

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Tehnična dokumentacija

SokoPIC v1.0

Avtor: Tine Dolžan

Vpisna številka: 64040038

1 Kazalo

1 Kazalo.....	1
2 Ključne besede.....	2
3 Uvod.....	2
4 Specifikacije.....	3
5 Časovni in finančni plan.....	3
6 Zasnova naprave.....	4
7 Električna shema.....	5
8 Načrt tiskanega vezja.....	6
9 Montaža elementov.....	7
10 Montažni načrt.....	7
11 Program.....	8
11.1 Moduli.....	8
11.1.1 LCD modul.....	8
11.1.2 Modul za branje slik iz zunanjšega eproma (I2C protokol).....	9
11.1.3 Modul za branje in pisanje v interni eprom.....	9
11.1.4 Modul za pretvorbo binarnih v bcd vrednosti.....	9
11.2 Jedro.....	10
12 Kosovnica.....	12
12.1 Osnovno vezje.....	12
12.2 Vezje s tipkami.....	13
12.3 Ostalo.....	13
13 Navodila za uporabo.....	13
14 Merilni rezultati, postopki testiranja in kalibracije	14
15 Tehnične specifikacije.....	15
16 Časovna in finančna rekapitulacija.....	15
17 Reference.....	16
18 Priložene datoteke.....	17

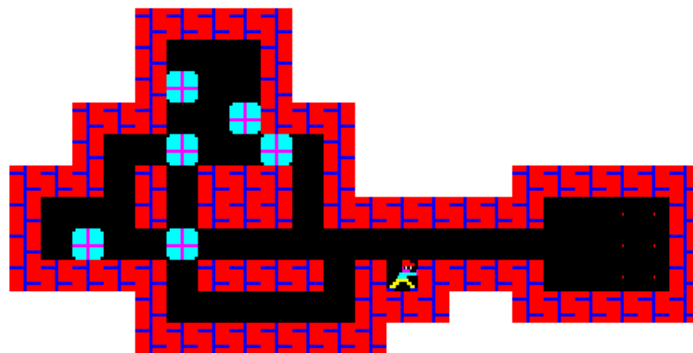
2 Ključne besede

grafični LCD, graphic LCD, PIC16F876A, PIC16F886, PIC, I2C eprom, microchip

3 Uvod

Osnova za izvedbo tega projekta je bil nakup grafičnega LCD zaslona že nekaj let nazaj. Takrat sem se s precej manj izkušnjami lovil že s samim upravljanjem zaslona. Kasneje sem brez kakšnih resnejših namenov napisal tudi samostojen driver za zaslon, ki sem ga uporabil tudi za SokoPIC. Sama ideja za izdelavo projekta SokoPIC je tako nastala kot želja po uporabi driverja v praktični ali tudi malo manj praktični aplikaciji. Na začetku petega letnika mojega izobraževanja se je pri predmetu Seminar tako pojavila možnost, da projekt, v katerega sem vložil kar precej časa in truda, pripeljem do konca in ga uporabim za sestavo seminarske naloge. Ker je bil projekt že v osnovi mišljen le kot preizkus mojega znanja uporabe mikroprocesorjev in periferije ter učni projekt, je ekonomska upravičenost izdelave takšne naprave vprašljiva. Kljub temu bom v tem projektu naredil oceno stroškov, ki bi nastali ob produkciji naprave, čeprav tržišča za to napravo ni. Iz istih vzrokov bom težko podal realno oceno uporabljenega časa za izdelavo projekta. Nastal je namreč v več časovno precej zamaknjenih etapah.

SokoPIC je predelava znane in stare igre Sokoban. Sokoban (倉庫番 - skladiščnik) je tip miselne uganke, pri kateri moramo potiskati škatle po labirintu na vnaprej določena mesta. Hkrati je mogoče premakniti samo eno škatlo. Število določenih mest je enako številu škatel.



prva verzija Sokobana iz leta 1982 za PC-8801

4 Specifikacije

SokoPIC je prenosna igralna konzola, trenutno namenjena izključno poganjanju igre SokoPIC.

5 Časovni in finančni plan

Osnovno vezje: 21.58 €

Mali material (upori, kondenzatorji...): 1.86 €

Tiskano vezje: 2.4 €

LCD zaslon: 14.68 €

Mikroprocesor: 1.35 €

Eeprom: 1.29 €

Vezje s tipkami: 3.96 €

Mali material (upori, kondenzatorji...): 1.56 €

Tiskano vezje: 2.4 €

Ostalo: 6.52 €

Mali material: 1.72 €

Ohišje: 3.56 €

Baterije: 1.24 €

Skupaj: 32.06 € na enoto

Razvojni čas: 160 ur

Izbira gradnikov: 10 ur

Načrtovanje tiskanega vezja: 10 ur

Programiranje: 120 ur

 LCD driver: 40 ur

 Eeprom driver: 10 ur

 Jedro: 60 ur

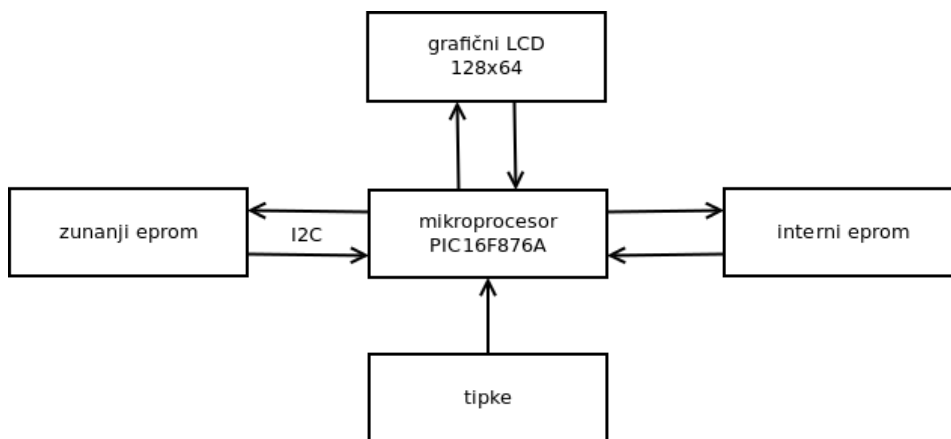
 Ostali podprogrami: 10 ur

Testiranje: 20 ur

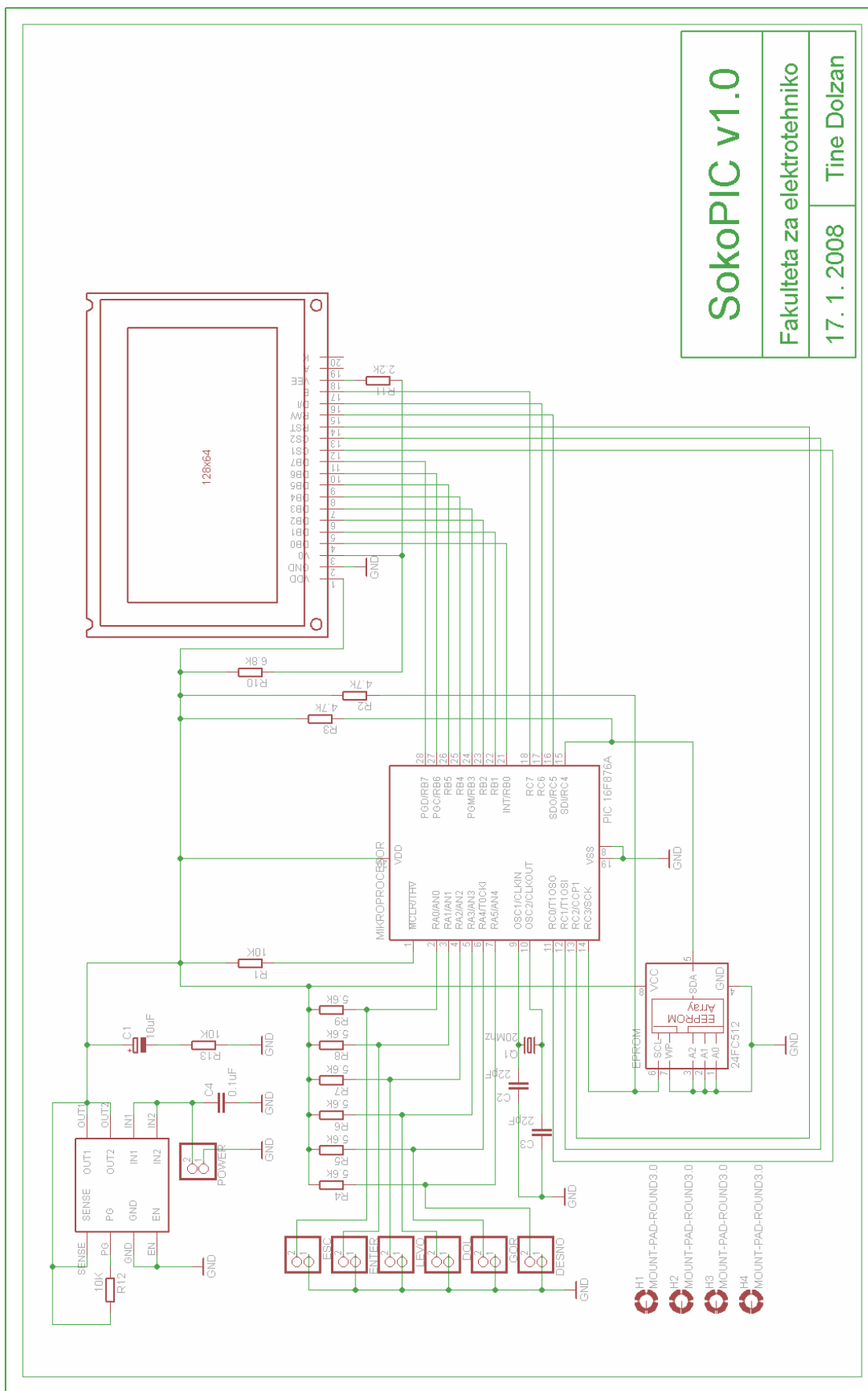
Priprava dokumentacije: 10 ur

6 Zasnova naprave

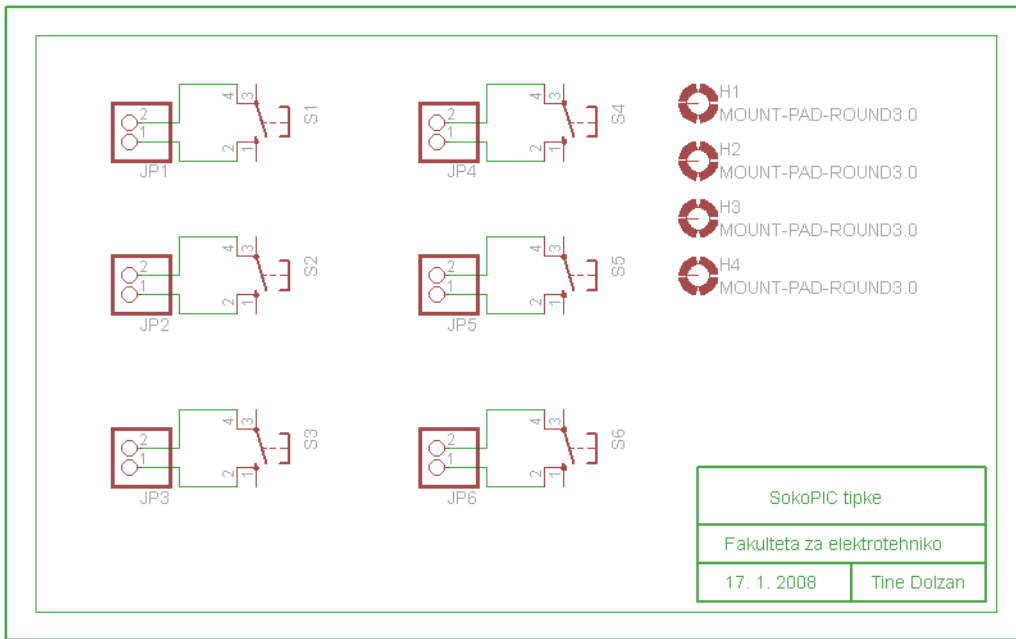
Naprava je zasnovana okrog 8 bitnega mikroprocesorja PIC16F876A oziroma novejša različice PIC16F886A. Mikroprocesor krmili grafični LCD zaslon v velikosti 128x64 pik. K mikroprocesorju je dodan zunanji eeprom v katerem so shranjeni grafični elementi igre. Interni eeprom mikroprocesorja omogoča shranjevanje doseženih rezultatov. Naprava deluje na 4 AAA baterije in je prirejena za držanje v rokah. Na napravi je 6 tipk, ki omogočajo interakcijo z uporabnikom.



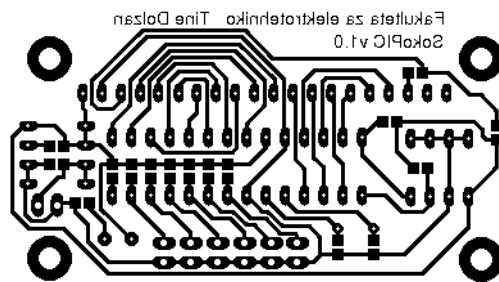
7 Električna shema



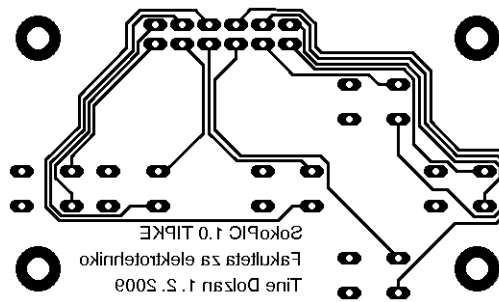
SokoPIC v1.0
 Fakulteta za elektrotehniko
 17. 1. 2008 Tine Dolzan



8 Načrt tiskanega vezja

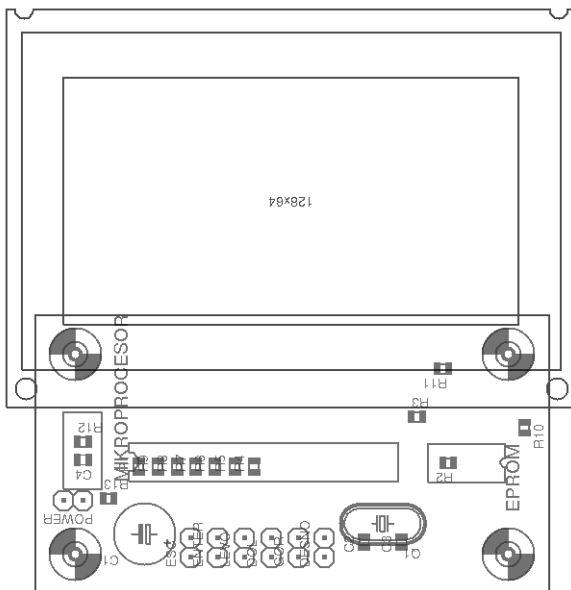


glavno vezje

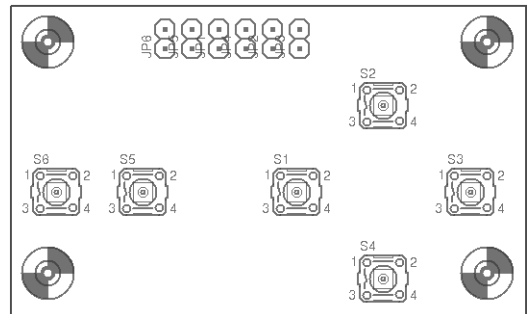


vezje s tipkami

9 Montaža elementov

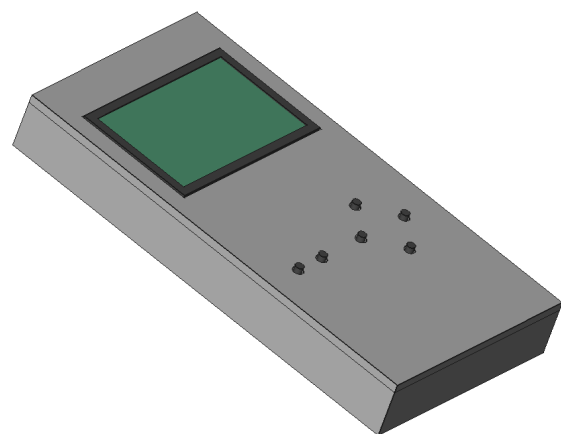
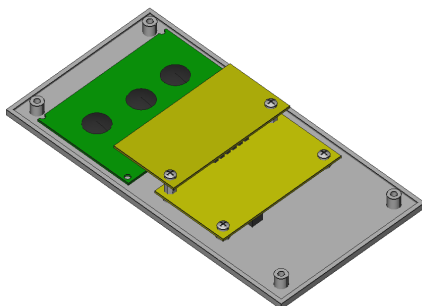
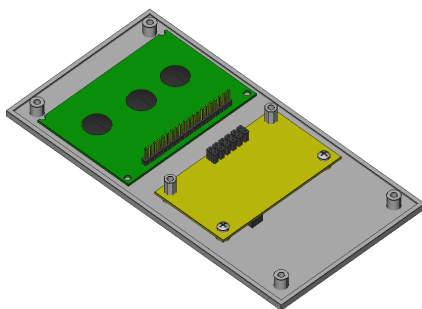
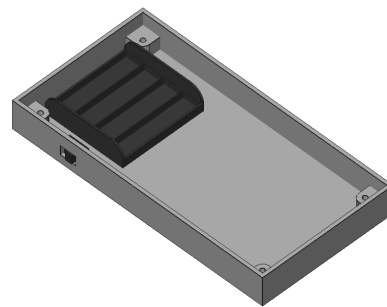
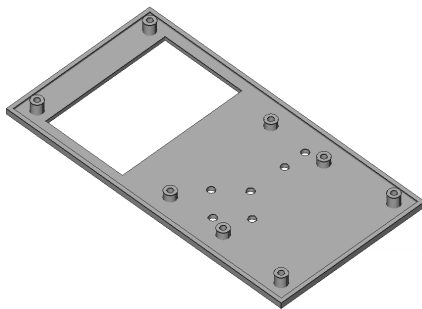


montažni načrt glavnega vezja



montažni načrt vezja s tipkami

10 Montažni načrt



11 Program

11.1 Moduli

Celoten program je sestavljen iz jedra, ki skrbi za delovanje igre in podprogramov, ki so namenjeni komunikaciji s perifernimi enotami in druge naloge.

Glavni podprogrami so:

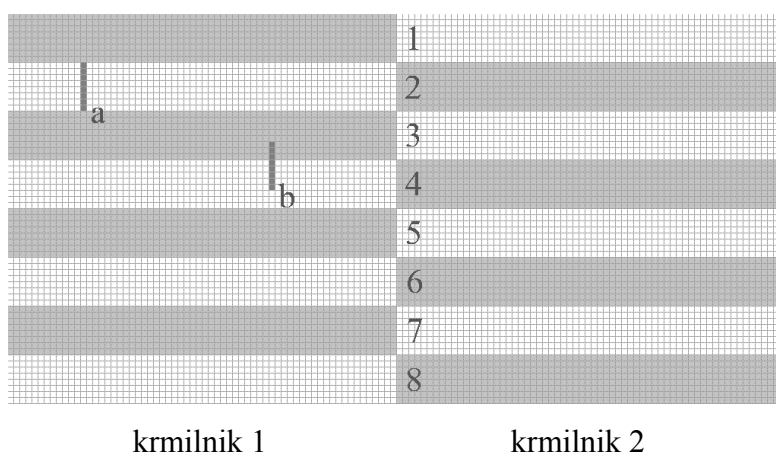
- modul za krmiljenje LCD zaslona
- modul za branje slik iz zunanjega eeproma
- modul za branje in pisanje v interni eeprom
- modul za pretvorbo med binarnim in BCD zapisom števil

Tu je opisano le osnovno delovanje podprogramov, ki so uporabljeni v izdelku. Natančna uporaba podprogramov je opisana v komentarjih v izvorni kodi.

11.1.1 LCD modul

Zbirka podprogramov (GLCD) je namenjena lažji uporabi grafičnega LCD zaslona, ki temelji na krmilnikih KS0107 in KS0108.

LCD upravljata dva krmilnika KS0108, ki skrbita vsak za svojo polovico zaslona. Med njima je potrebno preklapljati z izbiro ustreznega signala (CS1, CS2). Podatke lahko na zaslon pošiljamo le po en bajt hkrati, in sicer v eno izmed vrstic, oštevilčenih od 1 do 8. Ko dosežemo konec vrstice, moramo z ukazom ponovno preklopiti na naslednjo vrstico.



Osnovni podprogrami za delo z zaslonom so napisani tako, da rešujejo neprijetnosti iz prejšnjega odstavka. Vsi napisani podprogrami avtomatsko preklapljajo med obema krmilnikoma. Podatke je možno zaslonu pošiljati na tri različne načine, ki so različno zahtevni glede časa izvedbe. Najhitrejši

način (a) omogoča pošiljanje podatkov po bajt hkrati, ampak le v obstoječe vrstice zaslona.

Počasnejši način (b) nam omogoča nekoliko več svobode, saj lahko pošljemo bajt podatkov na poljubno mesto na zaslonu. Zaradi branja podatkov iz LCD-ja, je ta način bistveno počasnejši.

Tretja možnost pa je prižiganje posameznih pik, ki je po hitrosti primerljiva s počasnejšim načinom pošiljanja podatkov.

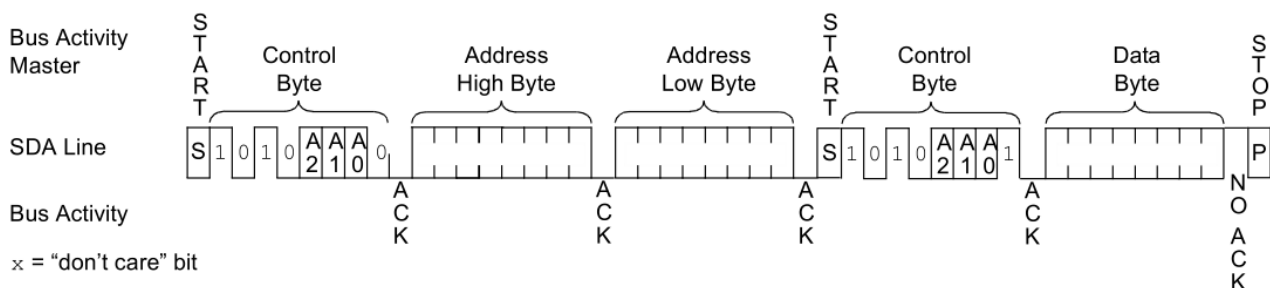
Na osnovi prižiganja posameznih pik temeljita dva podprograma. Prvi je namenjen izrisu daljice med poljubnima točkama, drugi pa izrisu kroga s poljubnim radijem in središčem v določeni točki. Oba podprograma uporabljata optimizacijo Bresenhamovega algoritma za cela števila (Bresenham line algorithm, midpoint circle algorithm).

Med podprograme sodi tudi grafični del, ki vsebuje vse znake slovenske in angleške abecede ter nekatera ločila.

Driver je napisan kot modul in je v osnovi prenosljiv med procesorji PIC družine 16F.

11.1.2 Modul za branje slik iz zunanjega eeproma (I2C protokol)

Driver temelji na periferni I2C enoti, ki je integrirana v mikroprocesor. Podprogrami vsebujejo potrebne rutine za inicializacijo enote in branje podatkov iz zunanjega eeproma.



I2C komunikacija z eepromom

Slike so v eeprom prednaložene. Slike iz eeproma preberemo tako, da pošljemo eepromu ustrezen naslov in nato preberemo celo sliko v osmih branjih po 128 bajtov. Zgornja slika prikazuje dejanski potek I2C komunikacije v primeru branja iz eeproma. Za generiranje ustreznih signalov (SDA, CLK) skrbi periferna enota. Mi samo izberemo podatke, ki jih želimo poslati in sprožimo pošiljanje ter preverjamo stanje ACK bita.

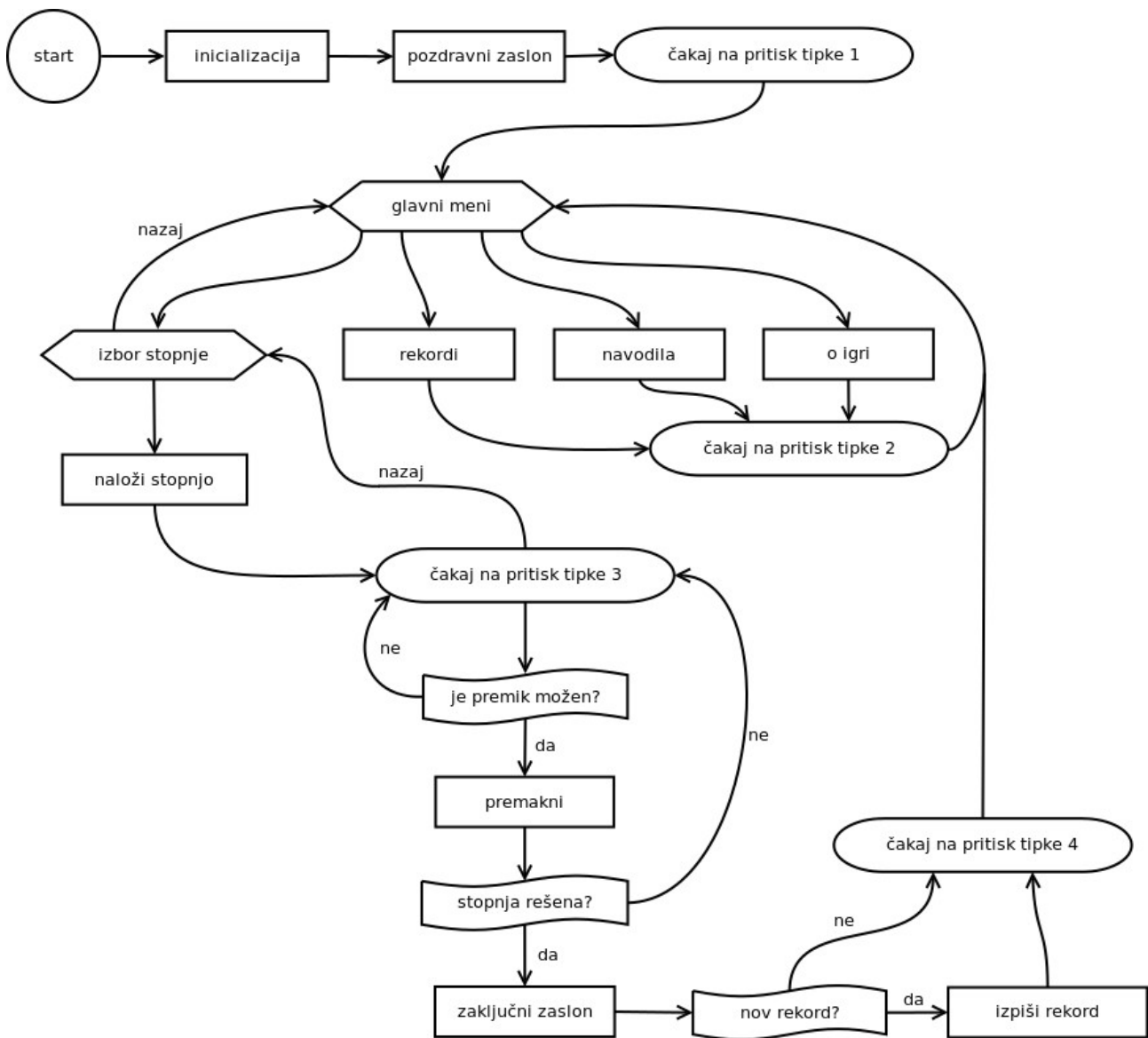
11.1.3 Modul za branje in pisanje v interni eeprom

Driver vsebuje podprogram za branje in pisanje v interni eeprom mikroprocesorja. V eepromu so shranjeni rekordi za posamezne stopnje.

11.1.4 Modul za pretvorbo binarnih v bcd vrednosti

Modul vsebuje ločeno kodo za pretvorbo iz binarnih vrednosti v bcd, primernih za izpis na LCD.

11.2 Jedro



blokovna shema

Inicializacija

Nastavitev izhodov/vhodov, I2C periferne enote in inicializacija in vklop LCD zaslona.

Pozdravni zaslon

Branje prve slike iz eeproma in hkraten izpis le te na ekranu. Krajša pavza in izpis okna s prošnjo za pritisk tipke za nadaljevanje.

Čakanje na pritisk tipke 1

Čakanje na pritisk katerekoli tipke za nadaljevanje.

Glavni meni

Čiščenje zaslona in nato izpis glavnega menija. Čakanje na pritiske tipk: gor, dol ali naprej. Ob pritisku tipke gor ali dol premaknitev kurzorja. Ob pritisku tipke naprej pa nadaljevanje glede na pozicijo kurzorja.

Rekordi, navodila in o igri

Rekordi: počisti ekran, preberi rekorde iz notranjega eeproma in vse izpiši na LCD.

Navodila: Preberi sliko z navodili iz eeproma in izriši na LCD.

O igri: preberi sliko iz eeproma in izriši na LCD.

Čakanje na pritisk tipke 2

Po izpisu rekordov, navodil ali o igri, čakaj na pritisk katerekoli tipke za vrnitev na glavni meni.

Izbor stopnje

Počisti LCD in izpiši meni z vsemi možnimi stopnjami. Čakaj na pritiske tipk gor, dol in naprej. Ob pritisku tipk gor ali dol ustrezno premakni kurzor, ob pritisku tipke naprej nadaljuj glede na pozicijo kurzorja.

Naloži stopnjo

Počisti LCD. Glede na izbiro stopnje v prejšnjem koraku naloži v ram ustrezno stopnjo. Inicializiraj vse potrebne začetne spremenljivke in vse skupaj izriši na ekran.

Čakanje na pritisk tipke 3

Igra je v teku. Čakaj na pritisk ene od tipk: gor, dol, levo, desno ali nazaj. Če je pritisnjena tipka nazaj, se vrni na izbor stopnje. Če je pritisnjena katera od smernih tipk, pojdi naprej na preverjanje možnosti premika.

Premik možen?

V tem koraku je potrebno preveriti, ali se lahko premaknemo. Premik lahko preprečijo: stena, dve zaporedno postavljeni škatli v smeri premika ali škatla postavljena ob steno v smeri premika. Če premik ni možen, se nič ne spremeni, in se vrnemo na čakanje na naslednji pritisk tipke. Če je premik možen, nadaljujemo s premikom.

Premik

Premaknemo žogo ali žogo in škatlo hkrati ter ustrezno posodobimo LCD in matrike. Števec potez povečamo za 1.

Stopnja rešena?

Preverimo, ali se matrika škatel ujema z matriko rešitve. Če se ne, se vrnemo na čakanje na naslednjo potezo.

Zaključni zaslon

Iz eeproma preberemo in izrišemo zaključni zaslon.

Nov rekord?

Preverimo, ali je stopnja rešena z rekordno nizkim številom potez.

Izpiši rekord

Izpišemo nov rekord in ga shranimo v interni eeprom.

Čakanje na pritisk tipke 3

Čakamo na pritisk katerekoli tipke in gremo nazaj na glavni meni.

12 Kosovnica

12.1 Osnovno vezje

referenca	vrednost	ime	ohišje	št. k.	proizvajalec	cena@kosov
C1	10uF, 16V	kondenzator	Radial	1	Multicomp	0.032€@500
C2, C3	22pF, 50V	kondenzator	SMD 0805	2	Multicomp	0.018€@1000
C4	0.1uF, 50V	kondenzator	SMD 0805	1	Multicomp	0.026€@1000
LEVO, DESNO, GOR, DOL, ESC, ENTER, POWER		Letvica 2 pin ženska		7	Molex	0.129€@2500
EPROM		24FC512	DIL8	1	Microchip	1.29€@1000
LCD		WG12864B			Winstar	14.68€@1
MIKRO- PROCESOR		PIC 16F886	DIL28	1	Microchip	1.35€@1000
Q1	20MHz	kristal		1	Raltron	0.139€@100
R1, R12, R13	10kΩ	upor	SMD 0805	3	Multicomp	0.017€@1000
R2, R3	4.7kΩ	upor	SMD 0805	2	Multicomp	0.017€@1000
R4-R9	5.6kΩ	upor	SMD 0805	6	Multicomp	0.017€@1000
R10	6.8kΩ	upor	SMD 0805	1	Multicomp	0.017€@1000
R11	2.2kΩ	upor	SMD 0805	1	Multicomp	0.017€@1000
REG		TPS7250	DIL8	1	Texas Ins.	0.50€@1000
PCB*		tiskano vezje		1	Olimex	~2.4€@100

12.2 Vezje s tipkami

referenca	vrednost	ime	ohišje	št. k.	proizvajalec	cena@kosov
J1 - J6		letvica-moška		6	Tyco El.	0.079€@1000
S1 - S6		tipka - visoka		6	Omron	0.18€@250
PCB*		tiskano vezje		1	Olimes	~2.4€@100

12.3 Ostalo

referenca	vrednost	ime	ohišje	št. k.	proizvajalec	cena@kosov
Ohišje		ohišje		1	Strapubox	3.56€@100
Stikalo		drsno stikalo		1	Multicomp	0.19€@1000
Ležišče za bat.		ležišče		1	Keystone	0.91€@250
Baterije	1,5V	baterije	AAA	4	Varta	0.31€@48
Žice	30 cm	žice	PVC	1	Pro Power	~0.18€@100m
Vijak	M3 10mm	M3 vijak		4	Duratool	0.015€@100
Distančnik	M3 7mm	M3 distan		2	Ettinger	0.19€@48

Cene so povzete po spletnih trgovinah Farnell, Mouser, IC elektronika, Conrad, Microchip in Olimex.

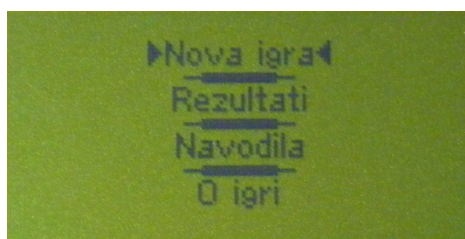
Cene za žico in tiskana vezja so približni izračuni za določeno količino.

13 Navodila za uporabo

Igro za delovanje potrebuje 4 AAA baterije. Vstavimo jih tako, da odvijemo 4 vijake na zadnji strani ohišja in nato odstranimo zgornjo stranico. Baterije nato vstavimo v ležišče in privijamo pokrov.

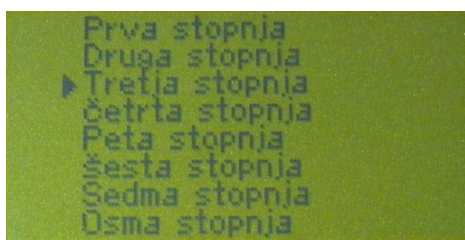
Vklop: Igro vklopimo s prestavitvijo stikala v zgornji položaj. Izključimo jo s ponovno prestavitvijo stikala v spodnji položaj.

Po vklopu in pozdravnem zaslonu se pojavi glavni meni z opcijami **nova igra**, **rezultati**, **navodila** in **o igri**. Po meniju se premikamo s tipkama gor in dol (↑, ↓). Opcijo potrdimo s tipko naprej. Opcija **nova igra** vodi do menija z izbiro stopnje. Izbor opcije **rezultati** prikaže tabelo z najboljšimi rezultati za vsako posamezno stopnjo. Pod opcijo **navodila** so kratka navodila kako igrati igro. **O igri** nam prikaže pozdravni zaslon z vsemi podatki.



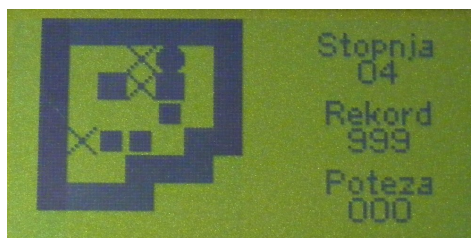
glavni meni

Po izbiri opcije Nova igra, se izpiše meni v katerem lahko izberemo stopnjo, ki jo želimo reševati. Po meniju se premikamo s tipkama gor in dol (↑, ↓). Izbrano stopnjo potrdimo s pritiskom na tipko naprej. Na glavni meni se lahko vrnemo s pritiskom na tipko nazaj.



meni za izbiro stopnje

Igralec upravlja z žogo. Premika jo s tipkami gor, dol, levo in desno (↑, ↓, ←, →). Z žogo mora premakniti manjše kvadratke (škatle) na mesta označena z X. Ko so vse škatle na označenih mestih, je stopnja končana. Ob strani je zapisano, katero stopnjo rešujemo, rekordno število potez s katerimi je bila stopnja rešena in število do sedaj opravljenih potez. Igro lahko predčasno prekinemo s tipko nazaj.



začetna pozicija 4. stopnje

14 Merilni rezultati, postopki testiranja in kalibracije

Izdelek razen nastavitve kontrasta LCD zaslona ne potrebuje kalibracije. Kontrast LCD zaslona se spreminja glede na razmerje uporov R10 in R11. Po sestavitvi naprave je potrebno preveriti porabo naprave, delovanje stikala za vklop in izklop ter delovanje tipk.

15 Tehnične specifikacije

- črno-bel LCD zaslon
 - 128x64 pik
 - 60x32.6 mm velik zaslon
- 8 bitni mikroprocesor PIC16F876A ali PIC16F886
 - takt: 20 MHz
 - Flash programski spomin (14 bitne besede): 8K
 - EEPROM spomin: 256B
 - RAM spomin: 368B
- napetostni regulator 5V z nizkim padcem napetosti
- 512 kB eeprom 24LC512
- napajanje: 4 AAA baterije 1.5V
- velikost ohišja je 160x83x21 mm
- teža z baterijami je 200 gramov
- čas avtonomije je 14 ur

16 Časovna in finančna rekapitulacija

Stroški materiala so bili približno 32€. Če predpostavimo, da bi izdelek razvijal honorarno ali redno zaposlen inženir, bi razvojna ura stala okrog 25€. V tem primeru bi celoten razvoj naprave stal 4000€, kar znese 4€ na enoto pri seriji 1000 kosov. Po teh izračunih nas stane en izdelek približno 36€. V to niso všteti stroški skladiščenja, prevoza, distribucije in prodaje.

Ker so vse cene temeljile na razvoju prototipa, ki ni bil zamišljen kot komercialen izdelek, so možni znatni prihranki. Najdražji del izdelka je LCD ekran. Po krajši raziskavi sem ugotovil, da se da kupiti ekran s podobnimi specifikacijami tudi za 10 € manj. Cena izdelave tiskanih vezij je ravno tako predpostavljena za prototipne količine in bi bila pri večjih količinah nižja. Večji prihranek bi bil možen tudi pri razvoju, če bi zanj zaposlili študenta. Ob predpostavki, da mu plačamo 6 € za uro razvoja, in da bi razvijal izdelek 40 ur več kot inženir, bi stal razvoj 1.2 € na izdelek. Na tak način hitro zmanjšamo stroške na približno 20 € na izdelek. Vsi ti stroški so izračunani za izdelavo serije 1000 izdelkov, kar je še vedno majhna serija. Pri znatnem povečanju količine izdelkov, bi tako še dodatno prihranili pri materialu in razvoju.

17 Reference

- »Bresenham's line algorithm«. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Ur. 30. 10. 2010. Wikimedia foundation. Dost. 27.11. 2010.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Bresenham's_line_algorithm>
- »Midpoint circle algorithm«. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Ur. 17. 8. 2010. Wikimedia foundation. Dost. 27.11. 2010. <http://en.wikipedia.org/wiki/Midpoint_circle_algorithm>
- »Sokoban«. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Ur. 8. 10. 2010. Wikimedia foundation. Dost. 27.11. 2010. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Sokoban>>
- »PIC16F876A«. *Microchip*. Microchip Technology Inc. Dost. 27. 11. 2010.
<<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010240>>
- »24LC512«. *Microchip*. Microchip Technology Inc. Dost. 27. 11. 2010.
<<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010828>>
- »WG12864B«. *Winstar*. WINSTAR Display Co., Ltd. Dost. 27. 11. 2010.
<http://www.winstar.com.tw/products_detail_ov.php?lang=en&ProID=49>
- »KS0108B - 64CH SEGMENT DRIVER FOR DOT MATRIX LCD - Samsung semiconductor«. *WWW.ALLDATASHEET.COM*. Alldatasheet.com. Dost. 27. 11. 2010.
<<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/37323/SAMSUNG/KS0108B.html>>
- »KS0107B - 64CH SEGMENT DRIVER FOR DOT MATRIX LCD - Samsung semiconductor«. *WWW.ALLDATASHEET.COM*. Alldatasheet.com. Dost. 27. 11. 2010.
<<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/37324/SAMSUNG/KS0107B.html>>
- »TPS7250«. *Texas instruments*. Texas Instruments Incorporated. Dost. 27. 11. 2010.
<<http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/tps7250.html>>

Spletne trgovine, po katerih so povzete okvirne cene komponent:

<http://si.farnell.com>

<http://eu.mouser.com>

<http://www.ic-elect.si>

<http://www.conrad.si>

<http://www.olimex.com>

18 Priložene datoteke

tipke.brd	sokopic.brd
tipke.sch	sokopic.sch
tipke.whl	sokopic.whl
tipke.bot	sokopic.bot
tipke.dim	sokopic.dim
tipke.drill	sokopic.drill

prezentacija.ppt

Izvorna koda:

sokopic.asm
bin2bcd.inc
bin2bcd_conf.inc
i2c.inc
pic_eeprom_conf.inc
pic_eeprom.inc