronizacija preko modula GPS

- 90 // energetske moduli v normalnem načinu obratovanja
- 91 // energetske moduli v servisnem načinu
- 92 // vzpostavljena komunikacija z energetskim modulom
- 93 // ni komunikacije z energetskim modulom
- 94 // izguba (preliv) podatkov v energijskem modulu
- 95 // ponastavitev (reset) energijskega modula

- 1000 // izguba (preliv) podatkov iz V/I modula 1, vrat 0
- 1001 // izguba (preliv) podatkov iz V/I modula 1, vrat 1
- 1002 // izguba (preliv) podatkov iz V/I modula 2, vrat 0
- 1003 // izguba (preliv) podatkov iz V/I modula 2, vrat 1
- 1004 // izguba (preliv) podatkov iz V/I modula 3, vrat 0
- 1005 // izguba (preliv) podatkov iz V/I modula 3, vrat 1
- 1006 // izguba (preliv) podatkov iz V/I modula 4, vrat 0
- 1007 // izguba (preliv) podatkov iz V/I modula 4, vrat 1
- 1008 // izguba (preliv) podatkov iz V/I modula 5, vrat 0
- 1009 // izguba (preliv) podatkov iz V/I modula 5, vrat 1

- 2000 // komplet baterij št. 1 priključen na napajanje sistema
- 2001 // komplet baterij št. 2 priključen na napajanje sistema
- 2010 // komplet baterij št. 1 odklopljen od napajalnega sistema
- 2011 // komplet baterij št. 2 odklopljen od napajalnega sistema
- 2020 // komplet baterij št. 1 napolnjen
- 2021 // komplet baterij št. 2 napolnjen
- 2030 // komplet baterij št. 1 preklopljen na polnjenje

- 2031 // komplet baterij št. 2 preklopljen na polnjenje
- 2050 // nobene baterije ni na razpolago za napajanje sistema
- 2051 // vse baterije so prazne
- 2100 // preklon releja ni zaznan !!!
- 2150 // kritična napaka v relejskem sklopu !!!
- 2200 // kritična napaka na vodilu I2C – pisanje se ni izvedlo