

Rezime:

U ovom radu prikazan je način digitalnog povezivanja navigacionih i telekomunikacionih brodskih uređaja. Razmotreni su standardi IEC 1162-1 i NMEA 0183 po kojima se izvodi povezivanje uređaja. Analizirana su i neka savremena rješenja.

Ključne riječi: brodski navigacioni uređaji, digitalno povezivanje, digitalni interfejsi, standardizacija, formati podataka.

DIGITAL CONNECTING OF SHIP NAVIGATION EQUIPMENT

Summary:

The paper presents one method of connecting digitally ship navigation and telecommunication equipment and considers IEC 1162-1 and NMEA 0183 standards for equipment connection some contemporary solutions are analysed as well.

Key words: ship navigation equipment, digital connection, digital interfaces, standardization, data formats.

Uvod

Od samog početka korišćenja nekih brodskih navigacionih uređaja (žirokompasi, brzinomjeri), uspostavljena je električna ili mehanička veza između „matice“ ovih uređaja i njenih „kćerki“ (ponavljajača). Kasnije su ove veze postale čisto električne, a ostvarivale su se slanjem analognih signala sa sinhropredajnika na matici prema sinhroprijemnicima na ponavljajima.

Posljednjih godina, razvijeni su ulazno-izlazni interfejsi koji omogućavaju razmjenu podataka digitalnim putem, što je posebno uslovljeno uvođenjem mikroprocesorskih kontrola u logičko upravlja-

nje brodskim navigacionim i komunikacionim uređajima. Na takav način, na primjer, moderni žirokompasi za kompenzaciju grešaka pri vožnji i određivanju geografske širine, dobijaju podatke od brzinomjera i GNSS (engl. Global Navigation Satellite Systems – zajednički naziv za GPS i GLONASS sisteme) prijemnika, a odašilju podatke o kursu na autopilot i ARPA (eng. Automatic Radar Plotting Aid – radarski sistem snabdjeven računarnom koji automatski ucrtava objekte i koristi se za izbjegavanje sudara) radar.

Razvoj savremenih integrisanih komandnih mostova na brodovima (Raytheon – Anschutz Integrated Bridge System, Liton VISION 2100 Integrated

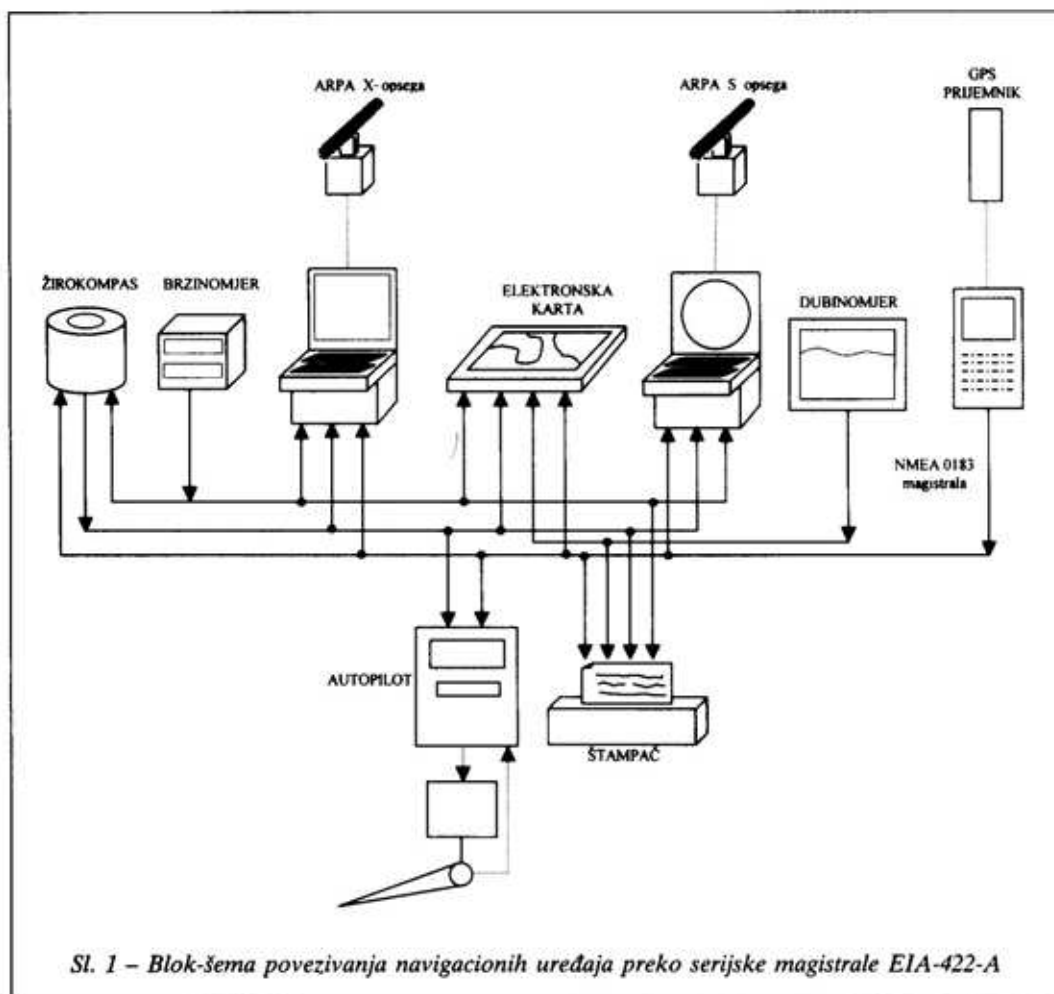
Bridge), između ostalog, omogućen je jednostavnim digitalnim povezivanjem komponenata (komunikacionih, upravljačkih i navigacionih uređaja).

Radi lakše primjene, način povezivanja električnih brodskih uređaja je standardizovan [1, 2]. U ovom radu izložene su osnove standardizacije digitalnih interfejsa za navedene uređaje. Standardi [1, 2] definišu električne signale, protokol prenosa podataka i vremensko vođenje, kao i specifične formate rečenice za serijsku magistralu sa propusnošću od 4800 boda (bit/s).

Hardverske specifikacije

Na slici 1 prikazana je blok-šema povezivanja elektronskih navigacionih uređaja preko digitalnih interfejsa i serijske magistrale za razmjenu podataka.

Navedeni standardi specificiraju vezu između jednog predajnika (govornika) i više prijemnika (slušalaca). Broj prijemnika je određen pogonskom sposobnošću izlaznog interfejsa pojedinih predajnika, što je definisano u tehničkim specifikacijama proizvođača uređaja. Veza između predajnika i prijemnika fi-



Sl. 1 – Blok-šema povezivanja navigacionih uređaja preko serijske magistrale EIA-422-A

Tehničke karakteristike standardizovanih interfejsa za prenos podataka

Tehničke karakteristike	RS-232C	RS-423A	RS-422A	RS-485
Broj predajnika – prijemnika priključenih na jednu liniju	1 predajnik – 1 prijemnik	1 predajnik – 10 prijemnika	1 predajnik – 10 prijemnika	32 predajnika – 32 prijemnika
Režim rada	jednoprovodnički	jednoprovodnički	diferencijalni	diferencijalni
Maksimalna dužina kabla (m)	15	1200	1200	1200
Maksimalna brzina predaje podataka (kbit/s)	20	100	10 000	10 000
Maksimalni napon koji se može dovesti na izlaz predajnika (V)	± 25	+6	-0,25 do +6	-7 do +7
Izlazni signal predajnika (V): – opterećen – neopterećen	± 5 ± 15	$\pm 3,6$ ± 6	± 2 ± 5	± 5 ± 15
Izlazni otpor predajnika (Ω)	3000 do 7000	450 (min)	100	54
Maksimalna izlazna struja predajnika (μA): – kada postoji napajanje – kada nema napajanja	– ± 1300	– ± 100	– ± 100	± 100 ± 100
Brzina pada izlaznog signala (V/ μs)	30	reguliše se	–	–
Dijapazon ulaznog napona prijemnika (V)	± 15	± 12	od -7 do +7	od -7 do +12
Osjetljivost prijemnika (mV)	± 3 V	± 200	± 200	± 200
Ulazni otpor prijemnika (k Ω)	3 do 7	4 (min)	4 (min)	12 (min)

zički se ostvaruje dvožičnim oklopljenim i umašenim kablom. Provodnici kabla su u skladu sa standardom [2] označeni kao signalne linije A, B i masa. Neaktivno stanje signala, logičko 1, isključeno stanje (OFF) ili stop bit, definisani su negativnim naponom na liniji A u odnosu na liniju B. Aktivno stanje, logička 0, uključeno stanje (ON) ili start bit, definisani su pozitivnim naponom na liniji A u odnosu na liniju B. Standardom [1] predviđeno je da pogonska kola predajnika moraju zadovoljiti uslove propisane u standardu EIA-422-A.

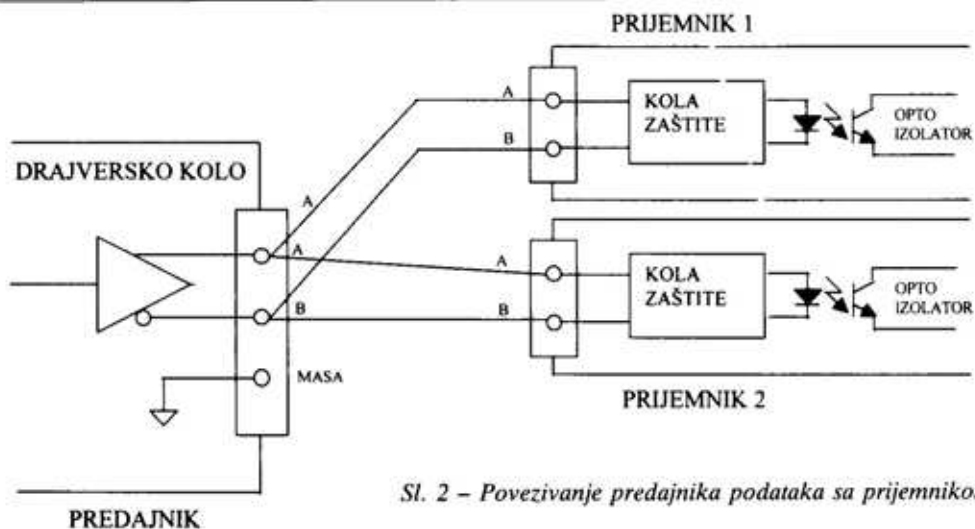
Američka asocijacija elektronske industrije (EIA) standardizovala je nekoliko serijskih interfejsa razmjene podataka. U tabeli 1 date su tehničke karakteristike standardizovanih interfejsa za serijski prenos podataka.

Kao izlaz predajnika po standardu EIA-422-A mogu se koristiti sljedeća integrisana kola: SN75158, SN75159, $\mu\text{A}9638\text{C}$, AM26LS31C, MC3485, SN75151, SN75153, SN75172, SN75174. Kao ulaz prijemnika po istom standardu mogu se koristiti: SN75157, $\mu\text{A}9637\text{AC}$, AM26LS32AC, AM26LS33AC, MC3486, SN75173, SN75175.

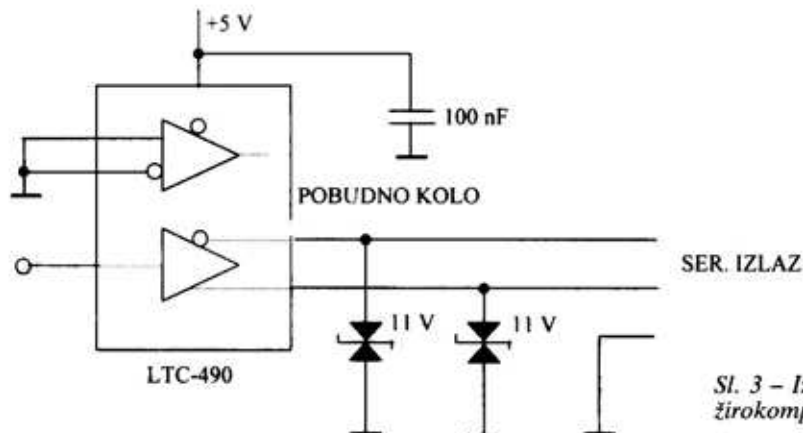
Način povezivanja predajnika sa prijemnicima u skladu sa standardima [1, 2] prikazan je na slici 2.

Na slici 3 navedeni su primjeri izvođenja izlaznih kola koja zadovoljavaju standard EIA-422-A, a odnose se na najnoviji žirokompas firme „Anschutz“ – Standard 20, [3] a na slici 4 za dubinomjer FCV-271 firme „Furuno“ [4].

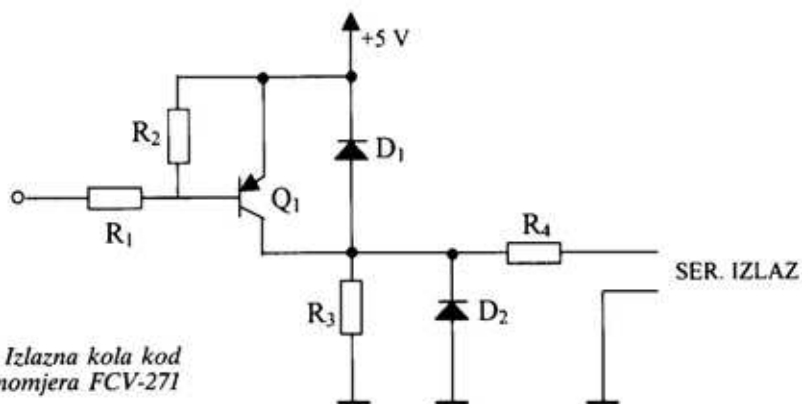
Prijemno kolo prijemnika mora biti izvedeno tako da radi sa minimalnim



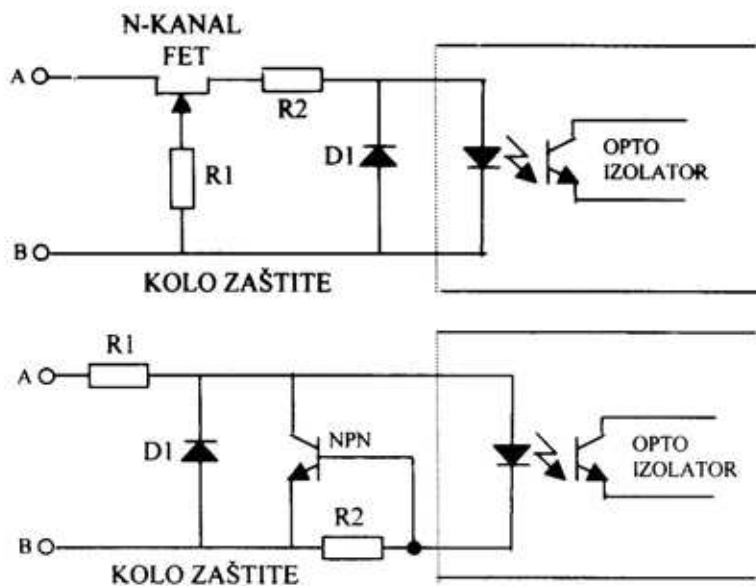
Sl. 2 – Povezivanje predajnika podataka sa prijemnikom



Sl. 3 – Izlazna kola kod žirokompasa Standard 20



Sl. 4 – Izlazna kola kod dubinomjera FCV-271



Sl. 5 – Primjeri izvođenja prijemnih kola kod prijemnika podataka

ulaznim diferencijalnim naponom od 2 V i strujom koja za taj napon ne prelazi vrijednost od 2 mA.

Na slici 5 prikazane su varijante izvođenja prijemnih kola kod prijemnika.

Kod prijemnika ne smije postojati direktna električna veza između signalne linije A, povratne linije B, mase uređaja, mase broda i napajanja. Maksimalni napon između signalnih linija A i B mora zadovoljiti uslove standarda EIA-422-A [5].

Protokol formata podataka

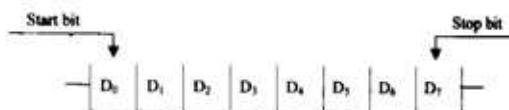
Svi podaci interpretiraju se kao ASCII karakteri. Najznačajniji bit karaktera po ovom protokolu uvijek je nula ($D_7 = 0$). Na slici 6 prikazan je format karaktera podataka predaje.

Jedan broj ASCII karaktera *rezervisan* je i koristi se za specijalne namjene, pa se ne može koristiti u poljima podataka. Ovi karakteri navedeni su u tabeli 2.

Tabela 2

Karakteristi za specijalne namjene

ASCII	HEX	DEC	Opis	
<CR>	0D	13	Carriage return	Karakteristi koji označavaju kraj jedne rečenice
<LF>	0A	10	Line feed	
\$	24	36	Pokazivač starta rečenice	
*	2A	42	Karakter za odvajanje polja kontrolnog zbira	
,	2C	44	Karakter za odvajanje pojedinačnih polja	
!	21	33	Karakteristi ostavljeni za buduće korišćenje	
/	5C	92	..	
^	5E	94	..	
~	7E	126	..	



Sl. 6 – Format karaktera predaje podataka

Skup *važćih* karaktera sadrži sve ASCII karaktere koji se mogu štampati (HEX 20 do HEX 7E) izuzev karaktera iz tabele 1. Ako se pojedinaćni karakteri koriste za oznaćavanje jedinice mjerjenja, tipa polja podataka, tipa rećenice, itd., interpretacija se vrši u skladu sa odredbama standarda [2]. Na primjer, *h* oznaćava sate, *z* – vrijeme, *y* – geografsku širinu, *t* – test.

Polje se sastoji od niza važćih karaktera. Nulto polje ne sadrži nijedan karak-

ter. Polje se nalazi između posebnih karaktera – *razdvojnih karaktera*. *Adresno polje* je prvo polje u rećenici i slijedi iza \$ razdvojnog karaktera. Karakteri u adresnom polju mogu biti velika slova i cifre. Adresno polje ne može biti nulto polje. *Potvrđeno adresno polje* sastoji se od pet karaktera. Prva dva karaktera oznaćavaju pojedine predajnike (tabela 3), a preostala tri određuju format i tip podataka. *Upitno adresno polje* sadrži pet karaktera i koristi se za traćeni prenos specijalne rećenice po posebnoj magistrali od prozvanog predajnika. Prva dva karaktera identifikuju predajnik koji traći podatke, a druga dva predajnik koji će poslati podatke. Peti karakter je Q. *Vlasnićko (privatno) polje* poćinje karakterom P iza kojeg slijede tri karaktera koja definiše proizvođać uređaja. *Polje podataka* u ispravnoj rećenici slijedi iza rastavnog karaktera, i sadrži važće karaktere. *Tipovi* polja podataka su sljedeć: alfa, numerićki, alfanumerićki, fiksne dućine, promjenljive dućine i fiksne – promjenljive dućine. *Nulto polje* je polje dućine nula, tj. ovim poljem se ne prenosi nijedan karakter. *Polje kontrolnog zbira* može se opciono prenositi. Ono je posljednje u rećenici i slijedi iza razdvojnog polja *.

Rećenica je zaokrućena struktura koja sadrži sve ćinjenice potrebne da podaci dođu od predajnika prema prijemnicima. Rećenica se sastoji od najviše 82 karaktera, odnosno 79 karaktera, ako se iskljuće poćetni (\$) i krajnji (<CR><LF>) ogranićivaći. Tipovi rećenica su: ispravna (potvrđena), upitna i vlasnićka (privatna). U tabeli 4 dat je prikaz *ispravne* rećenice.

Upitna rećenica daje adresu predajnika koji traći podatke i adresu onoga ko ih šalje. U *vlasnićkoj* rećenici proizvođaćima uređaja je data mogućnost da krei-

Tabela 3

Oznaćavanje predajnika

Predajnik	Identifikator predajnika
Dubinomjer	DS
Žirokompas	HC
Autopilot	AG
Radar / ARPA	RA
GNSS	GN
GPS	GP
GLONASS	GL
Doplerov brzinomjer	VD
Elektromagnetni brzinomjer	VM
Mehanićki brzinomjer	VW
LORAN-C	LC
OMEGA navigacioni sistem	OM
DECCA navigacioni sistem	DE

Tabela 4

Ispravne rećenice

ASCII	HEX	Opis
\$	24	Start rećenice
<adresno polje>		Adresa predajnika i format rećenice
[,<polje podataka>]		Nijedno ili više polja podataka
[,<polje podataka>]		Polja podataka
*<polje kontrolnog zbira>		Opcionalno polje kontrolnog zbira
<CR><LF>	0D0A	Kraj rećenice

Formater	Značenje (opis)
ALM	Podaci o almanahu GPS
DPT	Dubina
GSA	GPS DOP i aktivni sateliti
GSV	GPS sateliti u vidnom polju
GLL	Geografska pozicija – dužina/širina
DBT	Dubina ispod projektora
VHW	Brzina broda i kurs
VLW	Pređeni put u odnosu na vodu
HDT	Stvarni kurs
RSD	Radarski sistemski podaci
TLL	Širina i dužina objekta

raju vlastiti mnemonički kod i strukturu svojih podataka. Potpuni prenos rečenice, po odredbama standarda [1], mora biti završen unutar vremena od 1 s. U tabeli 5 dat je pregled nekih formata rečenice iz adresnog polja, a u tabeli 6 prikaz tipova polja.

Fiksni podaci od globalnog satelitskog navigacionog sistema dobijaju se preko GNS rečenice od satelitskog prijemnika. Identifikator predajnika može biti GP, ako se radi o GPS prijemniku, GL ako se radi o GLONASS prijemniku ili GN ako se radi u opštem slučaju o GNSS prijemniku. Potpuna rečenica poruke ima sljedeći opšti oblik:

```
$--GNS,hhmmss.ss,llll.ll,a,yyyy.yy,a,c-
-c,xx,x.x,x.x,x.x,x.x,x.x,x.x,*hh,< CR>
<LF>
```

Polja podataka u poruci daju redom informacije o: univerzalnom koordinatnom vremenu (UTC), geografskoj širini, N/S, geografskoj dužini, E/W, indikatoru stanja poruke, broju satelita u upotrebi, horizontalnom slabljenju preciznosti (HDOP), nadmorskoj visini antene pri-

Tip polja	Simbol	Značenje (opis)
Status	A	Polje od 1 karaktera: A – DA, podaci ispravni, briše se flag opomene; V – NE, podaci neispravni, postavlja se flag opomene.
Širina	llll.ll	Dužina polja fiksna – promjenljiva. Stepeni, minuti, djelovi minuta. Dva fiksna mjesta – stepeni, dva – minuti i promjenljiv broj cifara za decimalni dio minuta.
Dužina	yyyy.yy	Tri fiksna mjesta za stepene, dva za minute i promjenljiv broj za djelove minuta. Polje specijalnog formata.
Vrijeme	hhmmss.ss	Fiksno-promjenljivo polje, dvije cifre za sate, dvije za minute, dvije za sekunde i promjenljiv broj za djelove sekundi.
Definisano polje		Radi se o unaprijed definisanim poljima (uglavnom alfa karakteri). Polje specijalnog formata.
Promjenljivi brojevi	x.x	Cijeli broj promjenljive veličine ili plivajuće numeričko polje. Radi se o polju numeričke vrijednosti.
Fiksno HEX polje	hh-	HEX broj, fiksno polje, MSB lijevo.
Promjenljivi tekst	c--c	Valjano polje karaktera promjenljive dužine.
Fiksno alfa polje	aa-	Informaciono alfa polje fiksne dužine.
Fiksno bročano polje	xx-	Informaciono numeričko polje fiksne dužine.
Fiksno polje teksta	cc-	Informaciono polje teksta fiksne dužine.

jemnika, razlici između Zemljinog elipsoida i srednjeg nivoa mora, starosti diferencijalnih podataka, identifikacionom broju diferencijalne referentne stanice. Kombinovani GPS/GLONASS prijemnik koji koristi diferencijalne podatke isključivo od DGPS stanice može poslati sljedeću poruku:

```
$GNGNS,122310.2,3722.425617,N,  
12258.856215,W,DA,14,0.9,1005.543,  
6.5,5.2,2,23* 59<CR><LF>
```

Kombinovani GPS/GLONASS prijemnik, koji može koristiti i GPS i GLO-NASS, diferencijalne korekcije može slati u grupi tri sljedeće GNS rečenice:

```
$GNGNS,122310.2,3722.425671,N,  
12258.836215,W,DD,14,0.9,1005.543,  
6.5,,*74<CR><LF>  
$GPGNS,122310.2,,,,,7,,,,5.2,23,*  
4D,<CR><LF>  
$GPGNS,122310.2,,,,,7,,,,3.0,23,  
*55<CR><LF>
```

Autopilot na navigacione uređaje šalje poruku [6]:

```
$AGASD,x.x,x.x,a.x.x,A,,,x.x,x,x,A  
*hh<CR><LF>
```

Podaci koji se šalju imaju redom sljedeće značenje: zadati kurs kormilarenja (u stepenima), trenutni kurs broda (u stepenima), magnetni/žirokompas (M/T), granica „izvan kursa“ (stepeni), status „izvan kursa“, granični ugao kormila (stepeni), odziv kormila 0–9, postavljanje pojačanja 0–9, status.

Treba istaći da proizvođači često modifikuju (poboljšavaju) protokol NMEA 0183. U tom smislu PLATH je patentirao

specifičan protokol koji definiše brzinu prenosa podataka od 9600 boda (bit/s).

Dubina mora izmjerena dubinomjermom može se izraziti i odaslati preko tri formata DBT – dubina ispod projektora, DPT – (IMO rezolucija A224 – VII) – srednja dubina između kobilice broda i dna i DBS – dubina ispod površine. Na primjer, simbolička predstava:

```
$--DBS,d,d,t,b.b,M,C.C.F  
*hh<CR><LF>
```

označava:

d,d,t – dubinu u stopama,
b.b,M – dubinu u metrima,
C.C,F – dubinu u fadomima.

Savremeni batometarski dubinomjer Bathy 1500 [7] posjeduje pet serijskih formata podataka kojim odgovara pet fizičkih ulaza–izlaza. Dva formata su NMEA 0183, a posebni formati određeni su za upravljačke linije, izlazne funkcije udaljenog terminala i prenos podataka iz memorije.

Primjer prenosa podataka sa LO-RAN-C prijemnika:

```
$ LC GLL,4728,31,N,12254,25,W,  
091342,A*21,<CR><LF>
```

Prvi broj označava sjevernu (N) geografsku širinu 47°28,31', drugi broj zapadnu (W) geografsku dužinu 122°54,25', a treći broj predstavlja univerzalno vrijeme (UTC) 9 h 13 min 42 s. Slovo A označava status (A – podaci valjani), a broj 21 je kontrolni zbir.

Zaključak

Savremeni integrisani komandni mostovi na brodovima sadrže veliki broj

navigacionih i telekomunikacionih uređaja. Radi brze izmjene informacija oni moraju biti povezani na specifičan način. Protokol NMEA 0183 rješava zahtjeve za efikasno povezivanje navedenih uređaja. Postojeći standardi odražavaju sadašnje stanje stvari i daju korisne sugestije eventualnim korisnicima. S druge strane, standardi ostaju otvoreni za nove revizije kako bi se uklopila nova rješenja i nametnule obaveze drugim proizvođačima navigacionih uređaja.

Literatura:

- [1] IEC 1162-1: 1995-11: Maritime navigation and radiocommunication equipment and system – Digital interfaces – Part 1: Single talker and multiple listener. International Electrotechnical Commission, Geneva, 1995.
- [2] NMEA 0183 Standard for Interfacing Maritime Devices, Version 2.30, National Marine Electronics Association, March 1, 1998.
- [3] Gyro Compass STANDARD 20, Operator and Service Manual, Raytheon-Anschutz, Kiel, 1999.
- [4] Color video sounder FCV-271 – Operator Manual, FURUNO, Nishinomya, Japan, 1990.
- [5] Williams, B. A.: Designers Handbook of Integrated Circuits, McGraw-Hill Book Company, New York, 1984.
- [6] Navpilot V – Operator, technical and service manual, Plath – Navigation – Automation, Hamburg, 1995.
- [7] Beathy 1500 Survey Echo Sounder, Ocean Data Equipment Corporation, E. Walpole, MA, USA, 2000.