



ŠOLSKI CENTER CELJE  
Splošna in strokovna gimnazija Lava  
Pot na Lavo 22, 3000 Celje

# Digitalna daljinska ura

(raziskovalna naloga)

Mentorja:  
Borut Slemenšek, univ. dipl. inž.  
Gregor Slemenšek

Avtor:  
Gregor Doler

Celje, marec 2006

# 1 Kazalo

<a href="#">1 Kazalo</a> .....	1
<a href="#">2 Povzetek</a> .....	2
<a href="#">3 Uvod</a> .....	3
<a href="#">3.1 Opis raziskovalnega problema</a> .....	3
<a href="#">3.2 Teze/Hipoteze</a> .....	3
<a href="#">3.3 Opis raziskovalnih metod</a> .....	3
<a href="#">4 osrednji del naloge</a> .....	4
<a href="#">4.1 Predstavitev rezultatov raziskovanja</a> .....	4
<a href="#">4.1.1 Zasnova vezja</a> .....	4
<a href="#">4.1.2 Izdelava tiskanega vezja na računalniku</a> .....	4
<a href="#">4.1.3 Izdelava tiskanega vezja</a> .....	5
<a href="#">4.1.4 Opis signalov in programa</a> .....	7
<a href="#">4.1.5 Opis delovanja vezja</a> .....	8
<a href="#">4.1.6 Kratka predstavitev uporabljenih integriranih vezij</a> .....	11
<a href="#">4.2 Razprava</a> .....	14
<a href="#">5 Zaključek</a> .....	15
<a href="#">7 Viri in literatura</a> .....	16
<a href="#">8 Zahvala</a> .....	17

## 2 Povzetek

Cilj moje raziskovalne naloge je bil izdelati prototip daljinske digitalne ure, ki bi bila krmiljena iz systemske ure osebnega računalnika in pri tem uporabljala čim bolj preprosto povezavo. To se mi je zdel zanimiv projekt, saj bi bil zelo uporaben v večjih ustanovah kot so šole, bolnišnice, itd.

Pri izdelovanju sem se srečal tako s teoretičnim, kot s praktičnim delom izdelovanja vezij. Potrebno je bilo zasnovati celotno vezje, ki samodejno prešteva signale in jih pretvarja v minute in ure. Izdelano shemo sem moral narisati na računalnik, da sem lahko potem lažje izdelal tiskanino. V praktičnem delu pa sem moral opraviti celoten proces izdelovanja tiskanih ploščic. Ta vključuje osvetljevanje, razvijanje, jedkanje, vrtanje, spajkanje in testiranje.

Pri testiranju ni bilo večjih težav. Vezje je delovalo kot pričakovano in ni bilo potrebnih nobenih dodelav. Tako sem ugotovil, da je bilo vezje popolnoma pravilno zasnovano, ampak bi bilo za serijsko izdelavo potrebno še manjših popravkov.

## 3 Uvod

### 3.1 Opis raziskovalnega problema

Z elektroniko se ukvarjam že več let, a vendar nisem še nikoli delal v digitalni tehniki. V četrtem letniku pa smo pri predmetu elektronike pričeli z digitalnimi sistemi, kjer sem se spoznal z osnovami digitalnih vezij.

Ideja za digitalno daljinsko uro je nastala ob opažanju težav z urami na šoli, za katere lahko rečemo, da "kažejo vsaka svoj čas", saj so naravnane ročno. Vse te analogne ure bi lahko nadomestili z digitalnimi urami, ki bi bile daljinsko vodene iz računalnikove systemske ure, ki teče tudi ob izgubi električne energije.

### 3.2 Teze/Hipoteze

Za delovanje te ure sem moral raziskovalno nalogo razdeliti na dva dela z naslovoma:

- Izdelava vezja, ki šteje impulze in jih prikazuje kot minute in ure
- Izdelava oddajnika in sprejemnika, ki sta zmožna pošiljati signal preko dolgih vodnikov

### 3.3 Opis raziskovalnih metod

Za idejno zasnovo vezja ure sem se opiral na pridobljeno znanje pri predmetu elektronike, za izbiro elektronskih komponent pa sem, glede na njihovo delovanje, informacije našel na internetu. Najprej sem moral sestaviti shemo vezja, potem sem na računalniku naredil matrico za fotopostopek, nato sem vezje osvetlil, jedkal, zvrtil in spajkal. Na koncu je bilo potrebno testiranje posameznih sklopov.

## 4 osrednji del naloge

### 4.1 Predstavitev rezultatov raziskovanja

#### 4.1.1 Zasnova vezja

Vežje sem začel snovati s konca proti začetku - pri LED-prikazovalnikih. Le-ti so končna komponenta digitalne ure. Ustrezne priključke sem povezal s tistimi na gonilnikih (CD4511). Ti gonilniki pretvarjajo BCD-kodiranje v 7-segmentno. Števci so povezani na vhod gonilnikov, ki na izhodih proizvajajo binarno kodo. Imajo navaden in negiran vhod, jaz sem uporabil navadnega, kamor je treba pripeljati pozitivno digitalno stanje, da števec prišteje eno vrednost.

V samo digitalno uro pripeljemo digitalni signal vsako minuto. Ker imamo 4 LED prikazovalnike, sem moral z uporabo IN (CD4071) in ALI (CD4081) vrat vezje zasnovati tako, da se ob desetem signalu ponastavi prvi minutni števec na nič in se signal prenese na drugi minutni števec. Še en tak prehod se mora zgoditi ob šestdesetem signalu, ko se ponastavita oba minutna števca, na prvi urni števec pa pride en impulz. Enako logiko uporabimo še pri prehodu z devete na deseto uro. Vežja ni potrebno ponastaviti pri štiriindvajseti uri, saj dobimo reset signal iz računalnika. Reset signal je daljši kot minutni, zato rabimo ustrezen filter, ki pa je izveden s principom prehodnega pojava.

Ker je to daljinska digitalna ura, je bilo treba izvesti še nekakšen oddajnik in sprejemnik. Sprejemnik je nameščen pri uri, oddajnik pa pri računalniku, s katerim krmilimo ure. V obeh vezjih je uporabljeno enako integrirano vezje (SN75176). Sprejemnik pretvori signal v pozitivno digitalno stanje, ki je speljano na glavni vhod ure. Oddajnik deluje podobno kot sprejemnik, le da ta pretvarja signal iz računalnika. Oddajnik in sprejemnik sta med sabo povezana s samo dvema žicama, kar poenostavi povezovanje med računalnikom in urami. Uporabljen je protokol RS485, ki je precej odporen na razne električne motnje.

#### 4.1.2 Izdelava tiskanega vezja na računalniku

Idejno zasnovo sem naredil na papir, ko pa je bila shema dokončana, sva jo pregledala z mentorjem. Nato sem z uporabo programskega paketa Accel P-CAD 2002 najprej prerisal shemo s programom P-CAD Schematics. Narisal sem posebej vezje za uro s sprejemnikom in posebej za oddajnik. Potem pa sem izvozil spisek povezav in elementov iz programa Schematics in ga uvozil v program PCB, kjer mi je na tiskanino poljubno namestilo vse uporabljene elemente in povezave med njimi. Nato sem razporedil elemente glede na željen izgled vezja. LED prikazovalnike sem namestil čisto na vrhu, integrirana vezja pa pod njimi. Ko so bili vsi elementi na mestih, je bilo treba virtualne povezave nadomestiti z dejanskimi povezavami. Zaradi kompleksnosti vezja so morale biti povezave razporejene obojestransko. Integrirana vezja so tako lahko prispajkana na obeh straneh. Postopek je bil podoben tudi pri izdelavi tiskanine za oddajnik, le da je to veliko bolj enostavno in seveda enostransko. Na obeh tiskaninah sem dodal še priključke za napajanje in signal.

### 4.1.3 Izdelava tiskanega vezja

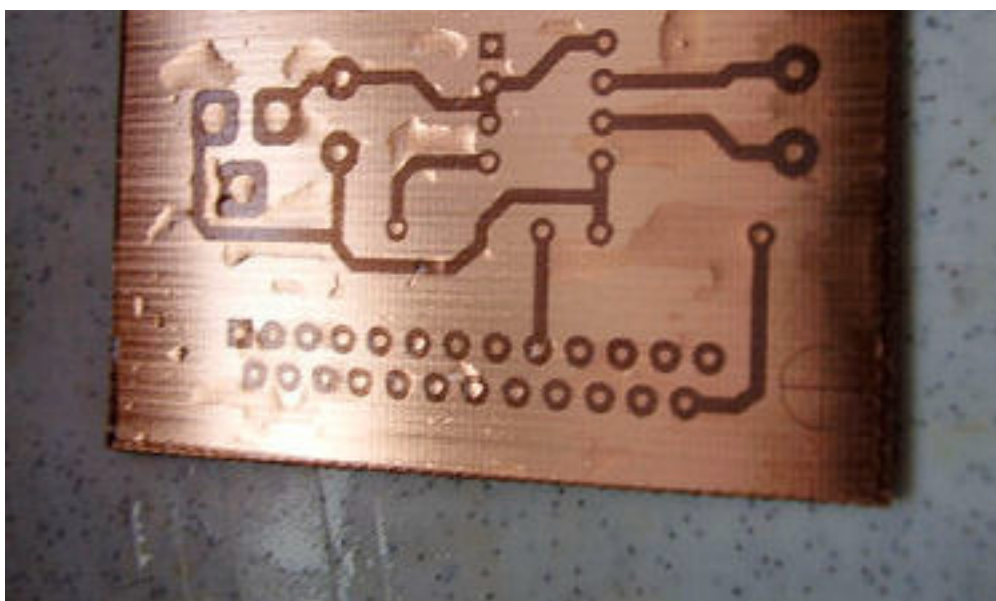
Ker je pri tej nalogi šlo za inovativno vezje, sem moral sam izdelati vezje, pri čemer sem proces izdelave razdelil na več delov:

#### 4.1.3.1 Priprava in osvetljevanje

Po končanem procesu risanja tiskanine na računalniku sem natisnil obe strani na posamezni prosojnici ter jih zlepil skupaj na vrhu in dnu strani, tako da so se luknje za izvrtine prekrivale. S fotolakom obojestransko oslojeno ploščico pa sem potem namestil vmes med prosojnici. Osvetlil sem najprej eno stran, nato še drugo. Za vezje oddajnika sem storil podobno, le da mi ni bilo treba osvetljevati obeh strani.

#### 4.1.3.2 Razvijanje in jedkanje

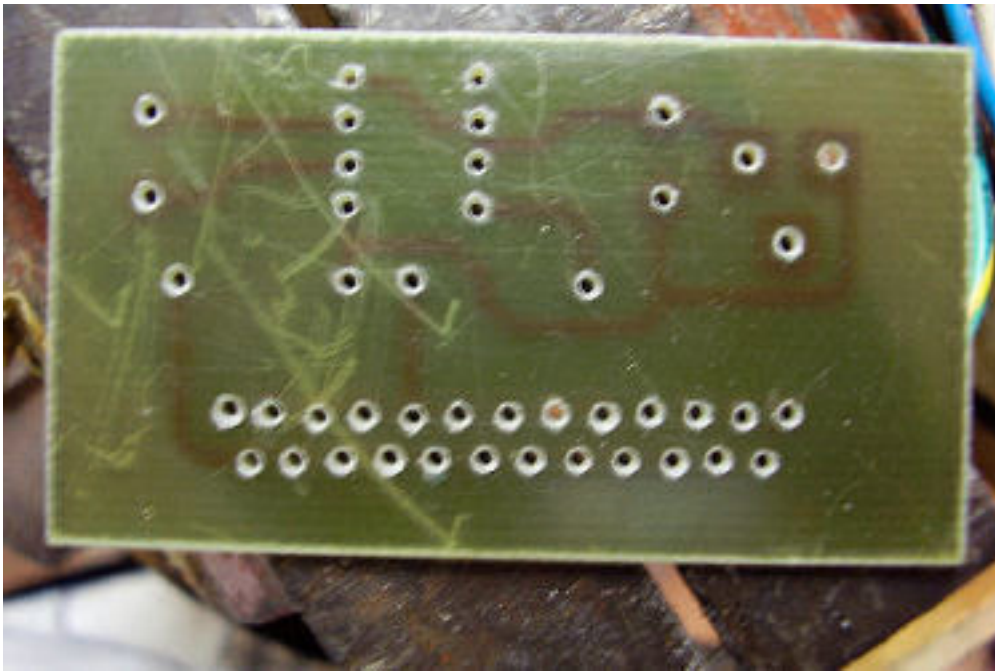
Osvetljeni ploščici sem razvil v raztopini NaOH. Ko se je pokazalo vezje, sem ploščici še zjedkal v mešanici vode, solne kisline in  $H_2O_2$ . Pri tem sem uporabil medicinske rokavice, saj je vodikov peroksid še posebej nevaren za kožo.



Slika 1: Ploščica oddajnika po razvijanju

#### 4.1.3.3 Vrtanje in spajkanje

Ko sta bili vezji končani, sem izvrtal luknje za vse elemente in priključke (uporabil sem sveder premera 0.8mm). Nato sem vse elemente prispajkal na vezje. Pri tem sem moral paziti, da so prispajkane vse nogice na obeh straneh, saj drugače vezje ne bi delovalo kot načrtovano.



*Slika 2: Ploščica oddajnika po vrtanju*

#### 4.1.3.4 Testiranje vezja

Začel sem ga testirati po sklopih. Pričel sem pri LED-prikazovalnikih in gonilnikih. Prekinil sem povezave med gonilniki in števcji ter na vhode slednjih pripeljal logično enico in s tem preizkusil delovanje gonilnikov in LED-prikazovalnikov. Ugotovil sem da gonilniki delujejo kot pričakovano, le en segment urnega prikazovalnika ni delal, zato ga je bilo treba nadomestiti z drugim.

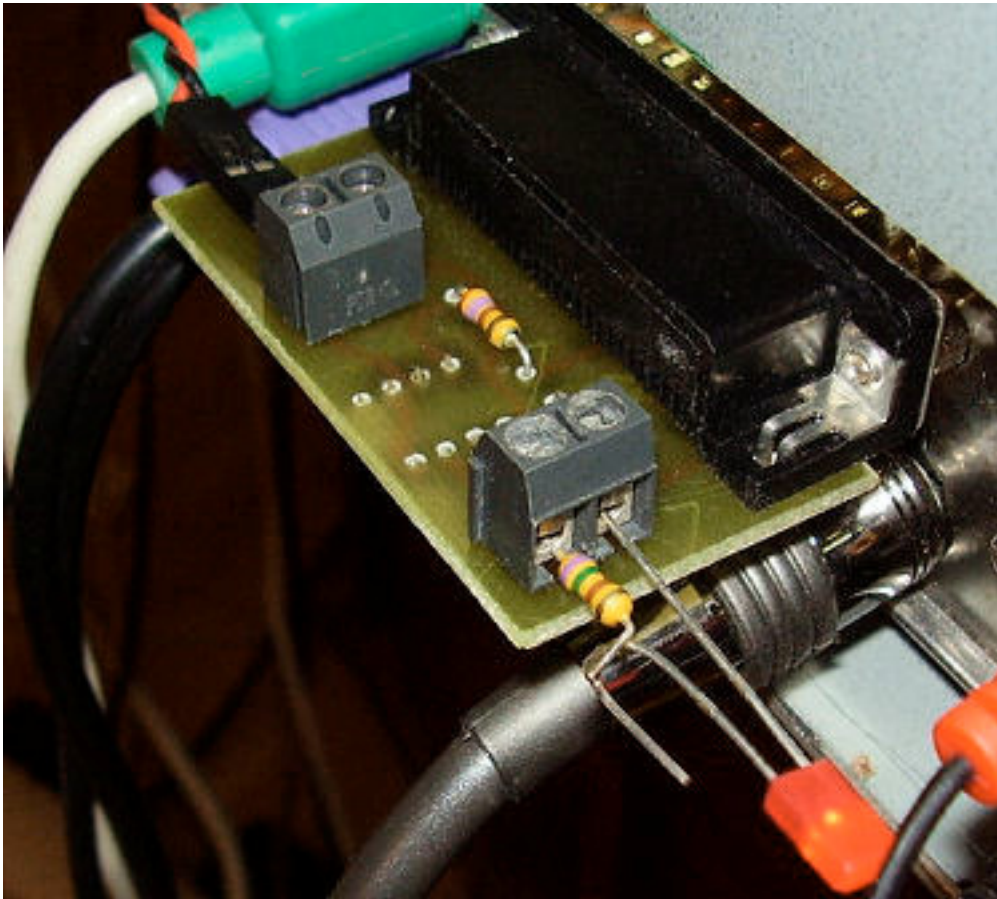
Nato sem zopet povezal gonilnike in števcje ter prekinil povezave na vhodih števcjev. Nato sem ročno pripeljal impulze na vhode, da bi videl, če števcji delujejo. Ko sem se z vodnikom dotaknil vhoda, je preštelo več vrednosti naenkrat, ker so števcji izjemno hitri. Zato sem za preizkušnjo moral dodati kondenzatorje iz vhodov na maso. Tako sem ugotovil, da tudi števcji pravilno delujejo. Odspajkal sem kondenzatorje in obnovil povezave.

Na vrsto je prišlo testiranje celotnega sklopa digitalne ure. Na glavni vhod sem prispajkal kondenzator in pričel ročno dajati signale. S tem sem lahko ugotovil, če logika preklapljanja ure z IN- in ALI- vrati deluje. Štelo je minute do 59, potem pa so šle minute na 00, kar je pomenilo, da preklapljanje minut deluje. Delovalo ni preklapljanje iz minut v ure. Ugotovil sem, da sem pozabil prispajkati en vhod na IN vratih, ker je bila povezava speljana pod integriranim vezjem in je prej nisem opazil. S tem ko sem odpravil to napako, je vezje končno delovalo brezhibno.

Ko je digitalna ura delovala na glavni vhod, je bilo treba usposobiti še oddajnik in sprejemnik. Najprej sem se lotil oddajnika. Signal iz računalnika dobimo na tiskalniških vratih (LPT), ta signal pripeljemo na vhod SN75176, ki ima ob signalu na izhodu A logično enico, na izhodu B pa logično ničlo. Ker je to integrirano vezje narejeno za signalizacijo po dolgih vodnikih, ima tudi temu primerno veliko porabo toka, zato rabi zunanje napajanje. Ko je bilo vezje pripravljeno, sem preizkusil delovanje z LED-diodo in preduporom. Enako sem storil s sprejemnikom. Z

enostavnim programom za prižiganje in ugašanje signala sem nato preizkusil delovanje z vmesnim kablom dolžine cca. 10 m. Delovalo je brez težav.

Ko sem dobil program za krmiljenje ure, sem moral še prilagoditi filter za reset signal in sicer s pravilno kombinacijo kondenzatorja ter upora. Ker nisem vedel točnega časa trajanja, sem moral malo poskušati, preden sem zadel pravi vrednosti.



Slika 3: Testiranje oddajnika z LED diodo

#### 4.1.4 Opis signalov in programa

##### 4.1.4.1 Grafična predstavitev programa

Program deluje v okolju Windows XP, in sicer v samostojnem oknu. Vsebuje tri gumbе, s katerimi upravljamo:

- Reset – če smo med delovanjem na podatkovni vod priključili še kakšno dodatno uro, pritisnemo ta gumb, da ponastavi vse ure na 00:00 in naniza impulze do dejanskega časa.
- Skrij – ta funkcija deluje le ob instaliranem programu Iconic Tray, in sicer se ob pritisku program skrije v opravilno vrstico.
- Izhod – ob pritisku na ta gumb pošlje program reset signal na tiskalniška vrata in se zapre.





Slika 4: Izgled programa

#### 4.1.4.2 Opis delovanja programa

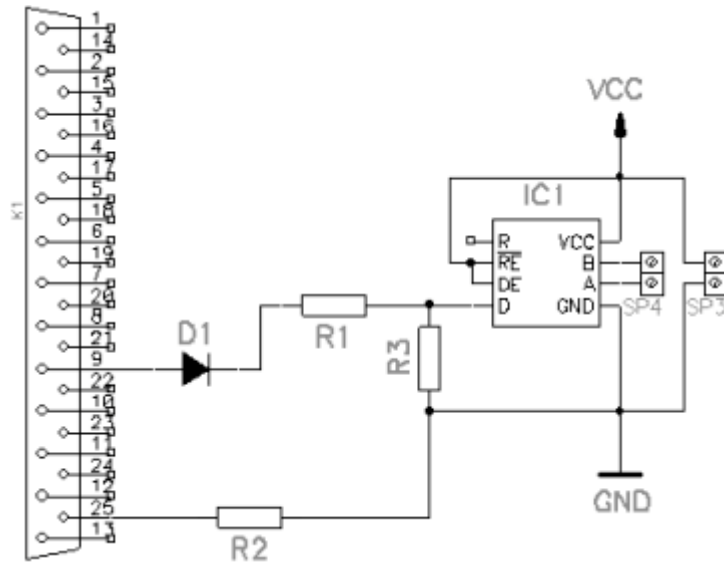
Signal za krmiljenje ure dobimo iz tiskalniških vrat, in sicer s pomočjo programa, ki mi ga je priskrbel prijatelj. Ta program deluje tako, da ob zagonu pošlje daljši reset signal, da se ura resetira. To pa zato, ker bi se lahko na vhodu ure ob priključevanju vezja digitalne ure lahko pojavila kakšna napetost in bi vezje to zaznalo kot logično enico in avtomatsko preštelo eno ali celo več minut. Tako bi ura brez začetnega reseta lahko prehitevala, saj bi k trenutnemu stanju le prištela potrebno število signalov glede na trenutni čas.

Po reset signalu se nanizajo minutni signali, in sicer toliko, kolikor minut je že preteklo od 00:00. Če je ura na primer 05:00, t. j. 5 ur po 60 minut, potem bo program poslal 300 impulzov. Potem pa vsako minuto pošlje kratek signal.

Da ljudi nedelujoča ura ne bi zavedla, pošlje program reset signal tudi ob izhodu, kar vrne ure v stanje 00:00 in ljudje se ne ravnajo po nedelujoči uri. Program uporablja informacijo o trenutnem času iz systemske ure računalnika, in če se ta prestavi naprej, program le pošlje toliko impulzov, da se daljinske ure uskladijo s systemsko. Če pa se prestavi nazaj, kar je le ob prestavljanju med zimskim in letnim časom, pa program pošlje reset signal in naniza ustrezno število impulzov glede na novo stanje systemske ure. Ko je ura polnoč, program spet pošlje reset signal in postavi uro na 00:00.

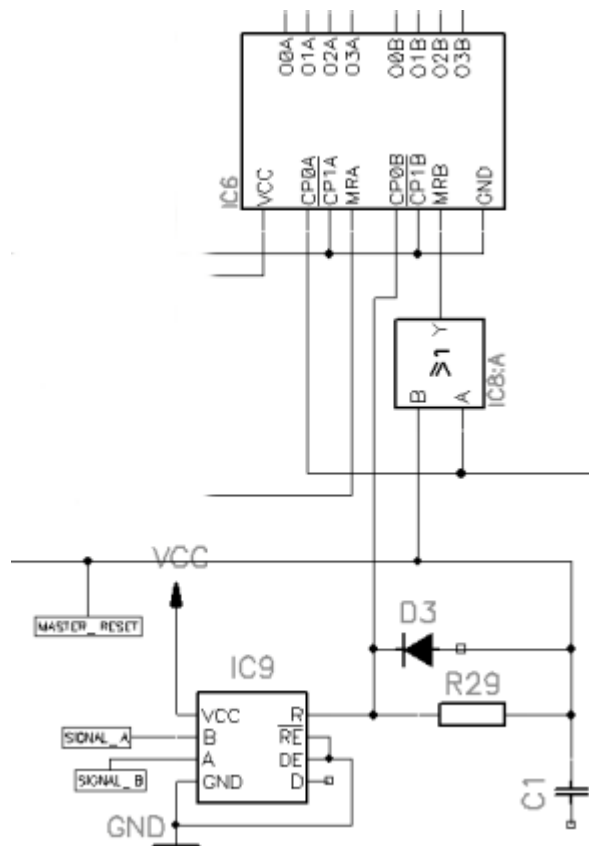
#### 4.1.5 Opis delovanja vezja

Ko dobimo signal na tiskalniških vratih, le-ta pride na vhod SN75176, ki ob logični enici na vhodu zamenja logični stanji in izhodih. Logična enica gre v logično ničlo in obratno. Spremembo stanja na izhodih prvega, prek podatkovnega voda, zazna drugi SN75176, ki je uporabljen kot sprejemnik. Le-ta ob novem stanju na izhodih, ki so tu uporabljeni kot vhodi, na vhodu naredi logično enico. Tako je končan prenos signala od računalnika do ure.



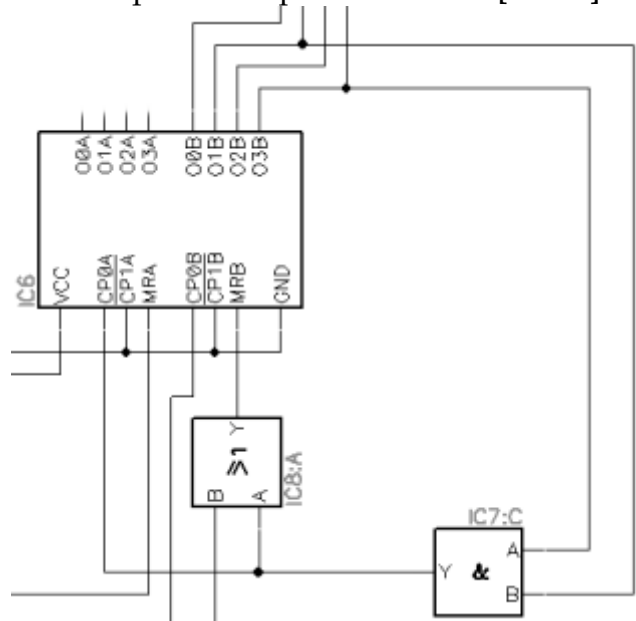
Slika 5: Shema oddajnika

Preneseni signal gre naprej skozi filter, ki deluje tako, da kratke signale spušča na glavni vhod ure, ob dolgem signalu (reset) pa se kondenzator polni prek upora, tako da po določenem času dosežemo na kondenzatorju minimalno napetost, ki jo ALI-vrata zaznajo kot logično enico. Ko je konec reset signala, se kondenzator sprazni prek diode, saj je SN75176 na logični ničli.



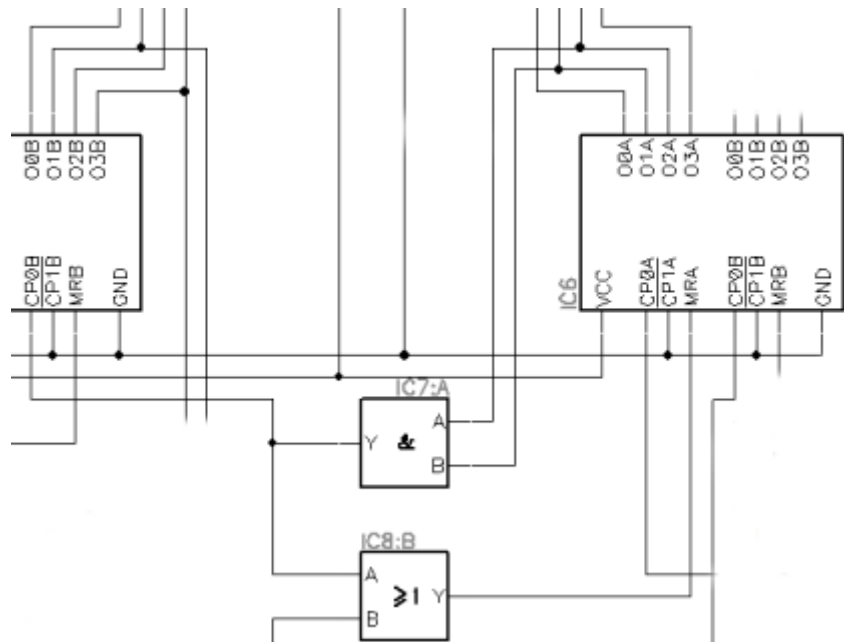
Slika 6: Shema sprejemnika in filtra

Minutni signal gre direktno na vhod prvega minutnega števca. Ko prvi števec prešteje do 10, se na obeh vhodih IN- vrat [IC7:C] pojavi logična enica in vrata dobijo na izhodu pozitivno logično stanje. IN- vrata so povezana prek ALI- vrat [IC8:A] na reset prvega minutnega števca in na vhod drugega minutnega števca. Tako dobimo preklap vsakih 10 minut.



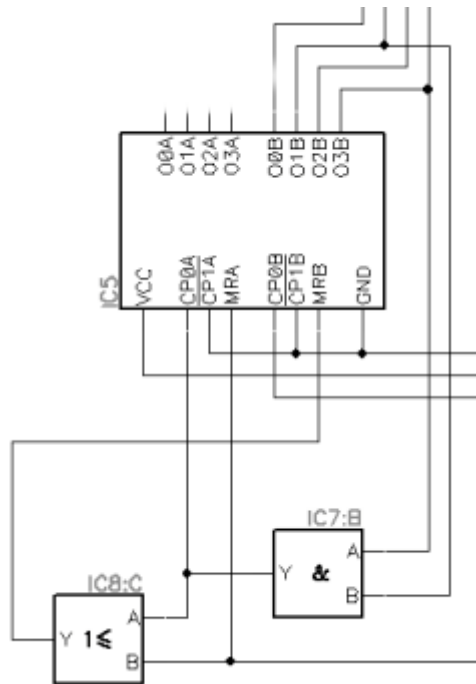
Slika 7: Shema prvega števca in preklapne logike

Ko se signal pojavi šestdesetič, se na izhodu drugega minutnega števca pojavita dve pozitivni stanji, kateri sta speljani na vhoda IN- vrat [IC7:A], katerih izhod je speljan preko ALI- vrat [IC8:B] na reset drugega minutnega števca (prvi pa je že na 0, saj ga je resetiral že [IC7:C]) in na vhod prvega urnega števca. Dobimo stanje 01:00.



Slika 8: Shema drugega števca in preklapne logike

Enak sistem je uporabljen pri preklapljanju ob desetem urnem signalu. Iz prvega urnega števca dobimo dve logični enici na vhoda IN- vrat [IC7:B], katerih izhod je vezan prek ALI- vrat [IC8:C] na reset prvega urnega števca in na vhod drugega urnega števca.



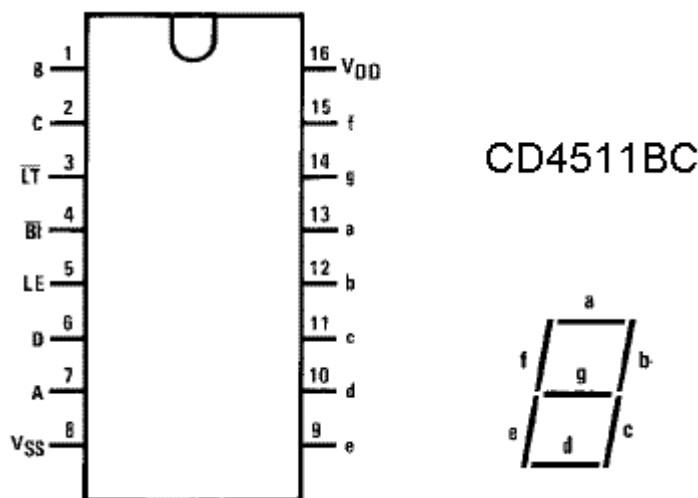
Slika 9: Shema tretjega števca in preklopne logike

To je vsa logika, ki jo tako zasnovano vezje potrebuje za delovanje. Lahko bi naredil še reset vseh števcov ob 24:00, vendar to ni potrebno, saj program ob polnoči avtomatsko pošlje reset signal.

#### 4.1.6 Kratka predstavitev uporabljenih integriranih vezij

##### 4.1.6.1 CD4511BC - gonilnik/dekoder iz BCD v 7-segmentni kod

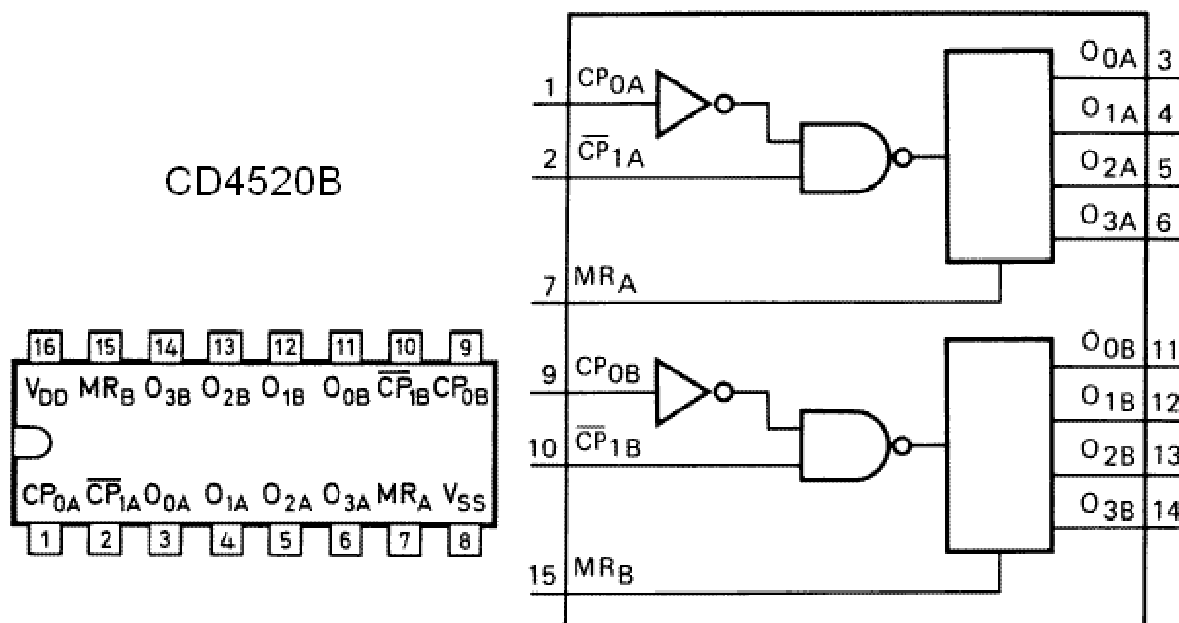
Gonilnik/dekoder je zgrajen v CMOS tehnologiji, na izhodih pa uporablja NPN bipolarne tranzistorje. Pretvarja BCD-kod v 7-segmentnega, ki se uporablja za prikazovanje števil od 0 do 9.



Slika 10: Zgradba CD4511BC in označbe segmentov LED prikazovalnika

#### 4.1.6.2 CD4520B - dvojni 4-bitni števec

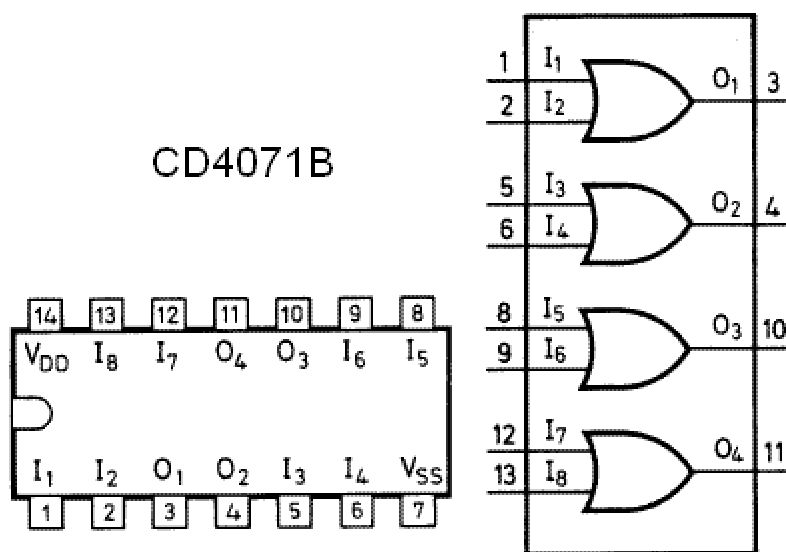
Števec ima normalni in negirani vhod ter reset vhod. Na izhodu prikazuje število impulzov v binarnem kodu.



Slika 11: Zgradba CD4520B

#### 4.1.6.3 CD4071B - štiri 2-vhodna ALI- vrata

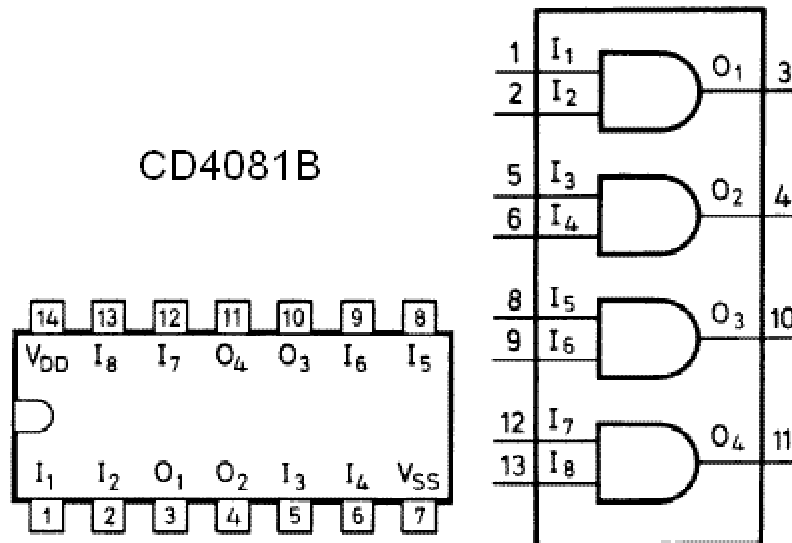
Integrirano vezje vsebuje štiri ALI- vrata s pozitivno 2-vhodno ALI- logiko.



Slika 12: Zgradba CD4071B

4.1.6.4 CD4081B - štiri 2-vhodna IN- vrata

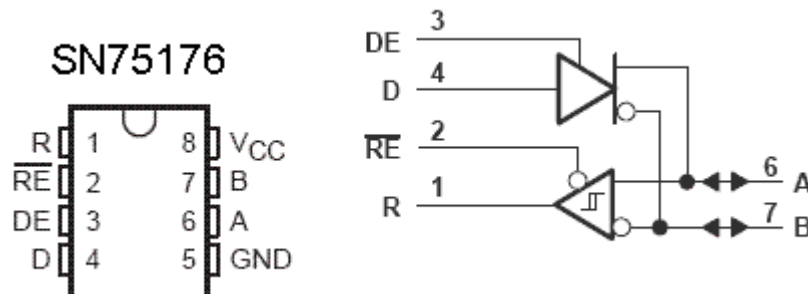
Integrirano vezje vsebuje štiri IN- vrata s pozitivno 2-vhodno IN- logiko.



Slika 13: Zgradba CD4081B

4.1.6.5 SN75176 - diferencialni oddajnik/sprejemnik

Integrirano vezje je zasnovano za dvosmerno podatkovno komunikacijo po dolgih podatkovnih linijah v motenem okolju. Funkcijo oddajnika ali sprejemnika lahko izberemo z logičnima stanjema 0 ali 1. Impulzi se prenašajo z zamenjavo logičnih stanj v vodnikih. Ko je vezje v mirovanju, je na izhodih stalno napajanje (en vodnik ima stalno logično enico, drugi stalno logično ničlo), kar pomeni, da je manj možnosti, da bi se zaradi vplivov iz okolice v vodnikih inducirala napetost in bi to sprejemnik samodejno zaznal kot impulz. Ob prehodu iz logične ničle na logično enico na vhodu oddajnika se logični stanji na izhodu zamenjata in ostaneta tako, kakor dolgo je vhod na enici.



Slika 14: Zgradba SN75176

## **4.2 Razprava**

Namen te raziskovalne naloge je bil, da bi sestavil daljinsko digitalno uro, ki bi bila krmiljena iz systemske ure računalnika, saj tudi ob izpadu električne energije teče naprej na napajanje iz interne baterije. Tako bi imeli vedno točno uro.

Drugi del naloge pa je bila zmožnost priključitve več digitalnih ur na isto podatkovno vodilo. Iz istega vodnika bi torej morali izpeljati poljubno število odcepov. Z mentorjem sva na internetu našla rešitev tudi za to zahtevo – integrirano vezje SN75176. S takšno izvedbo lahko imamo usklajene vse ure, ki so priključene na isti podatkovni vod. Sistem je uporaben tudi zato, ker nam daje možnost nastavljanja celotnega nabora ur v centralnem mestu – računalniku. Isti sistem oddajnik-sprejemnik pa bi lahko uporabili še za proženje zvonca ob določenih urah (šolski zvonec vsakih 45 minut).

## 5 Zaključek

Cilj moje raziskovalne naloge je bil dosežen, čeprav bi bilo potrebno nekaj manjših predelav, če bi hoteli produkt mojega raziskovanja izdelovati serijsko. Glede na to da je daljinska digitalna ura namenjena ustanovam, bi bilo treba zamenjati standardne LED-prikazovalnike z večjimi, bolj vidnimi. Seveda pa bi lahko v končni fazi tudi predelali samo postavitev tiskanega vezja, glede na ohišja, v katera bi vgrajevali digitalne ure.

Za uporabo v šolah bi lahko v isti program implementirali še signalizacijo za zvonjenje ob začetkih in koncih odmorov. Za zvonce bi uporabili dodaten podatkovni vod, ki bi deloval po enakem principu kot pri daljinski digitalni uri. Primerno dolg impulz bi poslali samo ob zvonjenju, pri tem pa uporabili drug izhod na tiskalniških vratih.

Pri izdelavi vezja sem se o digitalni tehniki veliko naučil. Spoznal sem različne logične operacije, različne vrste kodiranja (binarno, BCD-kod, 7-segmentno) in se naučil tudi nekaj o prenašanju impulzov po dolgih vodnikih. Nekaj izkušenj sem pridobil tudi pri izdelavi tiskanin, saj prej še nisem osvetljeval obojestranskih ploščic.



## 7 Viri in literatura

SLEMENŠEK, Borut. Osnove digitalnih sistemov in osembitni mikroprocesorski sistemi. Celje: Šolski Center Celje, 2002.

CD4511BC. Fairchild Semiconductor, 1987. Zadnja sprememba jan. 2004. Pridobljeno 2. dec. 2005 na: <http://www.fairchildsemi.com/ds/CD/CD4511BC.pdf>

CD4520B. Texas Instruments, 1999. Pridobljeno 2. dec. 2005 na: <http://www.ee.washington.edu/stores/DataSheets/cd4000/cd4520.pdf>

CD4071B/CD4081B. Fairchild Semiconductor, 1987. Zadnja sprememba april 2002. Pridobljeno 2. dec 2005 na: <http://www.fairchildsemi.com/ds/CD/CD4081BC.pdf>

SN75176. Texas Instruments, 1995. Zadnja sprememba maj 1995. Pridobljeno 12. dec. 2005 na: <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn75176a.pdf>

## 8 Zahvala

Za uspešno izdelavo svoje raziskovalne naloge se zahvaljujem obema mentorjema, Gregorju Slemenšku za pomoč in usmerjanje pri zasnovi, računalniški obdelavi in izdelavi samega vezja in Borutu Slemenšku za pomoč pri iskanju ideje za projekt in za vse pridobljeno teoretično znanje pri urah elektronike. Posebej bi se še zahvalil prijatelju Roku Ušenu, ki mi je priskrbel programsko podporo za ta projekt.