

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Mario Trifković

Programljivi 6 × Timer

Seminarska naloga

pri predmetu
Elektronska vezja

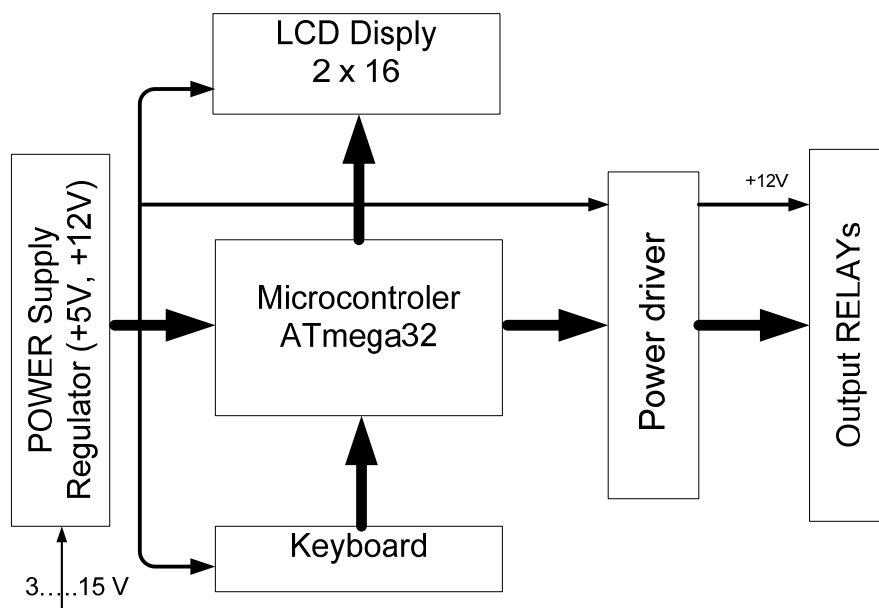
V Ljubljani, junij 2009

1. UVOD

Namen moje seminarske naloge je izdelati programibilni timer, z močnostnim preklopnikom na izhodu. Ideja za to nalogo izvira po potrebi za časovno izklapljanje določenih električnih naprav v sobi oz. gospodinjstvu. Zato sem izdelal natančen REAL-TIME sistem (6 x Programibilni timer + ura). Že v osnovni šoli, ko me je navdušila elektronika, je bilo prvo moje vezje, timer z zelo velikim kondenzatorjem in komparatorjem, kjer sem z različnimi upori s preklopnikom nastavljal različne časovne konstante in detektiral s komparatorjem, če se je kondenzator izpraznil.

Blok shema in kratek opis

Srce sistema je Atmel-ov mikrokrmilnik ATmega32, ki krmili tri blokovne sklope. Napajanje za celoten sistem zagotovimo z napajalnikom, ki vsebuje step-up regulator in linearni regulator. Za takšen napajalnik sem se odločil zato, da lahko sistem napajamo tudi z zelo nizko napetostno celico. Prednost takšnega napajalnika je pa tudi zelo širok napetostni razpon na vhodu, kar naredi celoten sistem bolj "univerzalen". Kot vidimo ostale komponente pa so tipkovnica, LCD alfanumerični prikazovalnik, močnostni driver in izhodni releji. S tipkovnico krmilimo meni in vse možne funkcije, ki so na voljo. Za večjo preglednost in lažjo uporabo sem uporabil tekstovni 2-vrstični LCD prikazovalnik. Za krmiljenje izhodnih relejev moramo uporabiti še eno vmesno stopnjo, močnostni driver, kajti mikrokrmilnik ne zmore tolikšne tokovne zmogljivosti na svojih I/O pin-ih za direktno krmiljenje relejev. Celotno zgradbo sistema prikazuje spodnja blokovna shema.



Slika 1: Blokovna shema sistema

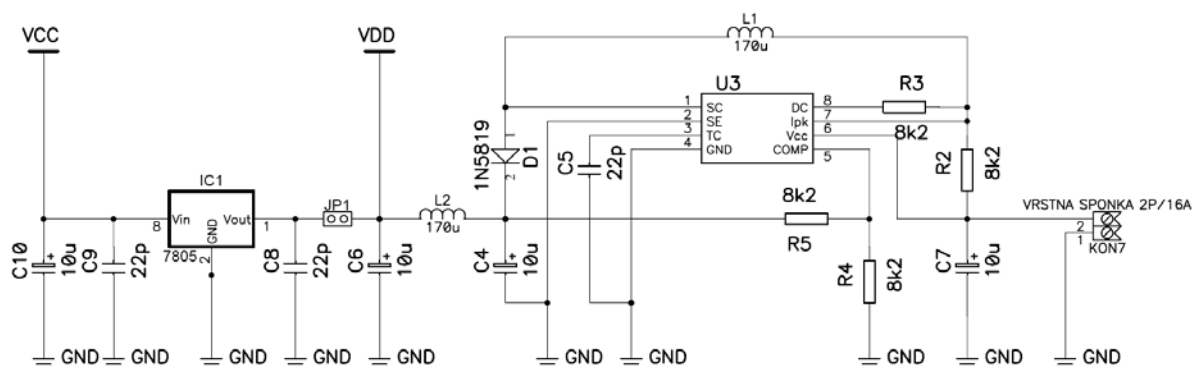
2. OPIS DELOVANJA

Opis krmilnika

Kot sem že prej omenil, uporabil sem mikrokrmilnik ATmega32. Omenjeni mikrokrmilnik je po funkcionalnosti in njegovi perferiji približno v nižjem rangi atmel-ovih AVR mikrokrmilnikov. Ima 32KBytov programskega flash pomnilnika, 2KBytov SRAM pomnilnika, dva 8-bitna in enega 16-bitnega Timer-ja oz. Counter-ja in še druge zanimljive perferične enote, vendar sem omenil samo uporabljene. Za naš sistem je ključnega pomena timer, ki skrbi za vseh 6 timerjev in uro.

Opis napajalnika

Za napajalno vezje je uporabljen step-up regulator in linearni regulator. Dobra lastnost tega vezja je da lahko celotno krmilno vezje napajamo z baterijskimi celicami in tudi široko napajalno območje, ki je kar od 3...15V. Na izhodu dobimo napetost ~12V (VDD) ter stabilno napetost 5V (VCC).



Slika 2: Napajalno vezje

Kratek načrtovalski postopek za MC33063:

Naše zahteve so:

$$V_{OUT} = 12V$$

$$V_{INmin} = 3V$$

$$f_{min} = 50 \text{ kHz}$$

$$I_{OUT} = 1A$$

$$V_{ripple} = 150mV$$

Najprej izračunamo razmerje med trajanjem pulza in pavzo.

$$\frac{t_{ON}}{t_{OFF}} = \frac{V_{out} + V_F - V_{in(min)}}{V_{in(min)} - V_{sat}} = \frac{12 + 0.8 - 3}{3 - 0.3} = 3.63 \quad \rightarrow \quad t_{ON} + t_{OFF} = \frac{1}{f_{min}}$$

$$t_{ON} = 15.7 \mu s$$

Iz vrednosti trajanja impulza lahko izračunamo ustrezno kapacitivnost C_T za določene pogoje,

$$C_T = 4 \times 10^{-5} \cdot t_{ON} = \underline{628 pF}$$

Nato izračunamo potrebno induktivnost za tuljavo,

$$I_{pk} = 2 \cdot I_{OUT} \left(\frac{t_{ON}}{t_{OFF}} + 1 \right) = 926 mA \quad \rightarrow \quad L_{MIN} = \left(\frac{V_{IN min} - V_{sat}}{I_{pk}} \right) \cdot t_{ON} = \underline{45.8 \mu H}$$

$$R_{SC} = \frac{0.33}{I_{pk}} = \underline{0.36 \Omega}$$

$$C_O = \frac{I_{OUT}}{V_{ripple}} \cdot t_{ON} = \underline{10.5 \mu F}$$

$$V_{OUT} = 1.25 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \Rightarrow R_2 = R_1 \left(\frac{V_{OUT}}{1.25} - 1 \right)$$

$$\underline{R_1 = 4700 \Omega} \rightarrow R_2 = R_1 \left(\frac{V_{OUT}}{1.25} - 1 \right) = 40420 \Omega \rightarrow \underline{R_2 = 33k\Omega + 20k\Omega \text{ (potenciometer)}}$$

Uporabljeni elementi za step-up regulator:

$$L1 = 220 \mu H$$

$$L2 = 47 \mu H$$

$$D1 = 1N5819$$

$$R3 = 180 \Omega$$

$$R2 = (R_{SC}) = 0.33 \Omega$$

$$R5 = (R2) = 33k\Omega + 20k\Omega \text{ (potenciometer)}$$

$$R4 = (R1) = 4700 \Omega$$

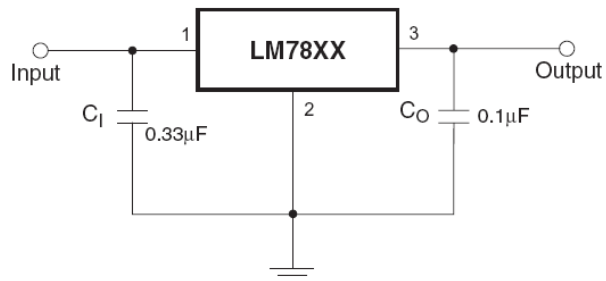
$$C7 = 10 \mu F$$

$$C5 = (C_T) = 1 nF$$

$$C4 = 100 \mu F$$

$$C6 = 10 \mu F$$

Na izhodu step-up regulatorja pa imamo še preprost 5V linearni regulator, kjer stabiliziramo napetost še za krmilno logiko oz. mikrokontroler. Uporabimo tipično vezavo:



Slika 3: Linearni regulator

Uporabljeni elementi za linearni regulator:

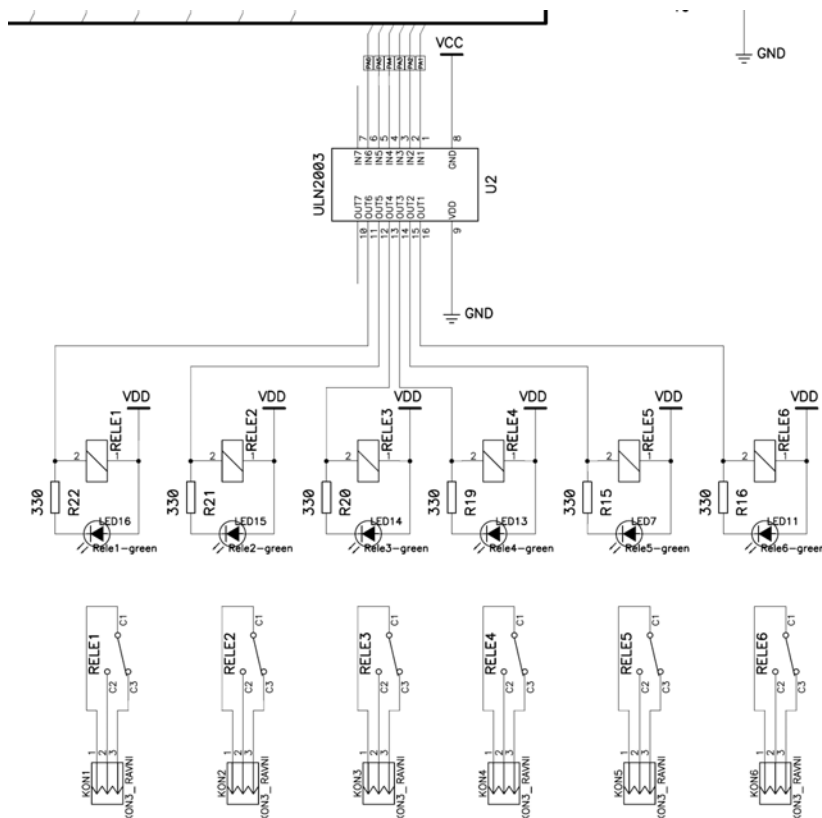
C8 = 100nF

C9 = 100nF

C10 = 10µF

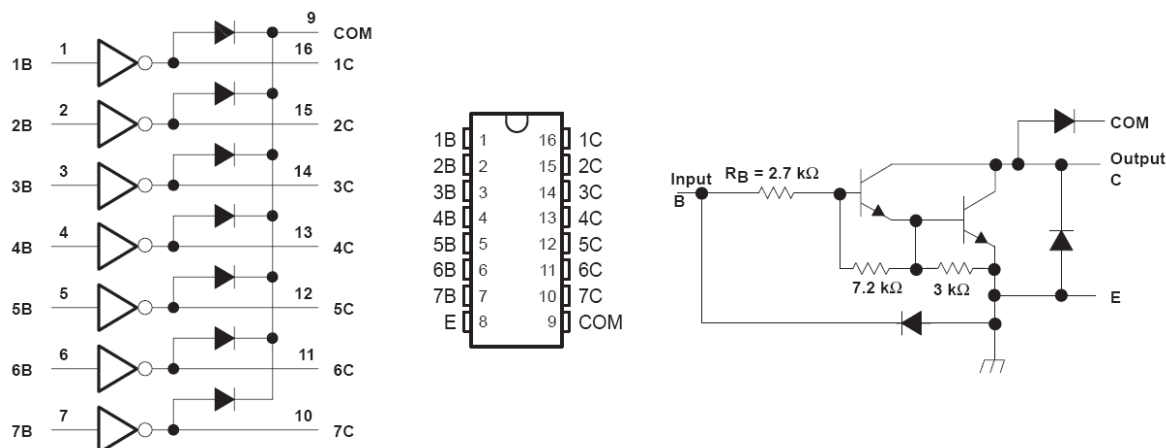
Opis izhodne relejne stopnje:

Za močnostno stopnjo sem izbral integrirano vezje ULN2003, ki je namenjeno za krmiljenje relejev. V integriranem vezju so poleg integriranih močnostnih tranzistorjev integrirane tudi zaščitne diode, ki jih potrebujemo pri izklopu relejev, da prepreči nastanek prevelike inducirane napetosti zaradi navitja v releju in posledično uničenje tranzistorja, tako da ni bilo potrebno dodajati še zunanjih zaščitnih diod. Na vsakem od relejev je po ena svetleča dioda in nam služi kot indikator sklenjenih relejev.



Slika 4: Močnostna stopnja

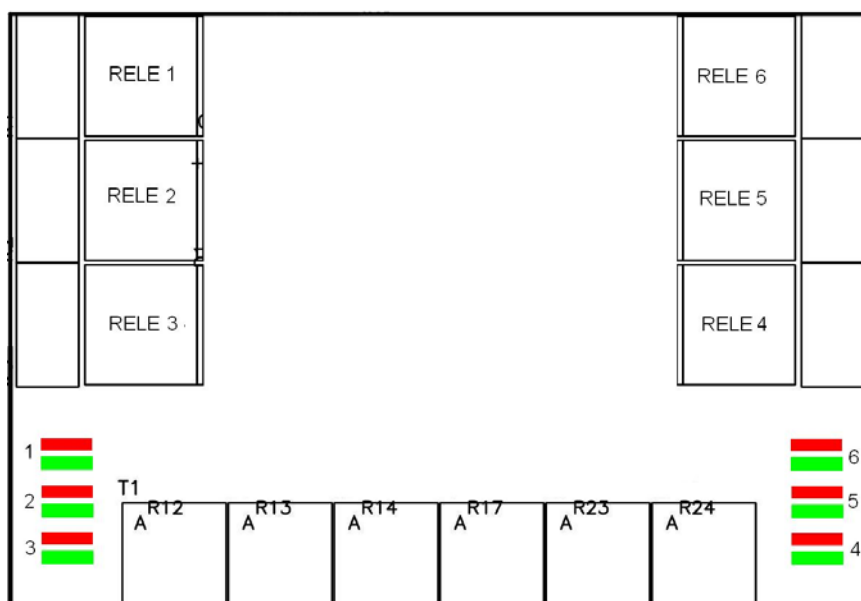
Spodaj prikazana slika prikazuje simbolično zgradbo integriranega vezja ULN2003, na sredini top pogled na ohišje in desno realizacija enega od osmih integriranih Buffer-jev (Darlington tranzistor).



Slika 5: ULN2003

Opis uporabe in nastavljanje sistema

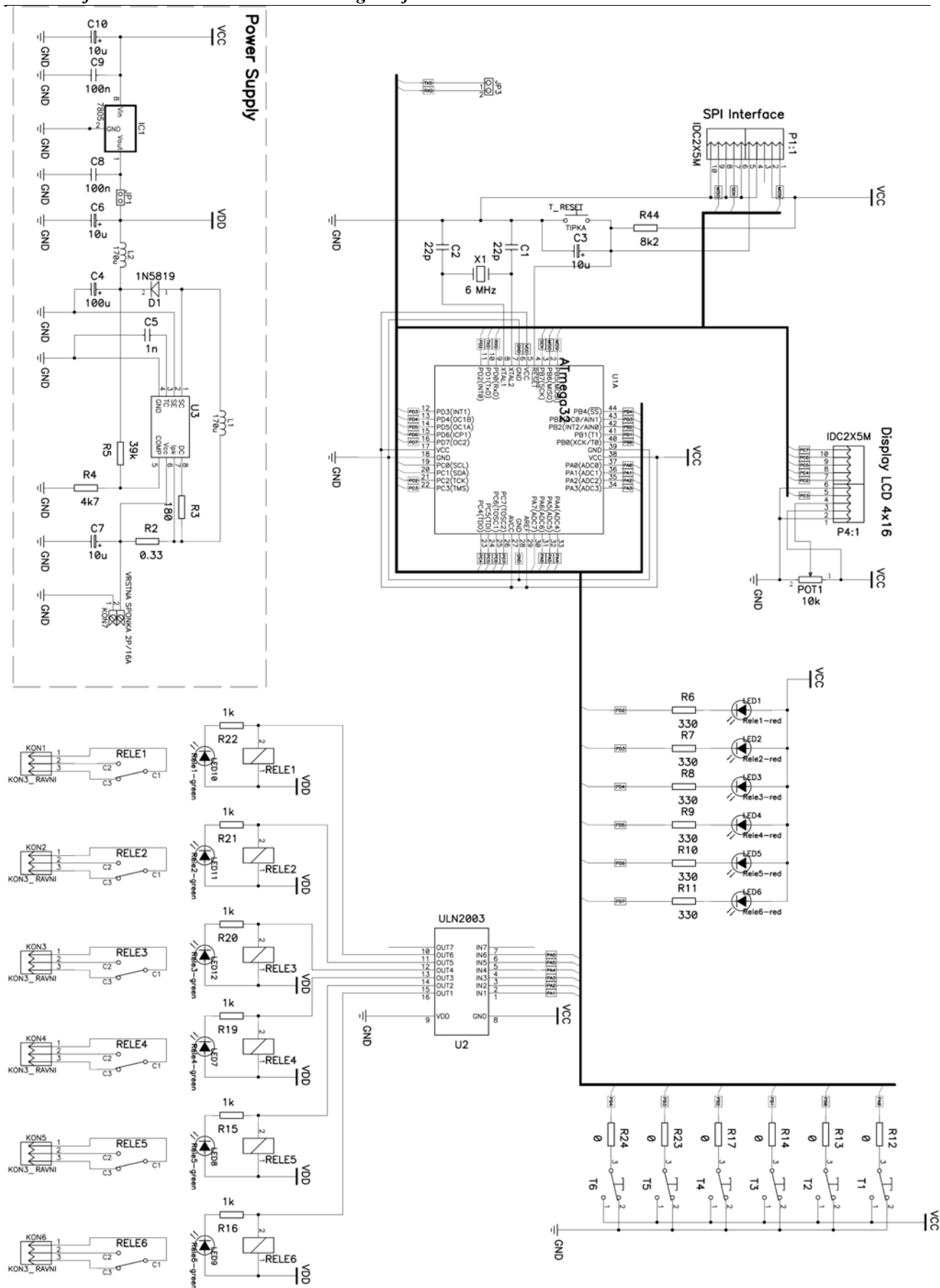
Sistem je zelo preprost za uporabo. Ob vklopu po "uvodnem sporočilu" se na prikazovalniku izpiše ura in začne šteti z 00:00:01, ki jo lahko nastavimo. Uro nastavimo tako, da pritisnemo T5 in tako nam začne utripat kurzor na sekundnem položaju. Z tipkami \uparrow in \downarrow nastavimo ustrezno vrednost. Za pomikanje med sekundami, minutami, urami in dnevi v tednu se pomikamo s tipkami \leftarrow in \rightarrow . Ko je čas nastavljen še enkrat pritisnemo tipko T5 in s tem potrdimo nastavljene vrednosti. Kot že sam naslov pove, sistem vsebuje 6 timerjev, ki so neodvisni med seboj. To pomeni da, če na primer eden ali več timerjev že teče z različnimi časi lahko nastavljamo še preostale timerje, ne da bi s tem ustavili ali ovirali na kakšen koli način ostale timerje. To pomeni da v našem mikrokrmilniku teče 7 med seboj neodvisnih procesov, 6 za timerje in eden za uro. Uporaba je zelo preprosta z tipkami \leftarrow in \rightarrow se premikamo pa različnih timerjih in uro. Ko se odločimo za enega od timerjev pritisnemo tipko T5 za nastavitvev in z tipkami \downarrow in \uparrow nastavimo čas za posamezne enote. Med dneve, ure, minute in sekunde se pomikamo spet z tipkami \leftarrow in \rightarrow . Za potrditev časa spet pritisnemo isto tipko kot nastavitvev T5 in s tem istočasno aktiviramo časovno odštevanje nastavljenega časa. Nastavljeni čas je lahko maksimalno 999 dni, 99 ur, 59 min in 59 sekund, kar pomeni približno 2 leti in 9 mesecev. Za kontrolo kateri timer je že aktiven in kateremu se je že iztek čas imamo po en par LED diod za vsak timer. Rdeča LED detektira delovanje posameznega timerja tako, da utripne vsako sekundo enkrat. Če pa se je iztek čas določenemu releju se vklopi zelena LED dioda, kot znak da je rele preklopil.



Slika 6: Postavitev relejev in indikatorskih LED diod

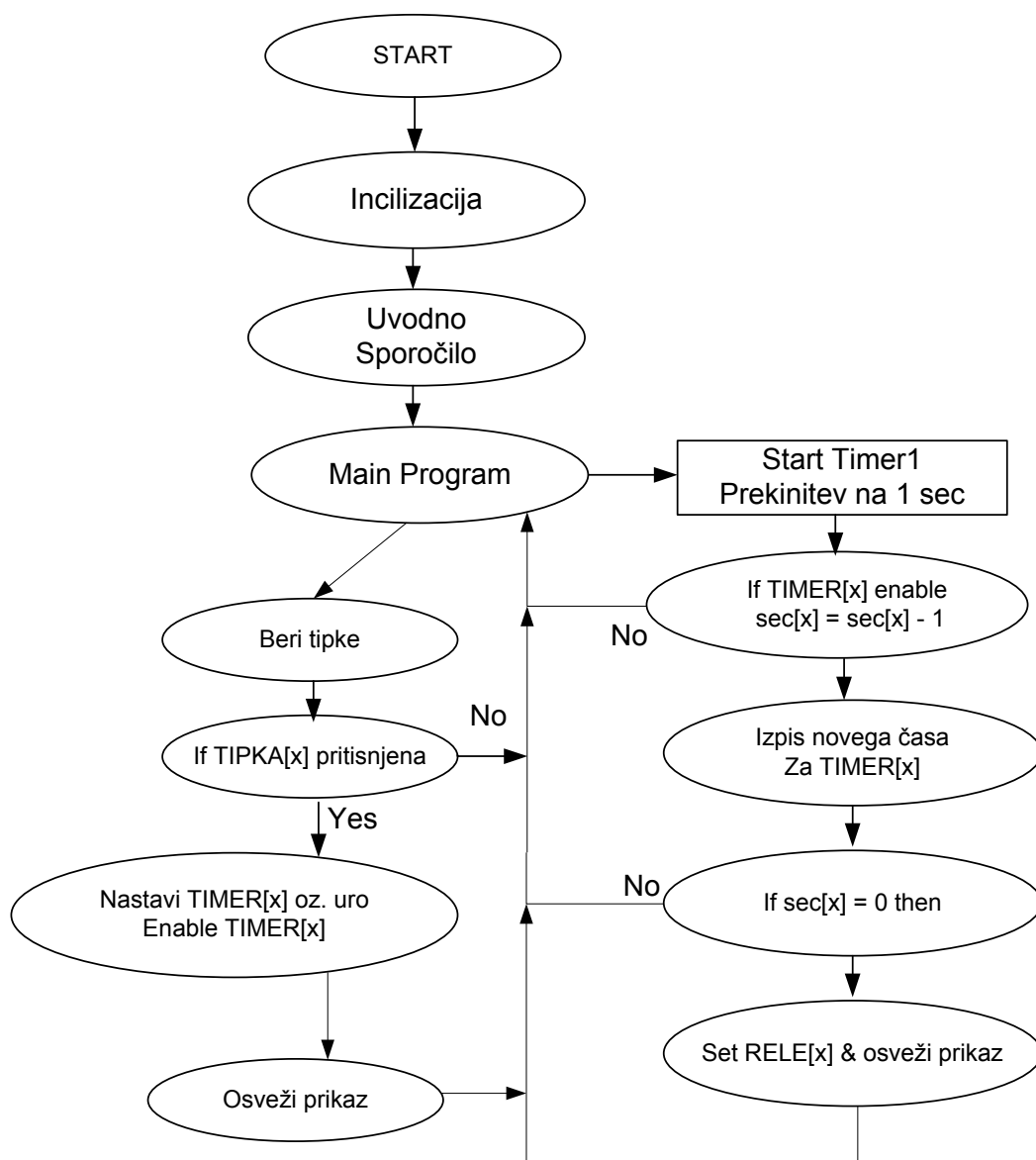
Električna shema in opis delovanja:

Ko vezje vklopimo, najprej kondenzator C3 in upor R44 zagotovita da se mikrokrmilnik resetira in pripravi za nadaljnje delovanje. Za reset med delovanjem imam še tipko T_reset s katero prav tako resetiramo mikrokrmilnik. Z delovanje mikrokrmilnika potrebujemo tudi zunanji takt oz. uro. To zagotovimo z zunanjim oscilatorjem (v našem primeru 6.000MHz). Kot vidimo, ima vezje 6 tipk s katerimi nastavljamo vse nastavitve na sistemu. Tipke beremo tako, da jih detektiramo z 0V, ko je pritisnjena in 5V, ko je neaktivna. Izhodna stopnja oz. releji pa nam na izhodu glede na nastavljene vrednosti proži različne priključene sisteme. Vendar sam mikrokontroler deluje na 5V in ima nizko tokovno zmogljivost. Zato med releji in mikrokontrolerjem imamo močnostni driver ULN2003, ki vsebuje tudi zaščitne diode za releje ob izklopu, da zaradi indukcije ne uničimo krmilnih tranzistorjev. Vzporedno relejem je tudi povezana zelena LED dioda, ki nam služi kot indikator pri vklopu določenega releja. Za izpisovanje uporabljamo 2 vrstični, 16 znakovni alphanumeric LCD prikazovalnik. Driver za LCD je sam mikrokontroler, ki krmili ga krmili z 4-bitnim vodilom in potrebnimi kontrolnimi bitmi. Poleg konektorja je še trimmer potenciometer s katerim lahko spreminjamo kontrast na LCD prikazovalniku.



Slika 7: Celoten načrt

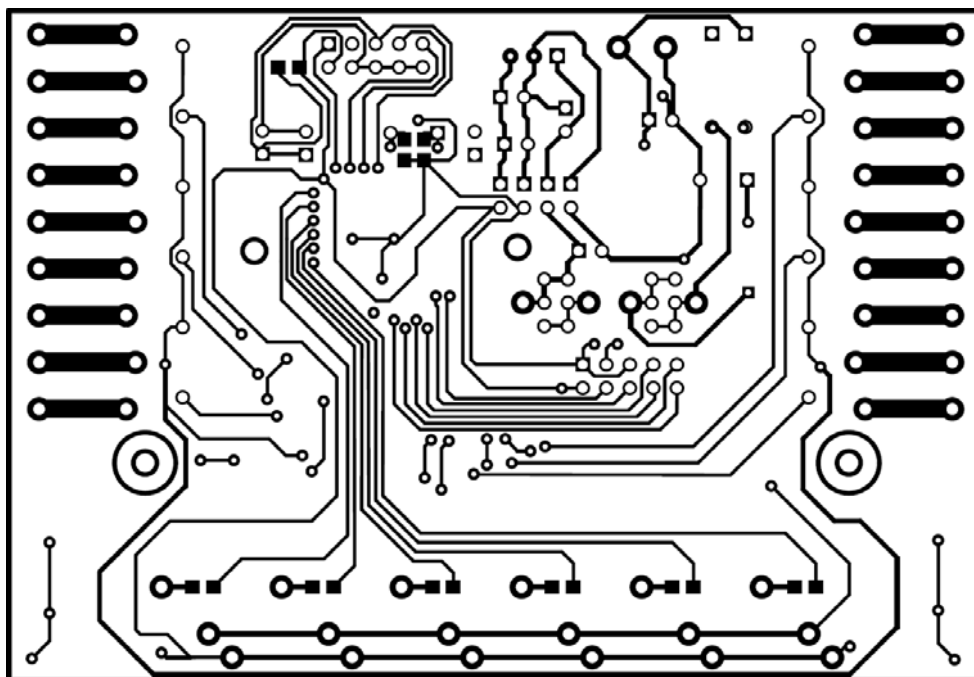
Grob algoritem programa:



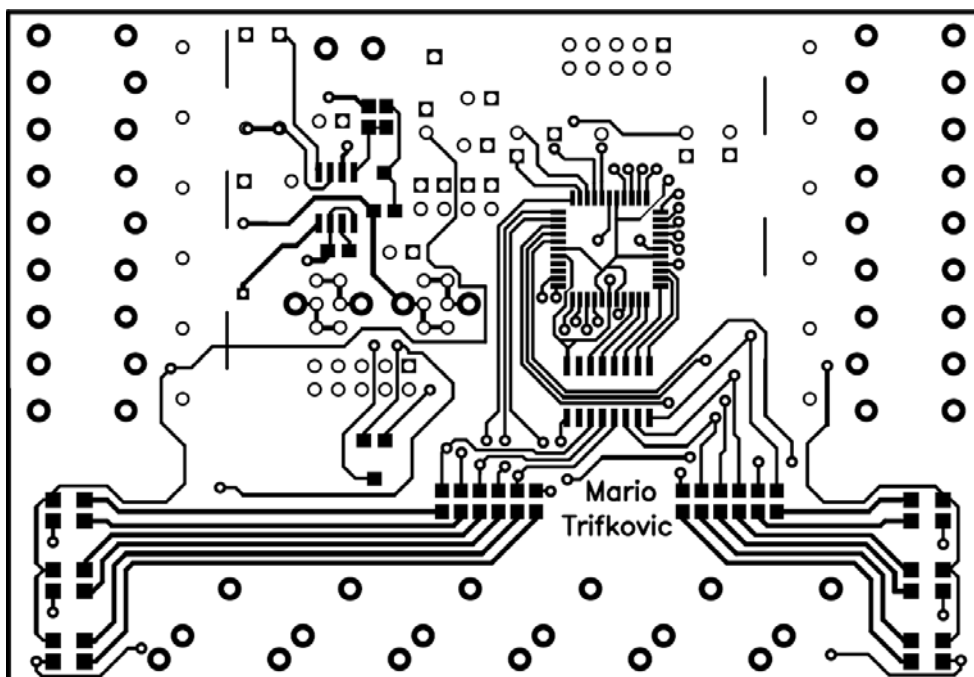
3. REALIZACIJA, TESTIRANJE, STROŠKI

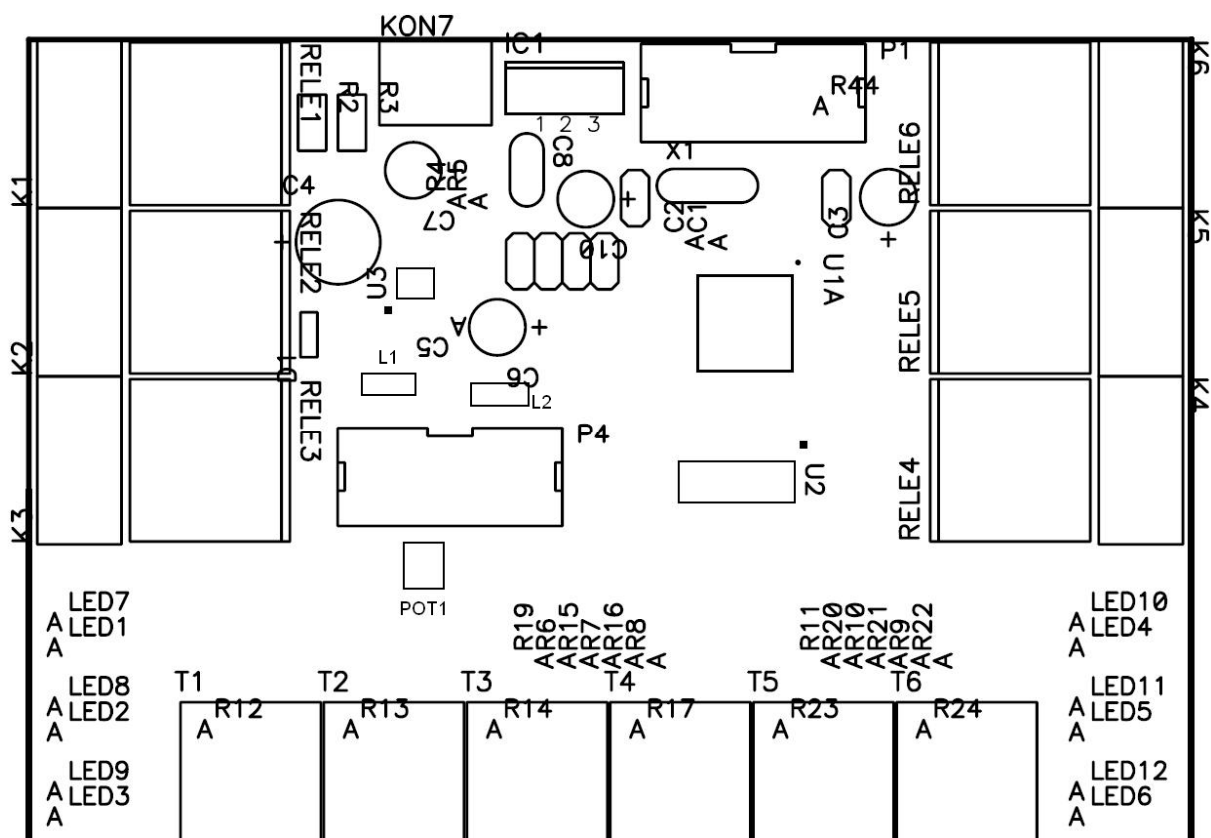
Tiskano vezje

BOTTOM:



TOP:



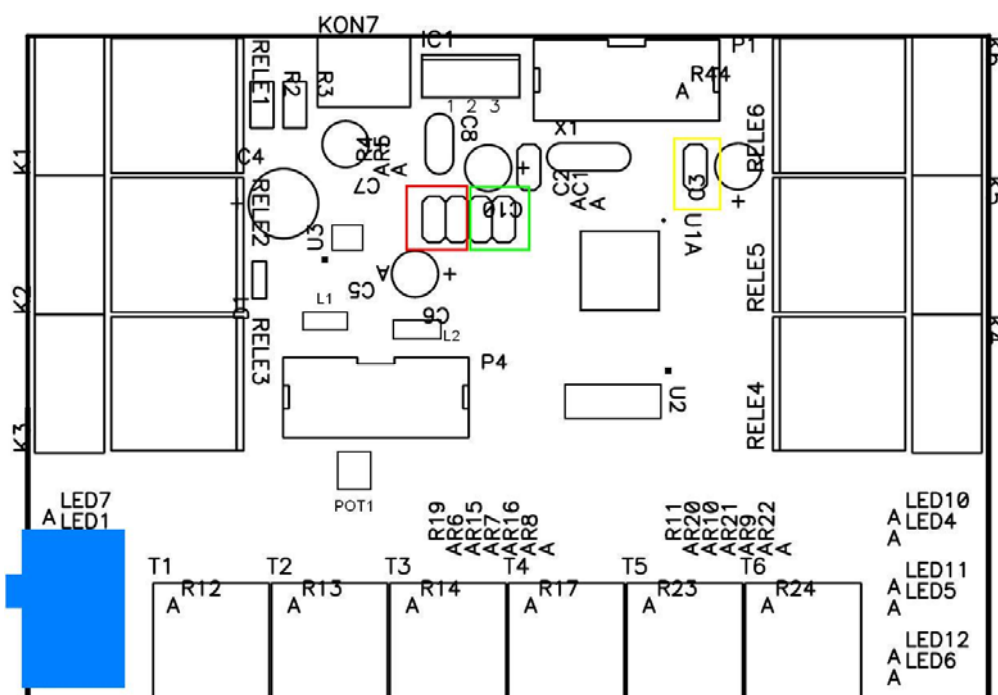
Montažni nacrt

Opis testiranja in kalibracije

Ob vklopu glavnega stikala, ki je na sliki označen z modro barvo, se uklopi LCD prikazovalnik z uvodnim sporočilom, po nekaj sekundah se pa pojavi ura ki začne teči iz začetne vrednosti 00:00:01.

Nato preverimo napetosti v vezju tako, da izmerimo napetost na dveh testnih točkah, ki se nahajata pod prikazovalnikom. Prva testna točka je na spodnji sliki obkrožena z rdečo barvo in napetost na tej točki mora biti približno v intervalu 12V do 14V! Ta napetost predstavlja izhod iz step-up regulatorja, ki krmili močnostni driver oz. izhodne releje. Napetost iz step-up regulatorja, pa se še dodatno stabilizira preko linearnega regulatorja na nižjo stabilno napetost (5V) za vso krmilno logiko v sistemu. Dostop do te napetosti imamo na drugi testni točki, ki pa je označena z zeleno barvo in znaša točno 5V. Imamo še možnost reset celotne krmilne logike in je označeno z rumeno barvo na sliki.

Sistem smo kalibrirali programsko, tako da se je spreminjala konstantna vrednost ki jo naložimo v Timer0 v mikrokrmilniku, tako da ob sistemski uri (6MHz) Timer0 odšteje do 0, ravno v eni sekundi nakar se potem naredi prekinitev.



Slika 8: Prikaz testnih točk

Ocena stroškov

Moji stroški za izdelavo tega sistema so bili približno vrednost parih integriranih vezij in par pasivnih komponent. Releje sem našel na stari ploščici Gorenjskega pomivalnega stroja itd., tako da so skupni stroški prišli maksimalno do 35€. Podoben izdelek, ki sem ga našel ne internetu, le da ta ima lepše ohišje in en rele manj je ocenjen z približno 120€ (oz. 160 \$).

<http://www.omega.com/pptst/PTC-15.html>

4. ZAKLJUČEK

Možnosti nadgradnje

Ta sistem 6-ih timer-jev je možno tudi nadgraditi v programskem smislu. Imel sem idejo dodati oz. predelati enega od timer-jev, da ima možnost preklapljanja v intervalih. Na primer, da nastavimo interval v katerem se dogajajo vklopi in izklopi z določenimi časi, ki bi tudi bili nastavljivi. Na ploščici sta še dva prosta pin-a, ki sta namenjena za serijsko komunikacijo. Tudi tu vidim možnost nadgradnje, za daljinsko nastavljanje časov timer-jev in sprožitev oz. direktno krmiljenje izhodnih relejev in prikazovalnika.

Reference

1. Atmel ATmega32 datasheet
2. Texas Instruments ULN2003 datasheet
3. Motorola MC33063 datasheet

ATmega32

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 32K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 1024 Bytes EEPROM
 - 2K Byte Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega32L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega32L
 - 0 - 16 MHz for ATmega32
- Power Consumption at 1 MHz, 3V, 25°C for ATmega32L
 - Active: 1.1 mA
 - Idle Mode: 0.35 mA
 - Power-down Mode: < 1 µA

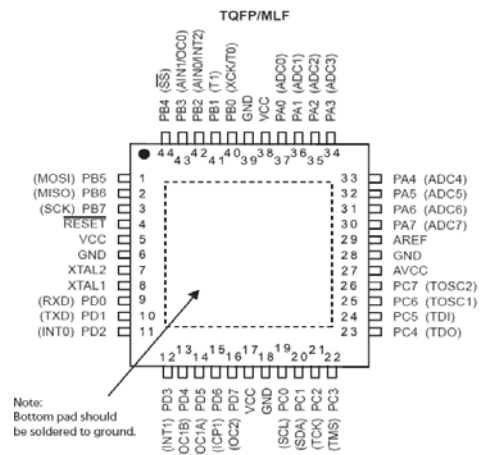
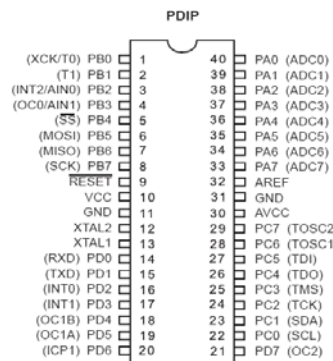
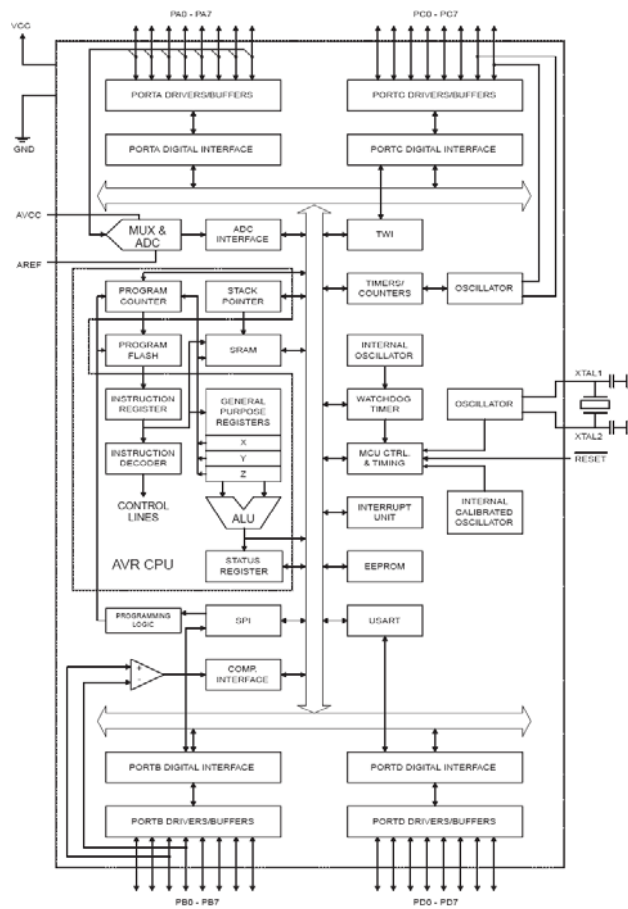


**8-bit AVR®
Microcontroller
with 32K Bytes
In-System
Programmable
Flash**

**ATmega32
ATmega32L**

Note: Not Recommended for new designs.





ULN2003**ULN200xA
ULN200xD1**

Seven darlington array

Features

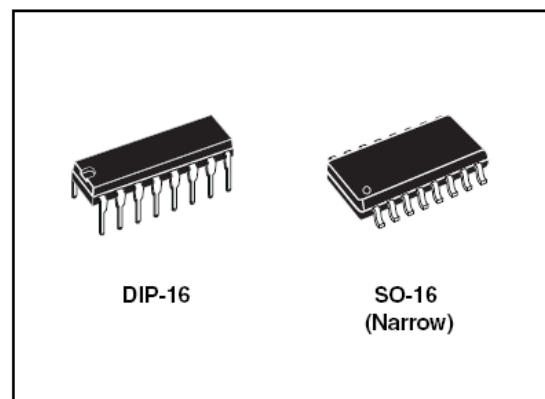
- Seven darlington pairs per package
- Output current 500 mA per driver (600 mA peak)
- Output voltage 50 V
- Integrated suppression diodes for inductive loads
- Outputs can be paralleled for higher current
- TTL/CMOS/PMOS/DTL Compatible inputs
- Inputs pinned opposite outputs to simplify layout

Description

The ULN2001, ULN2002, ULN2003 and ULN2004 are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500 mA and can withstand peak currents of 600 mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

The versions interface to all common logic families:

- ULN2001 (general purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS)
- ULN2002 (14-25V PMOS)
- ULN2003 (5V TTL, CMOS)
- ULN2004 (6-15V CMOS, PMOS)



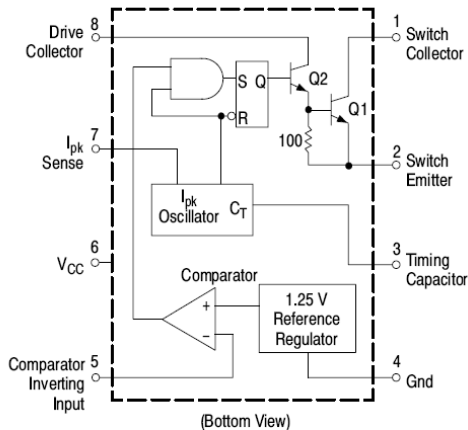
These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal printheads and high power buffers.

The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D1/2002D1/2003D1/2004D1.

MC33063**MC34063A, MC33063A,
NCV33063A****1.5 A, Step-Up/Down/
Inverting Switching
Regulators**

The MC34063A Series is a monolithic control circuit containing the primary functions required for DC-to-DC converters. These devices consist of an internal temperature compensated reference, comparator, controlled duty cycle oscillator with an active current limit circuit, driver and high current output switch. This series was specifically designed to be incorporated in Step-Down and Step-Up and Voltage-Inverting applications with a minimum number of external components. Refer to Application Notes AN920A/D and AN954/D for additional design information.

- Operation from 3.0 V to 40 V Input
- Low Standby Current
- Current Limiting
- Output Switch Current to 1.5 A
- Output Voltage Adjustable
- Frequency Operation to 100 kHz
- Precision 2% Reference

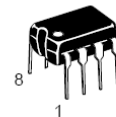


This device contains 51 active transistors.



ON Semiconductor®

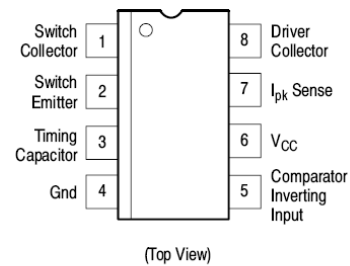
<http://onsemi.com>



PDIP-8
P, P1 SUFFIX
CASE 626



SO-8
D SUFFIX
CASE 751

PIN CONNECTIONS**ORDERING INFORMATION**

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 11 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 11 of this data sheet.

SLIKE