

**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: | 1.0 |
| Zadnja sprememba: | Julij 2016 |
| Tiskano: | 04.02.2017 |
| Izvod: | 1/1 |
| Obseg: | Tehnični opisi |
| Avtor: | Damjan Šonc |

KAZALO

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| 1 | UVOD | 5 |
| 2 | PODSISTEM ZA ZAJEM PODATKOV NA OCEANOGRAFSKI BOJI VIDI | 6 |
| 2.1 | BREŽIČNA ETHERNET POVEZAVA | 7 |
| 2.2 | V/I MODULI | 7 |
| 2.3 | MODUL GPS | 8 |
| 2.4 | MODUL ZA KRMILJENJE ENERGETSKIH PODSKLOPOV IN KOMUNIKACIJO Z MERILNIKI OKOLJSKIH POGOJEV V BOJI..... | 8 |
| 2.4.1 | <i>Krmilnik MPPT za polnjenje baterij iz sončnih celic</i> | 10 |
| 2.4.2 | <i>Gorivna celica</i> | 10 |
| 2.4.3 | <i>Merilnik temperature in zračne vlage v boji</i> | 10 |
| 2.4.4 | <i>Merilnik stanja CO2 v boji</i> | 10 |
| 2.5 | NADZORNE KAMERE..... | 11 |
| 2.6 | PODVODNA KAMERA | 11 |
| 2.7 | KRMILJENJE IN STATUSNE INFORMACIJE IZ GLAVNE PROCESNE PLOŠČE | 11 |
| 3 | PODSISTEM ZA PRENOS PODATKOV NA MORSKI BIOLOŠKI POSTAJI PIRAN | 13 |
| 3.1 | KOMUNIKACIJSKI PODSISTEM ZA PRENOS PODATKOV MED MBP IN BOJO | 13 |
| 3.2 | KOMUNIKACIJSKI PODSISTEM ZA IZMENJAVO PODATKOV Z UPORABNIŠKIMI IZVEDENKAMI (APLIKACIJAMI)..... | 14 |
| 4 | PROGRAMSKA OPREMA NA OCEANOGRAFSKI BOJI | 15 |
| 4.1 | UPORABNIŠKA PROGRAMSKA OPREMA NA GLAVNI PLOŠČI | 15 |
| 4.2 | PROGRAMSKA OPREMA V/I MODULOV | 17 |
| 5 | LITERATURA | 18 |
| PRILOGA A. | KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL POVEZAVE BOJA – MBP | 19 |
| PRILOGA B. | KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL POVEZAVE CPU – V/I MODULI | 23 |
| PRILOGA C. | KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL POVEZAVE CPU – MODUL ZA KRMILJENJE ENERGETSKIH PODSKLOPOV | 26 |
| PRILOGA D. | KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL DOSTOPA IZVEDENK (APLIKACIJ) DO PROCESA UDP_DATA_SERVER | 28 |
| PRILOGA E. | TABELA VREDNOSTI IN PROGRAM ZA IZRAČUN CRC KODE | 30 |
| PRILOGA F. | NASTAVITVENE (KONFIGURACIJSKE) DATOTEKE PROGRAMOV NA BOJI ... | 34 |
| PRILOGA G. | NASTAVITVENE (KONFIGURACIJSKE) DATOTEKE PROGRAMOV NA MBP | 41 |
| PRILOGA H. | VZORČEVALNI ČASI MERILNE OPREME NA OCEANOGRAFSKI BOJI VIDI | 43 |
| PRILOGA I. | NASTAVITVE MERILNIH INSTRUMENTOV | 45 |
| PRILOGA J. | UKAZI IN MERITVE VLAGOMERA | 47 |
| PRILOGA K. | UKAZI IN MERITVE TIPALA PAR | 48 |
| PRILOGA L. | SEZNAM V/I MODULOV | 49 |
| PRILOGA M. | PODATKI O PODATKOVNIH PAKETIH | 50 |
| PRILOGA N. | KODE NAPAK INSTRUMENTOV – KONTROLA KVALITETE PODATKOV | 58 |
| PRILOGA O. | PODATKI O ALARMIH SISTEMA NA BOJI | 60 |

SLIKOVNO KAZALO

| | |
|--|----|
| Slika 1: Blokovni prikaz sistema na boji (vir Ditel d.o.o.)..... | 6 |
| Slika 2: Diagram inicializacije komunikacijske povezave med CPU in posameznim V/I modulom..... | 24 |
| Slika 3: Diagram komunikacije med CPU in posameznim V/I modulom. | 25 |
| Slika 4: Potek inicializacije povezave med CPU in PWR CPU..... | 26 |
| Slika 5: Potek izmenjave paketov med CPU in PWR CPU. | 27 |

KAZALO TABEL

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Porazdelitev meritev po posameznih kanalih prvega A/D pretvornika..... | 9 |
| Tabela 2: Porazdelitev meritev po posameznih kanalih drugega A/D pretvornika..... | 9 |
| Tabela 3: Pomen bitov 16-bitnega digitalnega V/I modula, ki ga neposredno krmili glavna procesna plošča. | 12 |
| 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..... | 17 |
| Tabela 6: Struktura kumunikacijskega paketa odjemalca povezave boja – MBP za prenos podatkov..... | 19 |
| Tabela 7: Struktura kumunikacijskega paketa strežnika povezave boja – MBP za prenos podatkov..... | 20 |
| Tabela 8: Struktura kumunikacijskega paketa povezave boja – MBP za prenos slikovnih datotek. | 21 |
| Tabela 9: Komunikacijski paketi povezave CPU-V/I moduli (pakete pošilja CPU)..... | 23 |
| Tabela 10: Komunikacijski paketi povezave CPU-V/I moduli (paketi iz V/I modulov)..... | 24 |
| Tabela 11: Struktura kumunikacijskega paketa odjemalca povezave CPU – modul za krmiljenje energetskega podslopa (pošilja CPU). | 26 |
| Tabela 12: Struktura kumunikacijskega paketa strežnika povezave CPU – modul za krmiljenje energetskega podslopa (pošilja modul). | 27 |
| Tabela 13: Struktura odjemalskega kumunikacijskega paketa vmesnika za proces 'UDP_data_server'. | 28 |
| Tabela 14: Struktura strežniškega kumunikacijskega paketa vmesnika za proces 'UDP_data_server'. | 29 |
| Tabela 15: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'buoy.cfg'..... | 35 |
| Tabela 16: Opis odsekov nastavitvene datoteke 'camera_protocol.cfg'..... | 37 |
| Tabela 17: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'camera_protocol.cfg'..... | 37 |
| Tabela 18: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'radio.cfg'..... | 38 |
| Tabela 19: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'scout.cfg'..... | 39 |
| Tabela 20: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'surveillance_cameras.cfg'..... | 40 |
| Tabela 21: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'radio-instrument_data.cfg'..... | 41 |
| Tabela 22: Opis parametrov nastavitvenih datotek 'radio-camera_files.cfg' in 'radio-data_server.cfg'..... | 42 |
| Tabela 23: Vzorčevalni časi merilnih instrumentov na oceanografski boji Vidi (stanje po decembru 2013)..... | 43 |
| Tabela 24: Vzorčevalni časi raznih meritev na opremi na oceanografski boji Vidi | 44 |

| | |
|---|----|
| Tabela 25: Nastavitve merilnih instrumentov, ki jih ob zagonu izvede programje V/I modulov | 46 |
| Tabela 26: Seznam V/I modulov | 49 |
| Tabela 27: Seznam podatkovnih paketov na boji Vidi | 50 |
| Tabela 28: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za vetromer (Windmaster)..... | 58 |
| Tabela 29: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za vlagomer (HMP 45)..... | 58 |
| Tabela 30: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za slanomer (SBE16 + Wetlabs fluorometer)..... | 58 |
| Tabela 31: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za kisikomer (Optode 3835, 4835)..... | 59 |
| Tabela 32: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za tipalo PAR (LI-190SL-50)..... | 59 |
| Tabela 33: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za merilnik CO ₂ (GMP343) | 59 |
| Tabela 34: Kode in opisi alarmov iz V/I modulov (ID paketa 39) | 60 |
| Tabela 35: Kode in opisi alarmov iz V/I modulov (ID paketa 40) | 61 |
| Tabela 36: Kode in opisi alarmov boje (ID paketa 20) | 61 |

1 UVOD

Sistem za zajem oceanografskih podatkov je sestavljen iz dveh podsistemov:

1. podsistema za zajem podatkov na oceanografski boji Vidi,
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.

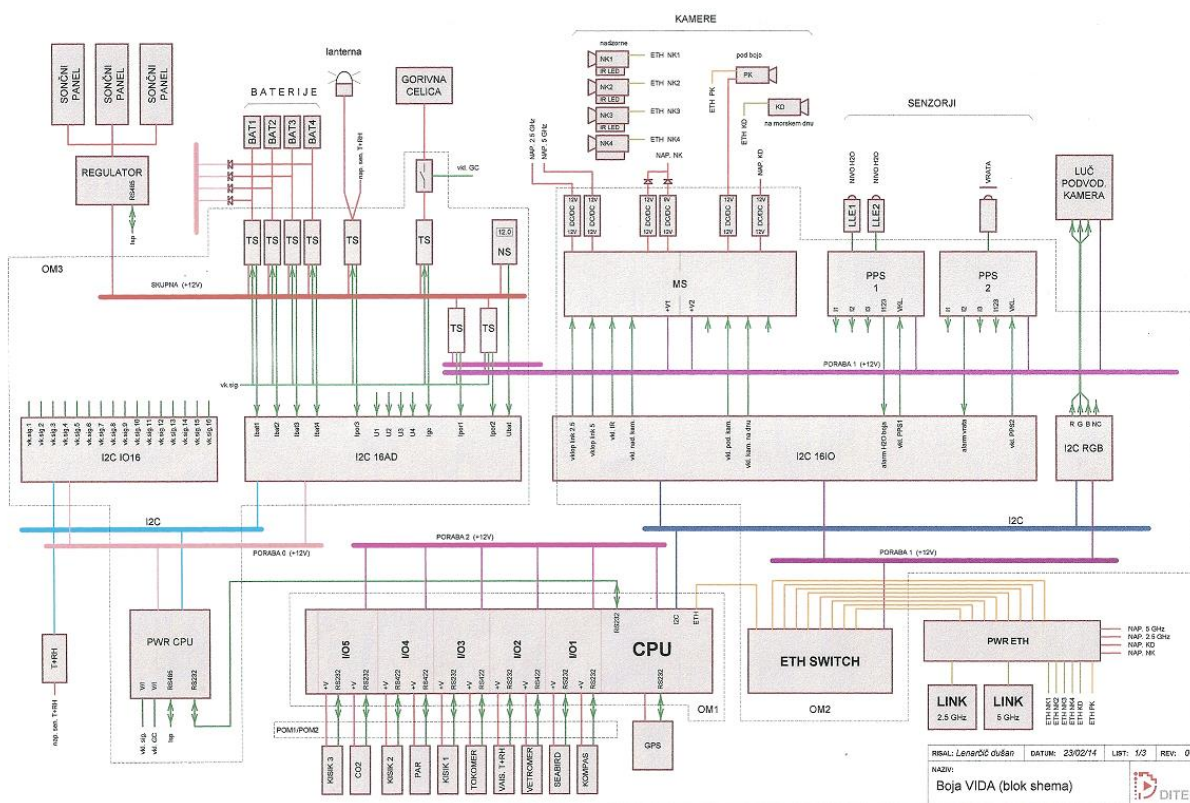
V primeru izpada Ethernet povezave ima računalniški sistem na boji dovolj pomnilniških kapacitet za najmanj 30 dni samostojnega delovanja in hranjenja podatkov. Podatki na pomnilniških medijih na boji se brišejo šele po uspešnem prenosu podatkov na kopno. Zajemajo in prenašajo se podatki iz merilnih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

Podsistem na kopnem sprejete podatke vpisuje v zbirko MySQL 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 VIDI

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 mikrokontrolnikom, ki je zasnovana na osnovi industrijskega mikrokontrolniškega 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 podatkovno zbirko MySQL. 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 (**A**utomatic **R**epeat **R**e**Q**uest) 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 raznih 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 preklopni 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. Frekvenca 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 modula GPS. 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 uro GPS.

Programje na glavni plošči omogoča, da modul GPS po potrebi postavimo v servisni način in ga s tem izključimo iz samodejnega zajema podatkov. Servisni način omogoča morebitne servisne posege na modulu GPS (tudi odklop in zamenjavo) tako, da le ti minimalno vplivajo na delovanje preostalega sistema. Med samim delovanjem modula GPS 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.
Tabela 2

| Kanal | Opis meritve | Merilno območje | Ločljivost |
|-------|-------------------------------|-----------------|------------|
| 1 | Napetost 1. kompleta baterij. | 6,16V..14,35V | 2mV |
| 2 | Napetost 2. kompleta baterij. | 6,16V..14,35V | 2mV |
| 3 | Napetost 3. kompleta baterij. | 6,16V..14,35V | 2mV |
| 4 | Napetost 4. kompleta baterij. | 6,16V..14,35V | 2mV |
| 5 | Tok 1. kompleta baterij. | -16A..+16A | 8 mA |
| 6 | Tok 2. kompleta baterij. | -16A..+16A | 8 mA |
| 7 | Tok 3. kompleta baterij. | -16A..+16A | 8 mA |
| 8 | Tok 4. kompleta baterij. | -16A..+16A | 8 mA |

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

| Kanal | Opis meritve | Merilno območje | Ločljivost |
|-------|---|-----------------|------------|
| 1 | Tok napajalne veje 1 (CPU, V/I moduli z merilnimi instrumenti). | -6A..+6A | 3 mA |
| 2 | Tok napajalne veje 2 (kamere, radijski moduli). | -6A..+6A | 3 mA |
| 3 | Tok svetilniške luči. | -6A..+6A | 3mA |
| 4 | Napajalna napetost sistema. | 8,0V..16,19V | 2mV |
| 5 | Tok gorivne celice. | -6A..+6A | 3 mA |
| 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 11,5V, 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 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.

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 je v trupu boje 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). Kamere potrebujejo za svoje delovanje zelo malo energije in pri napajalni napetosti 5VDC porabijo le do 100mA toka.

2.6 PODVODNA KAMERA

Preko vmesnika Ethernet je v sistem povezana industrijska kamera [10.] Basler Scout 1030gc. Kamera je nameščena v dno boje. Kamera v nastavljenih enakomernih časovnih intervalih snema podvodno okolje pod bojo z ločljivostjo 1032x768 točk. Prednastavljen interval snemanja je 30 minut, ki pa ga lahko preprosto spremenimo z drugačno vrednostjo parametra 'UNDERWATER_CAMERA_SAMPLING_INTERVAL' v datoteki 'buoy.cfg' (PRILOGA F). Zajem slike, krmiljenje kamere in dodatno osvetlitev nadzirajo trije ločeni procesi. Proces 'uw_camera_control' skrbi za krmiljenje kamere, proces 'uw_camera_capture' za zajem slike (oba preko Ethernet povezave), tretji ('i2c-module'), ki skrbi za komunikacijo na vodilu I²C glavne procesne plošče, pa krmili dodatno RGB LED osvetlitev za podvodno kamero.

Programje na glavni plošči omogoča, da kamero 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 sta z glavno ploščo povezana preko vodila I²C. Prvi izmed modulov, ki je priključen na vodilo I²C glavne procesne plošče, je 16-bitni digitalni V/I modul z nastavljivimi 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 PRENOS PODATKOV NA MORSKI BIOLOŠKI POSTAJI PIRAN

Podsistem za prenos podatkov na Morski biološki postaji Piran (MBP) sprejema podatke iz oceanografske boje in jih zapisuje v beležne datoteke na disk računalniškega strežnika ter nato še v podatkovno zbirko MySQL. V obratni smeri posreduje ukaze za vklop/izklop posameznih merilnih instrumentov. 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. Podsistem je funkcionalno razdeljen na dva dela in sicer na:

- komunikacijski podsistem za prenos podatkov med MBP in bojo ter na
- komunikacijski podsistem za izmenjavo podatkov z uporabniškimi izvedenkami (aplikacijami).

3.1 KOMUNIKACIJSKI PODSISTEM ZA PRENOS PODATKOV MED MBP IN 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.UTCMS.jpg' kjer je **N** zaporedna številka kamere, **YYYY** pomeni leto, **MM** mesec, **DD** dan, **HH** je ura, **mm** minuta, **SS** sekunda, **UTCMS** je Unix čas v sekundah **UTCMS** pa milisekundni del Unix časa nastanka posamezne slikovne datoteke nadzornik kamer. Čas je UTC čas. Imena datotek slik iz podvodnih kamer imajo obliko in sicer 'ImageN_YYYYMMDDHHmmSS.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 'suovi' obliki kamere (Basler Raw 16) in jih je s pomožnim programom RAW_TO_BMP šele potrebno pretvoriti v slikovni zapis BMP.

3.2 KOMUNIKACIJSKI PODSISTEM ZA IZMENJAVO PODATKOV Z UPORABNIŠKIMI IZVEDENKAMI (APLIKACIJAMI)

V podsistem za prenos podatkov na MBP je integriran tudi strežniški proces 'UDP_data_server', ki streže zahtevam uporabniških izvedenk, ki skrbijo za vpis podatkov v podatkovno zbirko MySQL ter zahtevam uporabniških izvedenk, ki izvajajo funkcije sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Sistem SCADA omogoča sprotni prikaz zadnjih vrednosti vseh meritev in stanj oceanografske boje na servisnih prikazih² ter daljinski vklop in izklop posameznih merilnih instrumentov.

Proces 'UDP_data_server' pridobiva podatke za vpis v podatkovno zbirko MySQL iz dnevnih beležnih datotek v mapi '/home/buoy/meritve'. Proces posreduje tudi operaterske ukaze iz SCADA kontrolnega prikaza (vklop/izklop posameznega merilnega instrumenta) 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://www.nib.si/mbp/apps/cyclops-web/login.jsp>

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 2.6.30. 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) pomnilniški 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, obstajata še pomožna programa, ki sta namenjena za izvedbo funkcij ob zagonu oziroma le sistemskemu vzdrževalcu in sicer:

- get_set_status,
- out32.

Ustrezni parametri in vrstni red zagona programov so zapisani 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 vodilu I ² C 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. |
| out32 | Pomožni program, ki omogoča nastavitve logičnih stanj posameznih PIO signalov procesorja. Uporablja se za ponastavitve (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 mikrokontroler 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 J |
| 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 tipala PAR s procesno ploščo podjetja Ditel. | PRILOGA K |
| 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 paketu 'ping' 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 paketih 'P' in 'R' je dolžina vedno 0. |

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

Za vzpostavitev zveze odjemalec iz MBP najprej pošilja paket 'P'. Zveza je vzpostavljena, ko odjemalec dobi od strežnika potrditev 'p'. Po vzpostavitvi zveze 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 pakete 'P'. Protokol vzpostavitve zveze odjemalec vedno zažene vsaj enkrat dnevno in sicer ob 0:00 UTC, ko začne prejete podatke vpisovati v novo beležno datoteko.

V podatkovnem delu se pri paketih 'r' in 'W' prenašajo podatki v strukturah, ki jih opisuje PRILOGA M, 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 paketu 'ping' 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 paketih 'D'. 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 paketu 'E'. |
| 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 paket 'P'. Zveza je vzpostavljena, ko odjemalec dobi od strežnika paket 'P' s potrditvijo ACK. Po vzpostavitvi zveze 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

vzpostavitev zveze – začne pošiljati pakete 'P'. Protokol vzpostavitve zveze odjemalec zažene pri vsakem začetem prenosu datotek.

Po vzpostavitvi zveze odjemalec pošlje paket 'H' 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 paketi 'D' s slikovnimi podatki dolžine 1024 bajtov v podatkovnem delu (razen mogoče zadnjega) in na koncu še paket 'E', ki ima v podatkovnem delu samo 32-bitno CRC kodo izračunano nad podatki iz datoteke. Zaporedje paketov 'H', 'D' in 'E' 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:

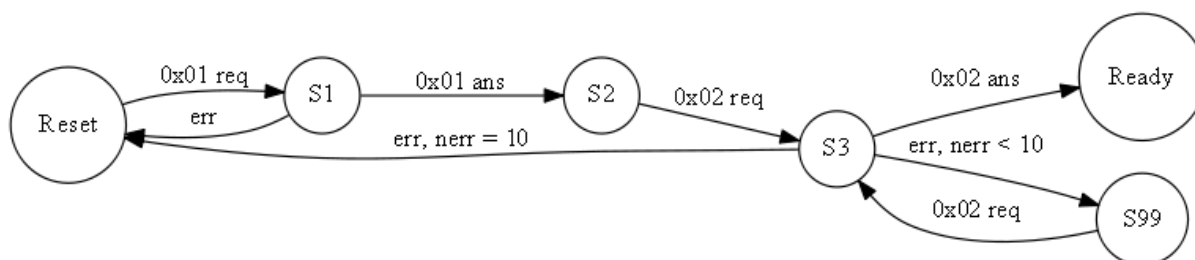
| Podatek | Tip | Opis |
|-----------------|---------|--|
| začetni znak | UINT8 | Fiksni znak '@', ki označuje začetek paketa. |
| ukaz | UINT8 | 0x01 – zahteva za sinhronizacijo ure. 0x02 – zahteva za statusne podatke V/I modula . 0x03 – zahteva za branje podatkov. 0x04 – zahteva za vklop merilnega 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)

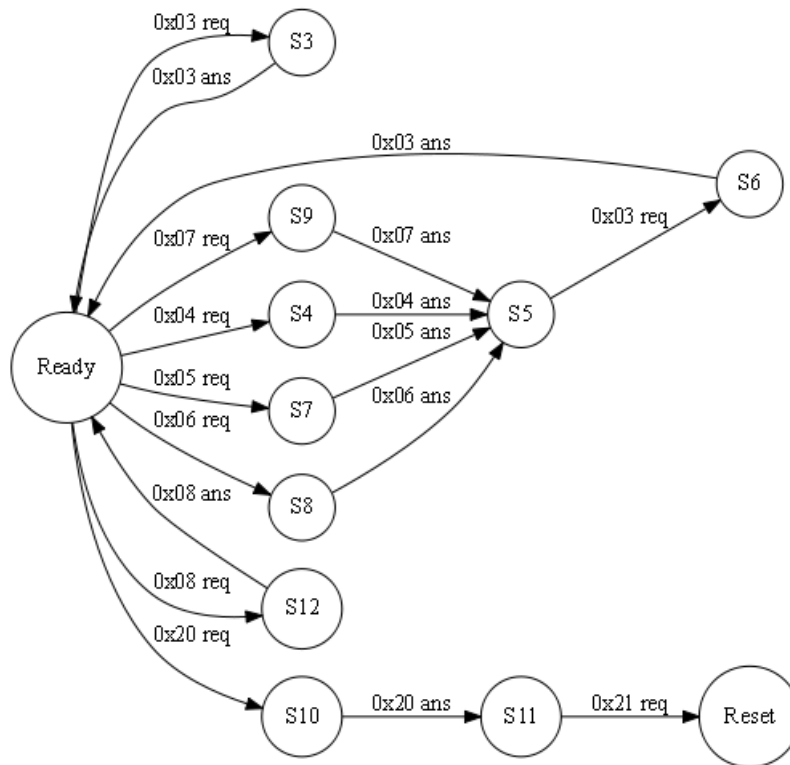
| Podatek | Tip | Opis |
|--------------|---------|--|
| začetni znak | UINT8 | Fiksni znak '@', ki označuje začetek paketa. |
| ukaz | UINT8 | 0x01 – potrditev sinhronizacije ure. 0x02 – odgovor s statusnimi podatki V/I modula . 0x03 – odgovor s podatki iz merilnih instrumentov. 0x04 – potrditev vklopa 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, potem V/I modul vstavi v seznam aktivnih modulov s katerimi bo potekala nadaljnja komunikacija. Ko V/I modul odda odgovor na paket 0x01, umakne signal BUSY. Po vzpostavitvi komunikacije s posameznim modulom CPU pošlje paket 0x02, nato pa stalno sprašuje za podatke s paketom 0x03. Diagram inicializacije komunikacijske povezave med 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.

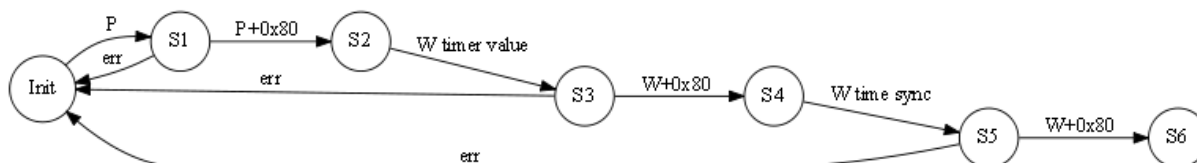
PRILOGA C. KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL POVEZAVE CPU – MODUL ZA KRMILJENJE ENERGETSKIH PODSKLOPOV

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).

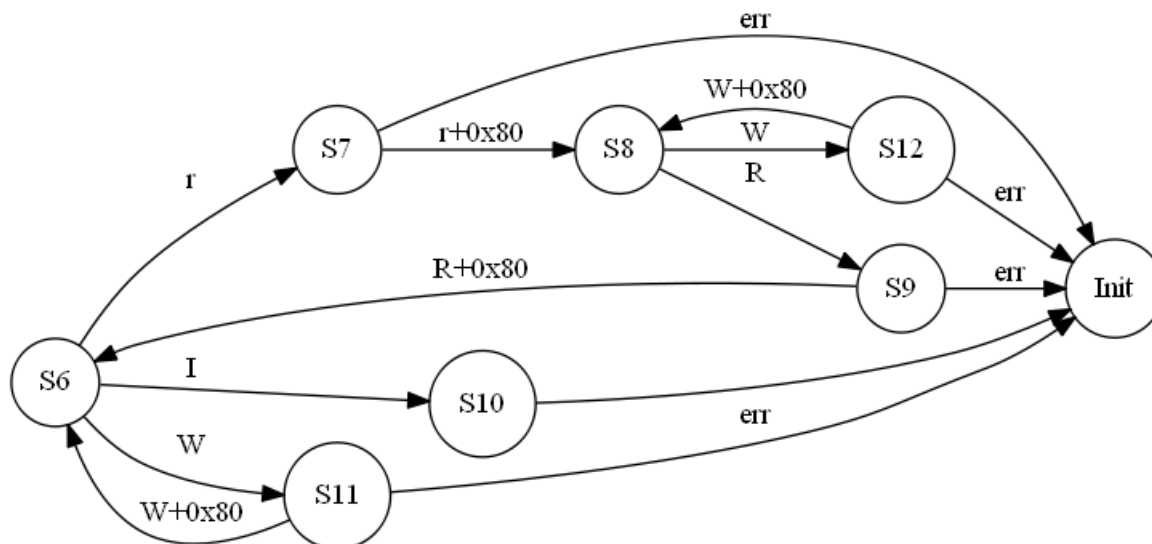
Diagram poteka inicializacije povezave prikazuje Slika 4, diagram nadaljnje izmenjave paketov pa prikazuje Slika 5.



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 podsklopov (pošilja modul).



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

PRILOGA D. KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL DOSTOPA IZVEDENK (APLIKACIJ) DO PROCESA UDP_DATA_SERVER

Dostop sistemskih aplikacij do podatkov iz boje, ki so shranjene v dnevnikih beležnih datotekah, poteka 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 izvedenke 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 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 dnevnikih beležnih datotek) za vpis v zbirko MySQL, '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 za 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 za 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, 0x99C0, 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, 0x9FBBE4A5, 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,
    0x4ADB26158, 0x3AB551CE, 0xA3BC0074, 0xD4BB30E2,
    0x4ADFA541, 0x3DD895D7, 0xA4D1C46D, 0xD3D6F4FB,
    0x4369E96A, 0x346ED9FC, 0xAD678846, 0xDA60B8D0,
    0x44042D73, 0x33031DE5, 0xAA0A4C5F, 0xDD0D7CC9,
    0x5005713C, 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, 0x4FDDFF252,
    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. NASTAVITVENE (KONFIGURACIJSKE) DATOTEKE PROGRAMOV NA BOJI

- Datoteka 'buoy.cfg'

| Ime parametra | Št. vred. | Opis |
|---------------------------------------|-----------|--|
| ENERGY_MODULE_AD_AVERAGING_INTERVAL | 1 | Čas povprečenja meritev v ms za meritve v modulu energetike. |
| ENERGY_MODULE_AD_ERROR_MASK | 1 | Bitna maska za vklop/izklop kontrolnih LED diod na modulih v energetski omarici. |
| ENERGY_MODULE_AD_SAMPLING_INTERVAL | 1 | Čas vzorčenja v ms za meritve v modulu energetike. |
| ENERGY_MODULE_CO2_SAMPLING_INTERVAL | 1 | Čas vzorčenja v ms za merilnik CO ₂ v boji. |
| ENERGY_MODULE_MPPT_AVERAGING_INTERVAL | 1 | Čas povprečenja meritev MPPT krmilnika v ms. |
| ENERGY_MODULE_SHT21_SAMPLING_INTERVAL | 1 | Čas vzorčenja v ms za tipalo vlage in temperature v boji. |
| HATCH_SENSOR_SAMPLING_INTERVAL | 1 | Čas vzorčenja v ms za svetlobno tipalo na loputi. |
| MAIN_BOARD_SAMPLING_INTERVAL | 1 | Čas vzorčenja v ms za meritve v modulu CPU. |
| MAIN_DATA_DIRECTORY | 1 | Ime mape, kjer se nahajajo datoteke s podatki. |
| PICTURE_DIRECTORY | 1 | Ime mape, kjer se nahajajo datoteke s podatki. |
| RADIO_2_4_GHZ | 1 | Začetno stanje povezave na 2.4 GHz (ON ali OFF). |
| RADIO_5_GHZ | 1 | Začetno stanje povezave na 5 GHz (ON ali OFF). |
| RADIO_CONNECTION_TIMEOUT | 1 | Čas v ms, ki mora poteči od zadnjega uspešno prenesenega paketa, da se povezava označi kot prekinjena. |
| RADIO_SERVICE_MODE | 2 | Vklop (ON) ali izklop (OFF) servisnega načina za 2.4 GHz (prva vrednost) in 5 GHz (druga vrednost) povezavi. |
| RADIO_SWITCH_ON_INTERVAL | 1 | Čas v s, ki mora preteči med preklopi med 2.4 GHz in 5 GHz povezavo. |
| SURVEILLANCE_CAMERAS_SERVICE_MODE | 1 | Vklop (ON) ali izklop (OFF) servisnega načina za nadzorne |

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| | | kamere. |
| SURVEILANCE_CAMERAS_SNAP_INTERVAL | 1 | Interval v ms med posameznimi zajemi slik nadzornih kamer. |
| SURVEILANCE_LIGHTS_ON_TIME | 1 | Čas vklopa v ms pomožnih IR luči nadzornih kamer. |
| SYSTEM_SAMPLING_INTERVAL | 1 | Čas beleženja meritev v eno beležno datoteko v s. |
| UNDERWATER_CAMERA_SAMPLING_INTERVAL | 2 | Interval v ms med posameznimi zajemi slik podvodne kamere. Prvi parameter je zaporedna številka kamere (trenutno samo 0). |
| UNDERWATER_CAMERA_SERVICE_MODE | 2 | Vklop (ON) ali izklop (OFF) servisnega načina za podvodno kamero. Prvi parameter je zaporedna številka kamere (trenutno samo 0). |
| WATER_SENSORS_SAMPLING_INTERVAL | 1 | Čas vzorčenja v ms tipal za vdor vode. |

Tabela 15: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'buoy.cfg'

Vsebina datoteke 'buoy.cfg', ki je nameščena na boji, je podana v nadaljevanju. Vrstice, ki se začinjajo z znakom '#', so komentarji. Vrstici zapolnjeni z znaki '-' nista del datoteke in sta uporabljeni le kot ločili med vsebino datoteke in preostalim besedilom.

Main configuration file

System directories

MAIN_DATA_DIRECTORY = "/media/USB-1"

PICTURE_DIRECTORY = "/media/USB-2"

Settings with time in seconds

SYSTEM_SAMPLING_INTERVAL = 86400

RADIO_SWITCH_ON_INTERVAL = 900

Settings with time in milliseconds

ENERGY_MODULE_AD_SAMPLING_INTERVAL = 250

ENERGY_MODULE_AD_AVERAGING_INTERVAL = 60000

ENERGY_MODULE_MPPT_AVERAGING_INTERVAL = 60000

ENERGY_MODULE_SHT21_SAMPLING_INTERVAL = 60000

ENERGY_MODULE_CO2_SAMPLING_INTERVAL = 300000

SURVEILANCE_CAMERAS_SNAP_INTERVAL = 300000

SURVEILANCE_LIGHTS_ON_TIME = 2000

```
MAIN_BOARD_SAMPLING_INTERVAL = 10000
UNDERWATER_CAMERA_SAMPLING_INTERVAL = 0, 1800000
HATCH_SENSOR_SAMPLING_INTERVAL = 5000
WATER_SENSORS_SAMPLING_INTERVAL = 60000
RADIO_CONNECTION_TIMEOUT = 120000
```

Other default settings

```
ENERGY_MODULE_AD_ERROR_MASK = 3FFF
RADIO_SERVICE_MODE = "ON","ON"
RADIO_5_GHZ = "ON"
RADIO_2_4_GHZ = "OFF"
UNDERWATER_CAMERA_SERVICE_MODE = 0, "OFF"
SURVEILLANCE_CAMERAS_SERVICE_MODE = "OFF"
```

- Datoteka 'camera_protocol.cfg'

| Ime odseka | Opis |
|------------|--|
| [CAMERA] | Označuje odsek za novo kamero. |
| [STEP] | Označuje nov odsek z nastavitvami za kamero. V vsakem odseku [STEP] je lahko le en parameter. Za vsako kamero imamo le en odsek [CAMERA], ki mu sledi eden ali več odsekov [STEP]. |

Tabela 16: Opis odsekov nastavitvene datoteke 'camera_protocol.cfg'

| Ime parametra | Št. vred. | Opis |
|---------------|-----------|---|
| NUMBER | 1 | Podaja zaporedno številko kamere. |
| FRONT_LIGHT | 3 | Podaja vrednosti R, G in B komponent osvetlitve za kamero. Vrednosti so lahko med 0 in 255. |

Tabela 17: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'camera_protocol.cfg'

Vsebina datoteke 'camera_protocol.cfg', ki je nameščena na boji, je podana v nadaljevanju. Vrstice, ki se začenjajo z znakom '#', so komentarji. Vrstici zapolnjeni z znaki '-' nista del datoteke in sta uporabljeni le kot ločili med vsebino datoteke in preostalim besedilom.

```
-----
[CAMERA]
NUMBER=0
[STEP]
FRONT_LIGHT=100,70,40
-----
```

- Datoteka 'radio.cfg'

| Ime parametra | Št. vred. | Opis |
|----------------|-----------|--|
| LOCAL_DATA_DIR | 1 | Ime mape, kamor se shranjujejo datoteke s podatki modulov vgrajenih na boji. Meritve merilnih instrumentov se shranjujejo v druge datoteke (glej MAIN_DATA_DIR). |
| MAIN_DATA_DIR | 1 | Ime mape, kamor se shranjujejo datoteke z meritvami instrumentov. |
| PICTURE_DIR | 1 | Ime mape, kamor se shranjujejo slike s kamer. |
| SERVER_IP | 1 | IP naslov računalnika na MBP, kjer tečejo programi za komunikacijo z bojo. |

Tabela 18: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'radio.cfg'

Vsebina datoteke 'radio.cfg', ki je nameščena na boji, je podana v nadaljevanju. Vrstice, ki se začinjajo z znakom '#', so komentarji. Vrstici zapolnjeni z znaki '-' nista del datoteke in sta uporabljeni le kot ločili med vsebino datoteke in preostalim besedilom.

```
-----
SERVER_IP="10.1.4.200"
MAIN_DATA_DIR="/media/USB-1/meritve"
LOCAL_DATA_DIR="/home/buoy/meritve"
PICTURE_DIR="/media/USB-2/slike"
-----
```

- **Datoteka 'scout.cfg'**

| Ime parametra | Št. vred. | Opis |
|------------------------|-----------|---|
| APPLICATION_IP | 1 | IP naslov modula CPU, kjer teče program za komunikacijo s kamero. |
| CAMERA_IP | 1 | IP naslov kamere. |
| STREAMING_PACKET_DELAY | 1 | Nastavitev zakasnitve med zajemom slike in začetkom pošiljanja (označeno kot Frame Transmission Delay v [10.]). |

Tabela 19: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'scout.cfg'

Vsebina datoteke 'scout.cfg', ki je nameščena na boji, je podana v nadaljevanju. Vrstice, ki se začinjajo z znakom '#', so komentarji. Vrstici zapolnjeni z znaki '-' nista del datoteke in sta uporabljeni le kot ločili med vsebino datoteke in preostalim besedilom.

```
-----  
CAMERA_IP="10.1.4.20"  
APPLICATION_IP="10.1.4.10"  
STREAMING_PACKET_DELAY=13000  
-----
```

- Datoteka 'surveillance_cameras.cfg'

| Ime parametra | Št. vred. | Opis |
|---------------|-----------|--|
| CAMERA_IP | 1 | IP naslov kamere. Za vsako kamero v sistemu mora biti ustrezna vrstica v datoteki. |

Tabela 20: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'surveillance_cameras.cfg'

Vsebina datoteke 'surveillance_cameras.cfg', ki je nameščena na boji, je podana v nadaljevanju. Vrstice, ki se začenjajo z znakom '#', so komentarji. Vrstici zapolnjeni z znaki '-' nista del datoteke in sta uporabljeni le kot ločili med vsebino datoteke in preostalim besedilom.

#Configuration file for C1001 cameras

CAMERA_IP=10.1.4.15
CAMERA_IP=10.1.4.16
CAMERA_IP=10.1.4.17
CAMERA_IP=10.1.4.18

PRILOGA G. NASTAVITVENE (KONFIGURACIJSKE) DATOTEKE PROGRAMOV NA MBP

- Datoteka 'radio-instrument_data.cfg'

| Ime parametra | Št. vred. | Opis |
|---------------|-----------|--|
| DEBUG_LEVEL | 1 | Nastavitev nivoja statusnih izpisov delovanja programa. Vpisana vrednost za parameter je vsota možnih vrednosti: 0x00 – brez dodatnih izpisov 0x01 – izpis vsebine komunikacijskih paketov 0x02 – izpis dodatnih statusnih informacij |
| SERVER_IP | 1 | IP naslov enote CPU na boji, kjer teče program za komunikacijo z MBP. |

Tabela 21: Opis parametrov nastavitvene datoteke 'radio-instrument_data.cfg'

Vsebina datoteke 'radio-instrument_data.cfg', ki je nameščena na računalniku na MBP, je podana v nadaljevanju. Vrstice, ki se začnejo z znakom '#', so komentarji. Vrstici zapolnjeni z znaki '-' nista del datoteke in sta uporabljene le kot ločili med vsebino datoteke in preostalim besedilom.

```
-----
# wireless eth. connection config file
DEBUG_LEVEL=2
SERVER_IP=10.1.4.10
-----
```

- Datoteka 'radio-camera_files.cfg'
- Datoteka 'radio-data_server.cfg'

| Ime parametra | Št. vred. | Opis |
|---------------|-----------|--|
| DEBUG_LEVEL | 1 | Nastavitev nivoja statusnih izpisov delovanja programa. Vpisana vrednost za parameter je vsota možnih vrednosti: 0x00 – brez dodatnih izpisov 0x01 – izpis vsebine komunikacijskih paketov 0x02 – izpis dodatnih statusnih informacij |

Tabela 22: Opis parametrov nastavitvenih datotek 'radio-camera_files.cfg' in 'radio-data_server.cfg'

Vsebina datoteke 'radio-camera_files.cfg', ki je nameščena na računalniku na MBP, je podana v nadaljevanju. Vrstice, ki se začenjajo z znakom '#', so komentarji. Vrstici zapolnjeni z znaki '-' nista del datoteke in sta uporabljene le kot ločili med vsebino datoteke in preostalim besedilom.

```
-----  
# config file  
DEBUG_LEVEL=0  
-----
```

Vsebina datoteke 'radio-data_server.cfg', ki je nameščena na računalniku na MBP, je podana v nadaljevanju. Vrstice, ki se začenjajo z znakom '#', so komentarji. Vrstici zapolnjeni z znaki '-' nista del datoteke in sta uporabljene le kot ločili med vsebino datoteke in preostalim besedilom.

```
-----  
# config file  
DEBUG_LEVEL=2  
-----
```

PRILOGA H. VZORČEVALNI ČASI MERILNE OPREME NA OCEANOGRAFSKI BOJI VIDI

| Instrument | Količina | Namestitev glede na morsko gladino | Perioda vzorčenja | Meritev na časovno enoto |
|---|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| HMP 45A (Vaisala) | relativna vlaga in temperatura zraka | +5,0m | 10s | 6/min |
| WindMaster Pro (Gill Instruments) | hitrost in smer vetra | +5,0m | 0,1s | 10/s |
| MTi (Xsens Technologies) | kompas, naklonomer, pospeškometer | +1,0m | 0,1s | 10/s |
| LI-190SL-50 (LI-COR Inc.) | PAR ³ | +4,4m | 0,23s | 4,26/s |
| SeaBird 16plus SEACAT (Seabird) | slanost in temperatura | -2,5m | 300s | 12/h |
| ECO Chlorophyll Fluorometer Chlorophyll-a (FL-CHL) (Wet Labs) | koncentracija klorofila | -2,5m | 300s | 12/h |
| Oxygen optode 3835 (Aanderaa Data Instruments) | koncentracija kisika | -22,5m (-2,5m) | 60s | 1/min |
| Oxygen optode 4835 (Aanderaa Data Instruments) | koncentracija kisika | -22,5m (-2,5m) | 60s | 1/min |
| AWAC 600 kHz, NIP vmesnik (Nortek) | morski tokovi, temperatura | -22,5m | 1s | * ⁴ |
| AWAC 600 kHz, NIP vmesnik (Nortek) | valovi | -22,5m | 1s | * ⁵ |
| GMP343 (Vaisala) | koncentracija CO ₂ v zraku | 4,0m | 120s | 30/h |

Tabela 23: Vzorčevalni časi merilnih instrumentov na oceanografski boji Vidi (stanje po decembru 2013)

³ Photosynthetically Active Radiation

⁴ 600 vzorcev v prvih 10 minutah polurnega intervala

⁵ 1024 vzorcev v naslednjih 1024 sekundah polurnega intervala (za meritvami morskih tokov)

| Opis | Kvantizacija | Perioda vzorčenja | Čas povprečenja |
|---|----------------------|-------------------|------------------|
| Meritve energetskega podsklopa na boji (napetost, tok baterij, tokovi napajalnih vej) | 12 bitov | 10s ⁶ | 60s ⁶ |
| Meritve koncentracije CO ₂ znotraj boje | - | 300s ⁶ | / |
| Meritve relativne zračne vlage in temperature znotraj boje | 12 bitov 14 bitov | 300s ⁶ | / |
| Meritve MPPT krmilnika za sončne celice | 12 bitov | 1s | 60s ⁶ |
| Meritve znotraj modula CPU (tok, temperatura, vlaga) | 12 bitov | 0,1s ⁶ | 60s |
| Čas vzorčenja tipal za vdor vode | 1 bit | 60s ⁶ | / |
| Čas vzorčenja svetlobnega tipala na loputi | 1 bit | 5s ⁶ | / |
| Meritve porabe merilnih instrumentov priključenih na V/I module | 10 bitov | 0,05s | 60s |

Tabela 24: Vzorčevalni časi raznih meritev na opremi na oceanografski boji Vidi

Legenda: / ni uporabljeno
- ni podatka

⁶ Nastavljivo v 'buoy.cfg' – glej PRILOGA F

PRILOGA I. NASTAVITVE MERILNIH INSTRUMENTOV

| Instrument | Začetne nastavitve |
|---|--|
| HMP 45A (Vaisala) | Nastavljen je vzorčevalni čas 10s. Hitrost serijske komunikacije je 9600 baud. |
| WindMaster Pro (Gill Instruments) | Ob zagonu so poslani ukazi: A4 – izpis hitrosti zvoka in "temperature" zvoka, G0 – povprečenje izključeno, I1 – analogni vhod onemogočen, J2 – visoka natančnost (3 decimalna mesta), K50 – minimalna smerna hitrost je 0,05m/s, L1 – zaključek sporočila podan z zaporedjem CR+LF, M1 – podatki so v obliki UVW, O1 – podatki so ločeni z vejico, P6 – instrument vrača 10 meritev na sekundo, S7 – obseg meritev do 60 m/s, T1 – analogni izhod daje napetosti med 0 in 5V, U1 – enote meritev so m/s, V1 – PRT opcija izključena, X1 – os U naravnana v smeri severa. Hitrost serijske komunikacije je 19200 baud. |
| MTi (Xsens Technologies) | Ob zagonu so poslani ukazni paketi: - 0xD0, 0x02, 0x00, 0x06 - 0xD2, 0x04, 0x00, 0x00, 0x0C, 0x04 // podatki v IEEE-754 32-bitnem formatu, izpis podatkov o // pospeških, kotnih pospeških in magnetnem polju, // Eulerjev kotni zapis, analogni izhodi onemogočeni - 0x04, 0x02, 0x02, 0xD0 // hitrost vzorčenja 160 Hz - 0xD4, 0x02, 0x00, 0x0F // upoštevaj vsako 16-to meritev Hitrost serijske komunikacije je 115200 baud. |
| LI-190SL-50 (LI-COR Inc.) | Ob zagonu je poslan ukaz: "#M1" Hitrost serijske komunikacije je 9600 baud. |
| SeaBird 16plus SEACAT (Seabird) vključuje tudi ECO Chlorophyll Fluorometer Chlorophyll-a (FL-CHL) (Wet Labs) | Ob zagonu so poslani ukazi: "PUMPMODE=2", "TXREALTIME=Y", "NCYCLES=5", "OUTPUTFORMAT=3", "OUTPUTSAL=Y", "OUTPUTSV=N", "DELAYBEFORESAMPLING=2", "SAMPLEINTERVAL=300", "INITLOGGING". Hitrost serijske komunikacije je 9600 baud. |
| Oxygen optode 3835 | Ob zagonu so poslani ukazi: |

| | |
|---|---|
| (Aanderaa Data Instruments) | "Set Interval (60)", "Set Salinity (0.000000E+00)", "Set Output (100)". Hitrost serijske komunikacije je 9600 baud. |
| Oxygen optode 4835 (Aanderaa Data Instruments) | Ob zagonu so poslani ukazi: "Set Enable Text (No)", "Set Enable Decimalformat (Yes)", "Set Enable AirSaturation (Yes)", "Set Enable Temperature (Yes)", "Set Enable Sleep (Yes)", "Set Interval (6.000000E+01)", "Set Output (0)". Hitrost serijske komunikacije je 9600 baud. |
| AWAC 600 kHz, NIP vmesnik (Nortek) | Ob zagonu so poslani ukazi: "SX trenutni.UTC_čas", "ST UTC_čas_zagona", Hitrost serijske komunikacije je 9600 baud. |
| GMP343 (Vaisala) | Ob zagonu so poslani ukazi: "FORM CO2 #t CO2RAWUC #t T #t ERR #r #n", "INTV 120 s", "RANGE 4", "MEDIAN 0", "AVERAGE 30", "SMOOTH 0", "LINEAR ON", "TC ON", "O 20.95", "OC ON", "P 1013", "PC ON", "RH 67.5", "RHC ON" Hitrost serijske komunikacije je 19200 baud. |

Tabela 25: Nastavitve merilnih instrumentov, ki jih ob zagonu izvede programje V/I modulov

PRILOGA J. 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 meritev.

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 K. UKAZI IN MERITVE TIPALA PAR

Tipalo PAR (**P**hotosynthetically **A**ctive **R**adiation), 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:

HLLCCCS<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.

Tipalo PAR je priključeno na vhod 1.

PRILOGA L. 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 in fluorometer Wetlabs |
| 3 | 0 | tokomer AWAC |
| 3 | 1 | kisikomer 1 Optode 3835 |
| 4 | 0 | tipalo PAR |
| 4 | 1 | kisikomer 2 Optode 4835 |
| 5 | 0 | merilnik CO2 GMP343 |
| 5 | 1 | kisikomer 3 Optode 4835 |

Tabela 26: Seznam V/I modulov

PRILOGA M. PODATKI O PODATKOVNIH PAKETIH

| 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 PRILOGA O. |
| / | / | / |
| – | 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. Opisi kod alarmov so podani v PRILOGA O. |
| – | 40 | Časovni podatki iz V/I modulov. |
| / | / | / |
| – | 45 | Meritve tipala PAR. |
| – | 46 | Meritve kisikomera 2 (na morskem dnu). |
| – | 47 | Meritve merilnika CO ₂ v zraku. |
| – | 48 | Meritve kisikomera 3 (pod bojo in brez brisalca). |

Tabela 27: Seznam podatkovnih paketov na boji Vidi

Legenda: / ni uporabljeno
– ne obstaja

PODATKOVNE STRUKTURE PODATKOVNIH PAKETOV

```
/* -- General data structures -- */

typedef struct
{
    uint8_t          ident;          // packet ID
    uint8_t          size;          // packet size in bytes
    uint16_t         msecs;
    uint32_t         secs;
} Timed_Data_Header_t;

typedef struct
{
    uint8_t          ident_hi;      // packet ID MSB
    uint8_t          size_hi;      // packet size in bytes MSB
    uint8_t          ident_lo;     // packet ID LSB
    uint8_t          size_lo;      // packet size in bytes LSB
    uint32_t         secs;
} Extended_Timed_Data_Header_t;

/* -- Structure for data with packet ID = 1 -- */

typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t  header;
    uint16_t             min_input_voltage;
    uint16_t             max_input_voltage;
    uint16_t             avg_input_voltage;
    uint16_t             min_input_current;
    uint16_t             max_input_current;
    uint16_t             avg_input_current;
    uint16_t             min_battery_voltage;
    uint16_t             max_battery_voltage;
    uint16_t             avg_battery_voltage;
    uint16_t             min_output_current;
    uint16_t             max_output_current;
    uint16_t             avg_output_current;
    uint32_t             accum_output_current;
    uint16_t             remaining_equalize_time;
    uint8_t              days_last_full_charge;
    uint8_t              days_last_equalize;
    uint16_t             total_charge_amp_hours;
} MPPT_Data_t;

/* -- Structures for data with packet ID = 2 -- */

typedef struct
{
    uint8_t             charge_state : 4;
    uint8_t             reserved : 1;
    uint8_t             power_source : 1;
    uint8_t             aux_FET_switch : 1;
    uint8_t             aux_mode : 1;
} MPPT_Charge_State_t;
```

```
typedef struct
{
    uint8_t          reserved : 4;
    uint8_t          slave_clear : 1;
    uint8_t          equalize_state : 1;
    uint8_t          charge_state : 1;
    uint8_t          charge_complete : 1;
} MPPT_Misc_Flags_t;

typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    MPPT_Charge_State_t    status;
    MPPT_Misc_Flags_t      flags;
} MPPT_Digital_Status_t;

/* -- Structures for data with packet ID = 3 and ID = 4 -- */

typedef struct
{
    int32_t          accum_value;
    int16_t          min_value;
    int16_t          max_value;
    int16_t          avg_value;
    bool             active;
} AD_Channel_t;

typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    AD_Channel_t           channel[ 8 ];
} AD_Data_t;

/* -- Structure for data with packet ID = 5 -- */

typedef struct
{
    timed_data_header_t    header;
    uint16_t               status;
} Fuel_Cell_Status_t;

/* -- Structure for data with packet ID = 6 -- */

typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    int32_t                timedif;
    uint32_t               old_timer;
    uint32_t               new_timer;
} Energ_Status_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 7 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    int32_t                 time_diff;
} GPS_Time_Sync_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 8 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    int16_t                 longitude_i;    // integer part
    int16_t                 latitude_i;    // integer part
    uint32_t                longitude_f;    // decimal part
    uint32_t                latitude_f;    // decimal part
    int16_t                 height;
    uint16_t                sattelites;
} GPS_Position_Data_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 9 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint8_t                 status;
    uint8_t                 antena;
    uint8_t                 battery;
    uint8_t                 almanac;
} GPS_Status_Data_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 10 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint32_t                packet_errors;
    uint32_t                multiple_packet_errors;
    uint32_t                wrong_packet_errors;
    uint8_t                 board;
    uint8_t                 present;
    uint8_t                 initialized;
    uint8_t                 dummy;
} Board_Status_Data_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 11 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint16_t                current;
    int16_t                 temperature;
    uint16_t                humidity;
} Main_Board_Sensor_Data_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 12 -- */

typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint16_t               co2_concentration;
} CO2_Data_t;

/* -- Structure for data with packet ID = 13 -- */

typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    int16_t                temperature;
    uint16_t               humidity;
} SHT21_Data_t;

/* -- Structure for data with packet ID = 20 -- */

typedef struct
{
    timed_data_header_t    header;
    uint16_t               alarm_code;
} Alarm_Data_t;

/* -- Structure for data with packet ID = 32 -- */

typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    int32_t                U;
    int32_t                V;
    int32_t                W;
    uint16_t               sound_speed;
    int16_t                sonic_temperature;
    uint16_t               anemometer_code;
    uint16_t               error_code;
} Anemometer_Data_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 33 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    float                  accx;
    float                  accy;
    float                  accz;
    float                  gyrx;
    float                  gyry;
    float                  gyrz;
    float                  magx;
    float                  magy;
    float                  magz;
    float                  roll;
    float                  pitch;
    float                  heading;
    uint16_t               error_code;
} Compass_Data_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 34 -- */
```

```
#define MAX_DEVICES      2

typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint16_t               min_value[ MAX_DEVICES ];
    uint16_t               max_value[ MAX_DEVICES ];
    uint16_t               avg_value[ MAX_DEVICES ];
    uint16_t               board;
} IOboard_ADC_Data_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 35 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint16_t               humidity;
    int16_t                temperature;
    uint16_t               error_code;
} Hygrometer_Data_t;
```

```
/* -- Structures for data with packet ID = 36 -- */
```

```
typedef struct
{
    uint8_t                day;
    uint8_t                month;
    uint16_t               year;
    uint8_t                hour;
    uint8_t                minute;
    uint8_t                second;
    uint8_t                decisecond;
} Salinitymeter_Time_t;
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    int32_t                temperature;
    uint32_t               conductivity;
    uint32_t               salinity;
    uint16_t               error_code;
    uint16_t               fluorometer;
    Salinitymeter_Time_t  sm_time;
} Salinitymeter_Data_t;

/* -- Structure for data with packet ID = 37 -- */

typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint32_t               concentration;
    uint16_t               saturation;
    int16_t                temperature;
    uint16_t               error_code;
} Oxygenmeter_Data_t;

/* -- Structures for data with LSB packet ID = 38 -- */

#define MAX_SEACURRENTMETER_RECORD_SIZE    4096

typedef struct {
    uint8_t                cSync;                // A5 (hex)
    uint8_t                cID;                 // A0 (hex)
    uint16_t               hSize;               // size in words
    uint16_t               hDataFormat;
} AWAC_Generic_Header_t;

typedef struct
{
    Extended_Timed_Data_Header_t    header;
    AWAC_Generic_Header_t          AWAC_header;
    uint8_t                         data[ MAX_SEACURRENTMETER_RECORD_SIZE ];
} Seacurrentmeter_Data_t;

/* -- Structure for data with packet ID = 39 -- */

#define MAX_DEVICENAME_LENGTH    16

typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint8_t                board;
    uint8_t                port;
    uint16_t               alarm_code;
    uint8_t                device_mode;        // MANUAL, AUTOMATIC, IDLE
    uint8_t                system_state;
    uint8_t                device_name[ MAX_DEVICENAME_LENGTH ];
} IO_Alarm_Data_t;
```



```
/* -- Structure for data with packet ID = 40 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint8_t                board;
    uint8_t                port;
    uint16_t               alarm_code;
    int32_t                difference;
    uint32_t               old_period;
    uint32_t               new_period;
} IO_Sync_Data_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 45 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    int16_t                light_flux;
    uint16_t               error_code;
} Lightmeter_Data_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 46 and ID = 48 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint32_t                concentration;
    uint32_t                saturation;
    int16_t                temperature;
    uint16_t               error_code;
} Oxygenmeter2_Data_t;
```

```
/* -- Structure for data with packet ID = 47 -- */
```

```
typedef struct
{
    Timed_Data_Header_t    header;
    uint16_t                co2_filtered;
    uint16_t                co2_raw;
    int16_t                temperature;
    uint16_t                instr_code;
    uint16_t                error_code;
} AirCO2meter_Data_t;
```

PRILOGA N. KODE NAPAK INSTRUMENTOV – KONTROLA KVALITETE PODATKOV

| Koda | Mejna vrednost | Opis |
|--------|----------------|---|
| 0x0001 | 70 m/s | Prekoračitev vrednosti za U komponento |
| 0x0002 | -70 m/s | Podkoračitev vrednosti za U komponento |
| 0x0004 | 70 m/s | Prekoračitev vrednosti za V komponento |
| 0x0008 | -70 m/s | Podkoračitev vrednosti za V komponento |
| 0x0010 | 70 m/s | Prekoračitev vrednosti za W komponento |
| 0x0020 | -70 m/s | Podkoračitev vrednosti za W komponento |
| 0x0040 | 370 m/s | Prekoračitev vrednosti za hitrost zvoka |
| 0x0080 | 300 m/s | Podkoračitev vrednosti za hitrost zvoka |
| 0x0100 | 50°C | Prekoračitev vrednosti za "temperaturo zvoka" |
| 0x0200 | -20°C | Podkoračitev vrednosti za "temperaturo zvoka" |

Tabela 28: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za vetromer (Windmaster)

| Koda | Mejna vrednost | Opis |
|--------|----------------|---------------------------------------|
| 0x0001 | 70°C | Prekoračitev vrednosti za temperaturo |
| 0x0002 | -30°C | Podkoračitev vrednosti za temperaturo |

Tabela 29: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za vlagomer (HMP 45)

| Koda | Mejna vrednost | Opis |
|--------|----------------|---|
| 0x0001 | 49.99°C | Prekoračitev vrednosti za temperaturo |
| 0x0002 | 0.00°C | Podkoračitev vrednosti za temperaturo |
| 0x0004 | 99.999 | Prekoračitev vrednosti za prevodnost |
| 0x0008 | 0.000 | Podkoračitev vrednosti za prevodnost |
| 0x0010 | 99.99 | Prekoračitev vrednosti za slanost |
| 0x0020 | 0.00 | Podkoračitev vrednosti za slanost |
| 0x0040 | 16384 | Prekoračitev vrednosti fluorometra (ADC zgornja meja) |
| 0x0080 | 0 | Podkoračitev vrednosti fluorometra (ADC spodnja meja) |

Tabela 30: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za slanomer (SBE16 + Wetlabs fluorometer)

| Koda | Mejna vrednost | Opis |
|--------|----------------|---|
| 0x0001 | 9999.99 | Prekoračitev vrednosti za koncentracijo |
| 0x0002 | 0.00 | Podkoračitev vrednosti za koncentracijo |
| 0x0004 | 200.00 | Prekoračitev vrednosti za zasičenost |
| 0x0008 | 0.00 | Podkoračitev vrednosti za zasičenost |
| 0x0010 | 40°C | Prekoračitev vrednosti za temperaturo |
| 0x0020 | 0°C | Podkoračitev vrednosti za temperaturo |

Tabela 31: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za kisikomer (Optode 3835, 4835)

| Koda | Mejna vrednost | Opis |
|--------|----------------|--|
| 0x0001 | 19661 | Prekoračitev vrednosti za osvetlitev (vrednost za 3000 μ mol/m ²) |
| 0x0002 | 0 | Podkoračitev vrednosti za osvetlitev |
| 0x0004 | / | Napaka meritve |

Tabela 32: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za tipalo PAR (LI-190SL-50)

| Koda | Mejna vrednost | Opis |
|--------|----------------|---|
| 0x0001 | 5000ppm | Prekoračitev vrednosti za koncentracijo CO ₂ |
| 0x0002 | 50°C | Prekoračitev vrednosti za temperaturo |
| 0x0004 | -30°C | Podkoračitev vrednosti za temperaturo |

Tabela 33: Kode napak (kvalitete podatkov) z opisi za merilnik CO₂ (GMP343)

Če je pri posamezni meritvi več različnih napak, je končna koda napake enaka vsoti vseh posameznih kod napak meritve.

PRILOGA O. PODATKI O ALARMIH SISTEMA NA BOJI

Tabela 34: 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 | // tipalo PAR 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 | // tipalo PAR 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 tipala PAR 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 tipala PAR |
| 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 tipala PAR 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 35: 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 36: 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 // energetski modul v normalnem načinu obratovanja
- 91 // energetski modul v servisnem načinu
- 92 // vzpostavljena komunikacija z energetskim modulom
- 93 // ni komunikacije z energetskim modulom
- 94 // preliv podatkov v energijskem modulu
- 95 // ponastavitev (reset) energijskega modula

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