

# Integrirani računarski sistemi

## Uvod

Odsek za elektroniku

Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

poslednja izmena 7. april 2022



- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



## 1 Uvod

- Plan rada
- MSP430

## 2 Hello, world!

- Digitalni portovi
- Razvojno okruženje
  - Asemblerski projekat
  - C-ovski projekat
  - Kompajliranje
  - Debagovanje

## 3 Detekcija stanja tastera

## 4 Detekcija pritiska tastera

- Poliranje
- Prekid

## 5 Sedmosegmentni displej



- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debugovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej





## Računske vežbe

Kroz nekoliko konkretnih projektnih zadataka biće

- opisane najčešće korišćene periferije
- objašnjeno podešavanje tih periferija
- napisani programi koji obavljaju tražene funkcije
- prikazane osnovne tehnike razvoja koda za embedded sisteme

## Laboratorijske vežbe

- 3 laboratorijske vežbe, prva organizovana kao lab domaći
- Druge dve se izvode u laboratoriji 18 na dobijenom razvojnom sistemu



## Coding style

Kod pored funkcionalnosti treba da bude i „lepo“ napisan

- identacija
- bez „magičnih“ brojeva
- komentari komentari komentari
- ...

## Dokumentovanje

Korišćenjem Doxygen (<http://www.doxygen.org>) alata moguće je automatsko generisanje dokumentacije u HTML-u i/ili  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -u/PDF-u (ako se komentari u kodu pišu na odgovarajući način, što nije teško)



# Razvojno okruženje

Za potrebe razvoja softvera koristi se razvojno okruženje *Code Composer Studio v10*. Free verzija koja podržava pisanje svih aplikacija koje će biti razvijane u okviru kursa se može dohvatiti sa linka <http://www.ti.com/tool/ccstudio>

U okviru paketa integrisano je sve što je potrebno za razvoj koda (editor, assembler, C kompajler) i debugovanje (FET emulator) kao i alati (terminal)

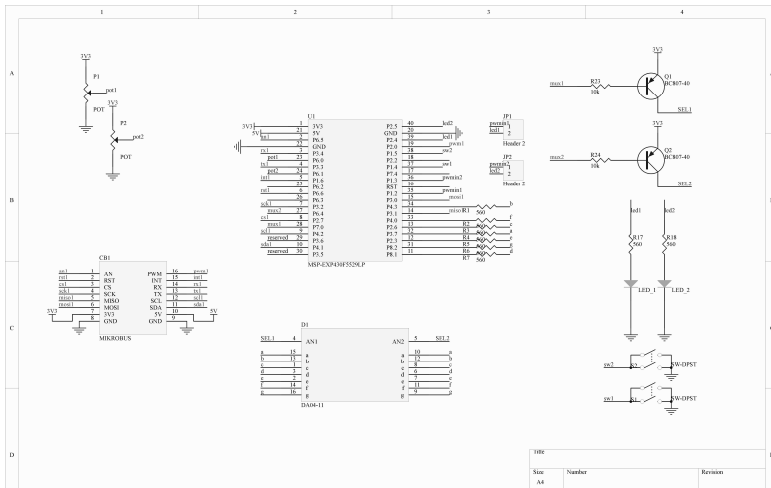
Zasnovan je na *Eclipse-u*, tako da je moguće proširiti funkcionalnost raznim *plugin-ovima*



# Razvojni sistem

Detaljna šema sistema dostupna je na:

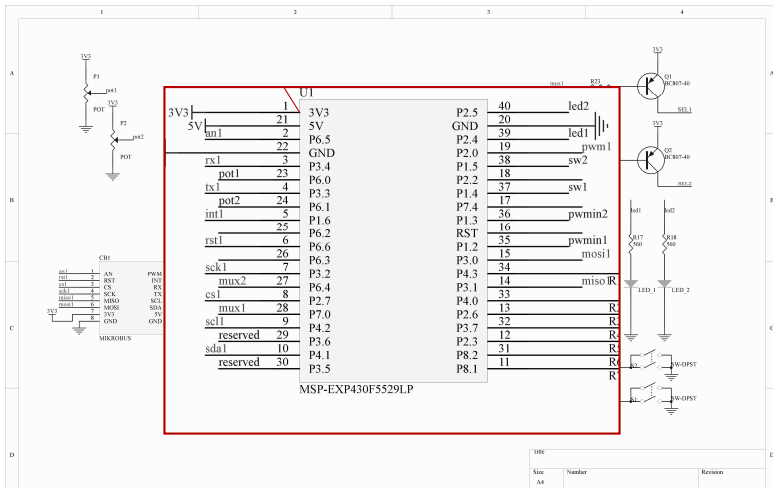
[http://tnt.etf.rs/~oe4irs/IRS2021-MSP5529\\_sch.pdf](http://tnt.etf.rs/~oe4irs/IRS2021-MSP5529_sch.pdf)



# Razvojni sistem

Detaljna šema sistema dostupna je na:

[http://tnt.etf.rs/~oe4irs/IRS2021-MSP5529\\_sch.pdf](http://tnt.etf.rs/~oe4irs/IRS2021-MSP5529_sch.pdf)



sedmica	pon	uto	sre	čet	pet	sub	ned
4-10.4.			<b>v1:11-14h</b>	<b>l1 start</b> 20h			<b>l1 stop</b> 20h
11-17.4.			<b>v2:14-17h</b>				
18-24.4.			<b>v3:14-17h</b>	<b>l2</b> 12-14h			
2-8.5.			<b>v4:14-17h</b>		<b>l3</b> 12-14h		



## 1 Uvod

- Plan rada
- **MSP430**

## 2 Hello, world!

- Digitalni portovi
- Razvojno okruženje
  - Asemblerski projekat
  - C-ovski projekat
  - Kompajliranje
  - Debagovanje

## 3 Detekcija stanja tastera

## 4 Detekcija pritiska tastera

- Poliranje
- Prekid

## 5 Sedmosegmentni displej



# Osobine MSP430 familije

Familija mikrokontrolera optimizovana za aplikacije sa baterijskim napajanjem

Veliki broj integrisanih periferija (tajmeri, komparatori, AD i DA konvertori, UART...)

16-/20-bitno procesorsko jezgro sa RISC arhitekturom

Podrška za JTAG





Familija MSP430 se deli na nekoliko podfamilija: MSP430x5xx, MSP430x6xx. . . Mi radimo sa mikrokontrolerom MSP430F5529, koji spada u podfamiliju **MSP430x5xx**

MSP430F5529 ima

- 128kB flash-a
- 8kB SRAM-a
- 4 16-bitna tajmera
- 12-bitni A/D konvertor sa 16 ulaza
- 2 USCI (Universal Serial Communication Interface)
- 63 GPIO pinova
- Full-speed universal serial bus (USB)
- hardverski množač
- DMA kontroler

# Detaljne informacije 1/2

## Datasheet

Detaljne informacije o mikrokontroleru MSP430F5529

<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f5529.pdf>

## User's guide

Detaljne informacije o familiji MSP430x5xx

<http://www.ti.com/lit/pdf/slau208>

## Erratasheet

Lista poznatih problema i grešaka sa mikrokontrolerom MSP430F5529

[https://www.ti.com/lit/er/slaz314ad/slaz314ad.pdf?ts=1649171121053&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FMSP430F5529%253FkeyMatch%253DMSP430F5529%2526tisearch%253Dsearch-everything%2526usecase%253DGPN](https://www.ti.com/lit/er/slaz314ad/slaz314ad.pdf?ts=1649171121053&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FMSP430F5529%253FkeyMatch%253DMSP430F5529%2526tisearch%253Dsearch-everything%2526usecase%253DGPN)

# Detaljne informacije 2/2

Website, uvek ažuran: <https://www.ti.com/product/MSP430F5529>

[Products](#)[Applications](#)[Design resources](#)[Quality & reliability](#)[Support & training](#)[About TI](#)

[Home](#) / [Microcontrollers \(MCUs\) & processors](#) ▾ / [Microcontrollers \(MCUs\)](#) ▾ / [MSP430 microcontrollers](#) ▾

[Subscribe to updates](#)

## MSP430F5529 ACTIVE

[Order now](#)

25 MHz MCU with 128KB Flash, 8KB SRAM, 12-bit ADC, comparator, DMA, UART/SPI/I2C, USB, HW multiplier

[DATA SHEET](#) [MSP430F552x, MSP430F551x Mixed-Signal Microcontrollers datasheet \(Rev. P\)](#) | [Online data sheet](#)

### USER GUIDES

[MSP430x5xx and MSP430x6xx Family User's Guide \(Rev. Q\)](#)

### ERRATA

[MSP430F5529 Device Erratasheet \(Rev. AC\)](#)

[Product details](#) | [Technical documentation](#) | [Design & development](#) | [Ordering & quality](#) | [Support & training](#)

## Product details

[Parameters](#) | [Package | Pins | Size](#) | [Features](#) | [Description](#)

Non-volatile memory (kB)

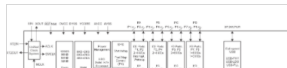
128

Odsek za elektroniku

13E044IRS

ETF Beograd

14 / 95



# Detaljne informacije 2/2

Website, uvek ažuran: <https://www.ti.com/product/MSP430F5529>



Home / Microcontrollers (MCUs) & processors ▾ / Microcontrollers (MCUs) ▾ / MSP430 microcontrollers ▾

[Subscribe to updates](#)

## MSP430F5529 ACTIVE

[Order now](#)

25 MHz MCU with 128KB Flash, 8KB SRAM, 12-bit ADC, comparator, DMA, UART/SPI/I2C, USB, HW multiplier

**DATA SHEET** [MSP430F552x, MSP430F551x Mixed-Signal Microcontrollers datasheet \(Rev. P\)](#) | [Online data sheet](#)

### USER GUIDES

[MSP430x5xx and MSP430x6xx Family User's Guide \(Rev. Q\)](#)

### ERRATA

[MSP430F5529 Device Erratasheet \(Rev. AC\)](#)

**DATA SHEET** [MSP430F552x, MSP430F551x Mixed-Signal Microcontrollers datasheet \(Rev. P\)](#) | [Online data sheet](#)

### USER GUIDES

[MSP430x5xx and MSP430x6xx Family User's Guide \(Rev. Q\)](#)

### ERRATA

[MSP430F5529 Device Erratasheet \(Rev. AC\)](#)

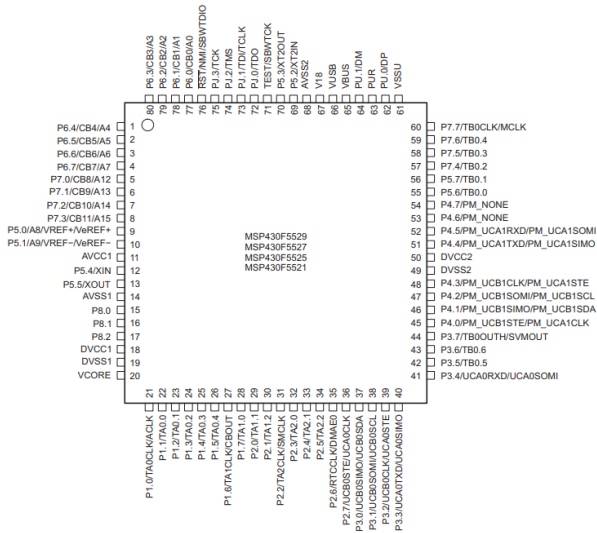


Figure 7-1. 80-Pin PN Package (Top View) – MSP430F5529IPN, MSP430F5527IPN, MSP430F5525IPN, MSP430F5521IPN

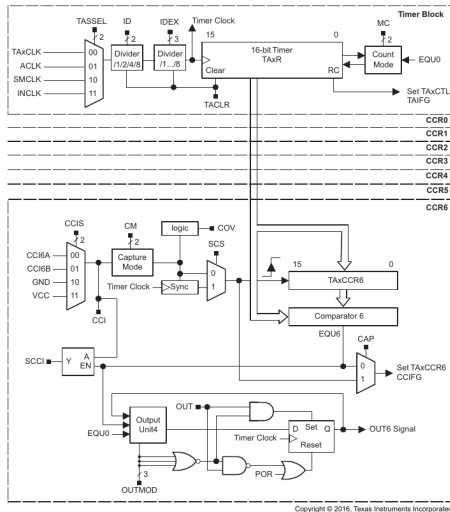


# User's guide

contents		
> 3	Battery Backup System	124
> 4	Auxiliary Supply System (AUX)	132
> 5	Unified Clock System (UCS)	159
> 6	CPUX	186
> 7	Flash Memory Controller	342
> 8	Memory Integrity Detection (...)	366
> 9	RAM Controller (RAMCTL)	374
> 10	Backup RAM	378
> 11	Direct Memory Access (DMA...)	380
> 12	Digital I/O Module	408
> 12.1	Digital I/O Introduction	409
> 12.2	Digital I/O Operation	410
> 12.3	I/O Configuration and ...	413
> 12.4	Digital I/O Registers	416
> 13	Port Mapping Controller	428
> 14	Cyclic Redundancy Check (C...)	433
> 15	AES Accelerator	441
> 16	Watchdog Timer (WDT_A)	453
> 17	Timer_A	460
> 18	Timer_B	482
> 19	Timer_D	507
> 20	Timer Event Control (TEC)	547
> 21	Real-Time Clock (RTC) Overv...	564
> 22	Real-Time Clock (RTC_A)	565
> 23	Real-Time Clock B (RTC_B)	594
> 24	Real-Time Clock C (RTC_C)	622
> 25	32-Bit Hardware Multiplier (...)	672
> 26	REF	690
> 27	ADC10_A	703
> 28	ADC12_A	730
> 29	SD24_B	761
> 30	CTSD16	795
> 31	ADC12_A	822
> 32	Comparator B (Comp_B)	842
> 33	Operational Amplifier (OA)	858
> 34	LCD_B Controller	868
> 35	LCD_C Controller	902
> 36	Universal Serial Communica...	936
> 37	Universal Serial Communica...	967
> 38	Universal Serial Communica...	993
> 39	Enhanced Universal Serial ...	1025
> 40	Enhanced Universal Serial ...	1055
> 41	Enhanced Universal Serial ...	1079
> 42	USB Module	1119
> 43	LDO-PWR Module	1176
> 44	Embedded Emulation Modul...	1184

### Timer A Introduction

www.ti.com



**Figure 17-1. Timer\_A Block Diagram**



# Adresni prostor MSP430F5529

Table 9-2. Memory Organization <sup>(1)</sup>

		MSP430F5522 MSP430F5521 MSP430F5513	MSP430F5525 MSP430F5524 MSP430F5515 MSP430F5514	MSP430F5527 MSP430F5526 MSP430F5517	MSP430F5529 MSP430F5528 MSP430F5519
Memory (flash) Main: interrupt vector	Total Size	32KB 00FFFFh to 00FF80h	64KB 00FFFFh to 00FF80h	96KB 00FFFFh to 00FF80h	128KB 00FFFFh to 00FF80h
Main: code memory	Bank D	N/A	N/A	N/A	32KB 0243FFh to 01C400h
	Bank C	N/A	N/A	32KB 01C3FFh to 014400h	32KB 01C3FFh to 014400h
	Bank B	15KB 00FFFFh to 00C400h	32KB 0143FFh to 00C400h	32KB 0143FFh to 00C400h	32KB 0143FFh to 00C400h
	Bank A	17KB 00C3FFh to 008000h	32KB 00C3FFh to 004400h	32KB 00C3FFh to 004400h	32KB 00C3FFh to 004400h
RAM	Sector 3	2KB <sup>(2)</sup> 0043FFh to 003C00h	N/A	N/A	2KB 0043FFh to 003C00h
	Sector 2	2KB <sup>(3)</sup> 003BFFh to 003400h	N/A	2KB 003BFFh to 003400h	2KB 003BFFh to 003400h
	Sector 1	2KB 0033FFh to 002C00h	2KB 0033FFh to 002C00h	2KB 0033FFh to 002C00h	2KB 0033FFh to 002C00h
	Sector 0	2KB 002BFFh to 002400h	2KB 002BFFh to 002400h	2KB 002BFFh to 002400h	2KB 002BFFh to 002400h
USB RAM <sup>(4)</sup>	Sector 7	2KB 0023FFh to 001C00h	2KB 0023FFh to 001C00h	2KB 0023FFh to 001C00h	2KB 0023FFh to 001C00h
Information memory (flash)	Info A	128 bytes 0019FFh to 001980h	128 bytes 0019FFh to 001980h	128 bytes 0019FFh to 001980h	128 bytes 0019FFh to 001980h
	Info B	128 bytes 00197Fh to 001900h	128 bytes 00197Fh to 001900h	128 bytes 00197Fh to 001900h	128 bytes 00197Fh to 001900h
	Info C	128 bytes 0018FFh to 001880h	128 bytes 0018FFh to 001880h	128 bytes 0018FFh to 001880h	128 bytes 0018FFh to 001880h
	Info D	128 bytes 00187Fh to 001800h	128 bytes 00187Fh to 001800h	128 bytes 00187Fh to 001800h	128 bytes 00187Fh to 001800h
Bootloader (BSL) memory (flash)	BSL 3	512 bytes 0017FFh to 001600h	512 bytes 0017FFh to 001600h	512 bytes 0017FFh to 001600h	512 bytes 0017FFh to 001600h
	BSL 2	512 bytes 0015FFh to 001400h	512 bytes 0015FFh to 001400h	512 bytes 0015FFh to 001400h	512 bytes 0015FFh to 001400h
	BSL 1	512 bytes 0013FFh to 001200h	512 bytes 0013FFh to 001200h	512 bytes 0013FFh to 001200h	512 bytes 0013FFh to 001200h
	BSL 0	512 bytes 0011FFh to 001000h	512 bytes 0011FFh to 001000h	512 bytes 0011FFh to 001000h	512 bytes 0011FFh to 001000h
Peripherals	Size	4KB 000FFFh to 0h	4KB 000FFFh to 0h	4KB 000FFFh to 0h	4KB 000FFFh to 0h



# Memorijska mapa periferija

MODULE NAME	BASE ADDRESS	OFFSET ADDRESS RANGE
Special Functions (see Table 9-16)	0100h	000h to 01Fh
PMM (see Table 9-17)	0120h	000h to 010h
Flash Control (see Table 9-18)	0140h	000h to 00Fh
CRC16 (see Table 9-19)	0150h	000h to 007h
RAM Control (see Table 9-20)	0158h	000h to 001h
Watchdog (see Table 9-21)	015Ch	000h to 001h
UCS (see Table 9-22)	0160h	000h to 01Fh
SYS (see Table 9-23)	0180h	000h to 01Fh
Shared Reference (see Table 9-24)	01B0h	000h to 001h
Port Mapping Control (see Table 9-25)	01C0h	000h to 002h
Port Mapping Port P4 (see Table 9-25)	01E0h	000h to 007h
Port P1 and P2 (see Table 9-26)	0200h	000h to 01Fh
Port P3 and P4 (see Table 9-27)	0220h	000h to 00Bh
Port P5 and P6 (see Table 9-28)	0240h	000h to 00Bh
Port P7 and P8 (see Table 9-29)	0260h	000h to 00Bh
Port PJ (see Table 9-30)	0320h	000h to 01Fh
TA0 (see Table 9-31)	0340h	000h to 02Eh
TA1 (see Table 9-32)	0380h	000h to 02Eh
TB0 (see Table 9-33)	03C0h	000h to 02Eh
TA2 (see Table 9-34)	0400h	000h to 02Eh
Real-Time Clock (RTC_A) (see Table 9-35)	04A0h	000h to 01Bh
32-Bit Hardware Multiplier (see Table 9-36)	04C0h	000h to 02Fh
DMA General Control (see Table 9-37)	0500h	000h to 00Fh
DMA Channel 0 (see Table 9-37)	0510h	000h to 00Ah
DMA Channel 1 (see Table 9-37)	0520h	000h to 00Ah
DMA Channel 2 (see Table 9-37)	0530h	000h to 00Ah
USCI_A0 (see Table 9-38)	05C0h	000h to 01Fh
USCI_B0 (see Table 9-39)	05E0h	000h to 01Fh
USCI_A1 (see Table 9-40)	0600h	000h to 01Fh
USCI_B1 (see Table 9-41)	0620h	000h to 01Fh
ADC12_A (see Table 9-42)	0700h	000h to 03Eh
Comparator_B (see Table 9-43)	08C0h	000h to 00Fh
USB Configuration (see Table 9-44)	0900h	000h to 014h
USB Control (see Table 9-45)	0920h	000h to 01Fh





- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debugovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



# Hello, world!

## "Hello, world!" program

Jednostavna aplikacija koja služi da se potvrdi funkcionalnost

## Šta je "Hello, world!" program za mikrokontroler?

- nemamo `stdout`, pa samim tim ni `printf`
- imamo sedmosegmentni displej, ali ispis na njega zahteva neki trud, što nije poenta "Hello, world!" programa

Jednostavan način za signalizaciju jeste da koristimo dostupne LED diode



# Zadatak – treperenje diode

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem kojim se implementira treperenje LED diode sa periodom od  $\sim 200$  ms.

## Napomene

- *LED diode su vezane na GPIO pinove, kojima se upravlja preko Digitalnih portova*



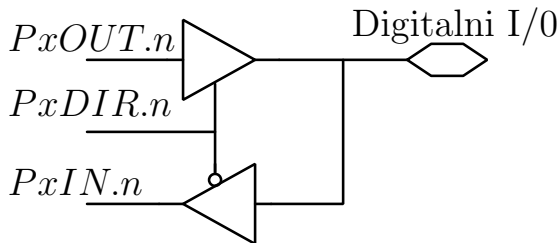
- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



# Digitalni portovi

Svaki port se kontroliše sa šest registara ( $PxDIR$ ,  $PxIN$ ,  $PxOUT$ ,  $PxREN$ ,  $PxDS$ ,  $PxSEL$ )

- postoji 8 pinova po portu
- svakom pinu odgovara jedan bit u registrima



**Figure 12-11. PxDIR Register**

7	6	5	4	3	2	1	0
PxDIR							
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0

**Table 12-13. PxDIR Register Description**

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-0	PxDIR	RW	0h	Port x direction 0b = Port configured as input 1b = Port configured as output



**Figure 12-9. PxIN Register**

7	6	5	4	3	2	1	0
PxIN							
r	r	r	r	r	r	r	r

**Table 12-11. PxIN Register Description**

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-0	PxIN	R	undefined	Port x input. Read only.

- očitani bit = 0 - na ulazu je nizak logički nivo
- očitani bit = 1 - na ulazu je visok logički nivo



**Figure 12-10. PxOUT Register**

7	6	5	4	3	2	1	0
PxOUT							
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

**Table 12-12. PxOUT Register Description**

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-0	PxOUT	RW	undefined	Port x output When I/O configured to output mode: 0b = Output is low 1b = Output is high When I/O configured to input mode and pullups/pulldowns enabled: 0b = Pulldown selected 1b = Pullup selected





**Figure 12-12. PxREN Register**

7	6	5	4	3	2	1	0
PxREN							
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0

**Table 12-14. PxREN Register Description**

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-0	PxREN	RW	0h	Port x pullup or pulldown resistor enable. When respective port is configured as input, setting this bit will enable the pullup or pulldown. See <a href="#">Table 12-1</a> 0b = Pullup or pulldown disabled 1b = Pullup or pulldown enabled



**Figure 12-14. PxSEL Register**

7	6	5	4	3	2	1	0
PxSEL							
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0

**Table 12-16. PxSEL Register Description**

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-0	PxSEL	RW	0h	Port x function selection 0b = I/O function is selected 1b = Peripheral module function is selected

U *datasheet*-u je za svaki pin navedeno kako treba da se podesi PxSEL (i eventualno PxDIR ili neki drugi registri) da bi se ostvarila odgovarajuća funkcionalnost na tom pinu



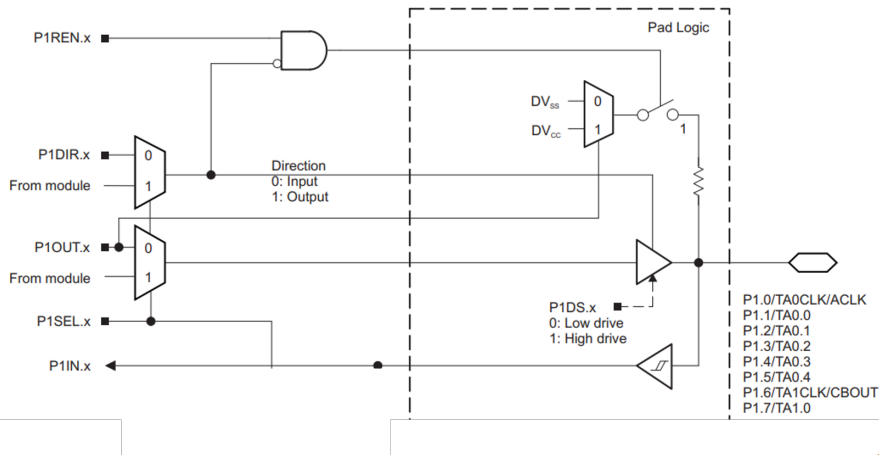
# Datasheet primer za odabir funkcije pina

**Table 6-43. Port P1 (P1.0 to P1.7) Pin Functions**

PIN NAME (P1.x)	x	FUNCTION	CONTROL BITS OR SIGNALS	
			P1DIR.x	P1SEL.x
P1.0/TA0CLK/ACLK	0	P1.0 (I/O)	I: 0; O: 1	0
		TA0.TA0CLK	0	1
		ACLK	1	1
P1.1/TA0.0	1	P1.1 (I/O)	I: 0; O: 1	0
		TA0.CCI0A	0	1
		TA0.0	1	1
P1.2/TA0.1	2	P1.2 (I/O)	I: 0; O: 1	0
		TA0.CCI1A	0	1
		TA0.1	1	1
P1.3/TA0.2	3	P1.3 (I/O)	I: 0; O: 1	0
		TA0.CCI2A	0	1
		TA0.2	1	1



# Digitalni portovi - detaljnije



# Prekidi na portovima P1 i P2

Na portovima P1 i P2 moguće je generisati prekid pri promeni stanja pina

Prilikom inicijalizacije potrebno je konfigurati ivicu ulaznog signala na koju se generiše prekid i dozvoliti generisanje prekida putem odgovarajućih registara



**Figure 12-5. P1IFG Register**

7	6	5	4	3	2	1	0
P1IFG							
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0

**Table 12-7. P1IFG Register Description**

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-0	P1IFG	RW	0h	Port 1 interrupt flag 0b = No interrupt is pending 1b = Interrupt is pending



**Figure 12-6. P2IES Register**

7	6	5	4	3	2	1	0
P2IES							
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

**Table 12-8. P2IES Register Description**

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-0	P2IES	RW	undefined	Port 2 interrupt edge select 0b = P2IFG flag is set with a low-to-high transition. 1b = P2IFG flag is set with a high-to-low transition.



**Figure 12-7. P2IE Register**

7	6	5	4	3	2	1	0
P2IE							
rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0	rw-0

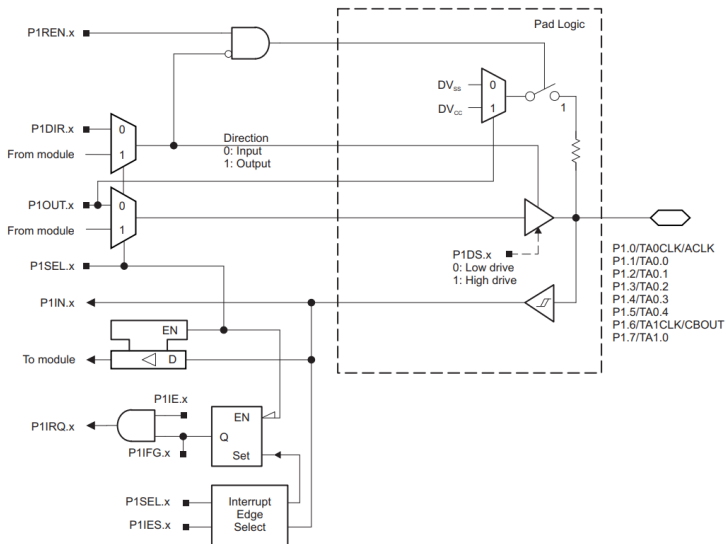
**Table 12-9. P2IE Register Description**

Bit	Field	Type	Reset	Description
7-0	P2IE	RW	0h	Port 2 interrupt enable 0b = Corresponding port interrupt disabled 1b = Corresponding port interrupt enabled

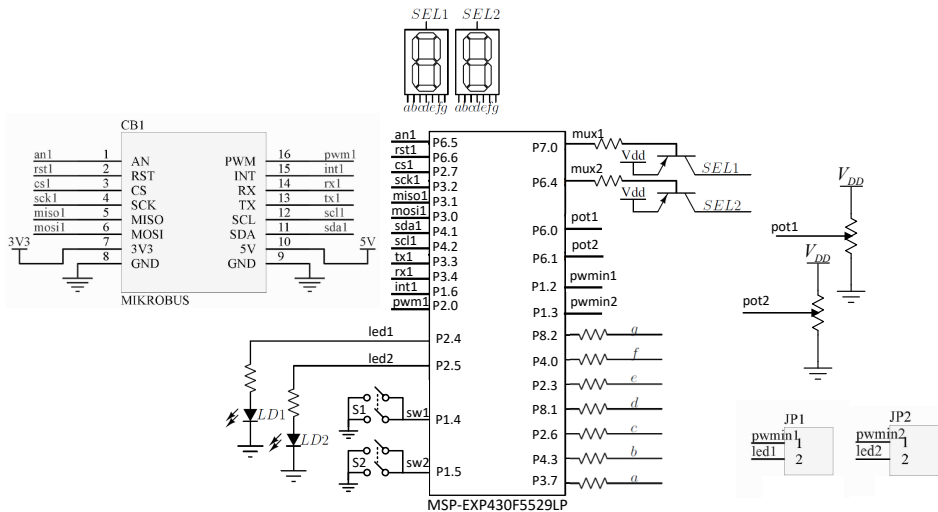




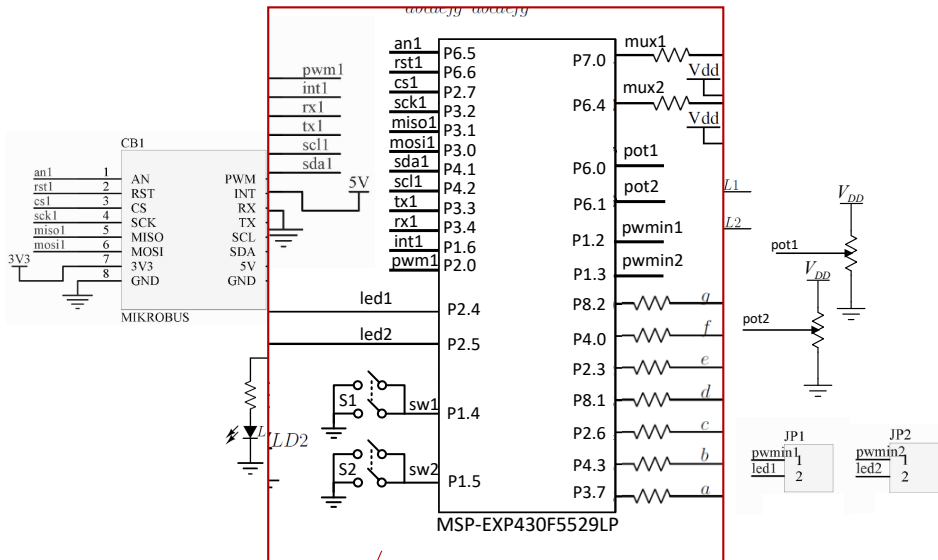
# Digitalni portovi - potpun opis



# Opis hardvera



# Opis hardvera



# Zadatak – treperenje diode

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem kojim se implementira treperenje LED diode sa periodom od  $\sim 200$  ms.

## Napomene

- LED diode su vezane na GPIO pinove, kojima se upravlja preko *Digitalnih portova*
- *Potrebno je koristiti razvojno okruženje*



- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



Razvoj softvera za namenske sisteme moguće u različitim razvojnim okruženjima

## Primeri

- 1 Eclipse - univerzalno, ne samo za mikrokontrolere
- 2 IAR EW - različiti mikrokontroleri podržani (ARM, MSP430...)
- 3 Code Composer Studio - različiti mikrokontroleri koje proizvodi TI podržani (ARM, MSP430, DSP)
- 4 Keil - samo za određeni mikrokontroler (ARM)



# Osnovni elementi razvojnog okruženja

- Editor
  - syntax highlighting
  - code completion
- Asembler
- C/C++ kompajler
- Debugger

U suštini, nema velikih razlika i lako je preći sa jednog na drugo



Free verzija koja podržava pisanje svih aplikacija koje će biti razvijane u okviru kursa se može dohvatiti sa linka

<http://www.ti.com/tool/ccstudio>

Dokumentacija je dostupna na

<https://www.ti.com/lit/ug/slau157as/slau157as.pdf>

Kompajler koji koristimo je TI kompajler. Moguće je korišćenje i GCC kompajlera ali to (za sada) nije pokriveno ovim uputstvom





# Zadatak – treperenje diode

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem kojim se implementira treperenje LED diode sa periodom od  $\sim 200$  ms.

## Napomene

- LED diode su vezane na GPIO pinove, kojima se upravlja preko *Digitalnih portova*
- Potrebno je koristiti razvojno okruženje za
  - *kreiranje projekta*



- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



# Asemblerski projekat

Projekat u kojem se program piše samo u assembleru

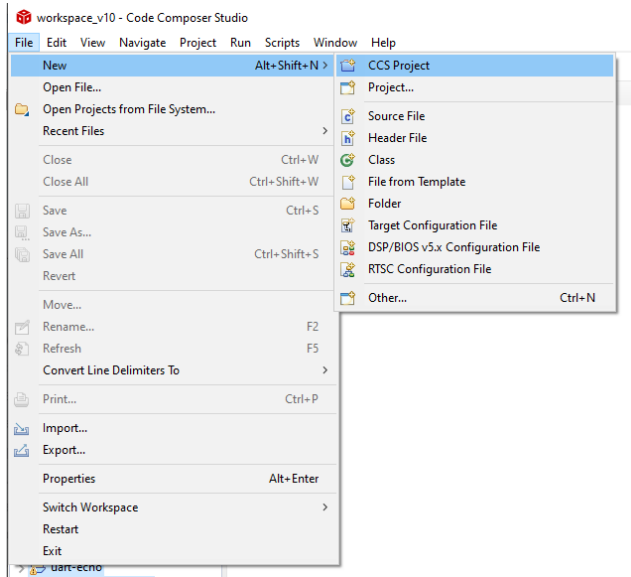
Neophodno da programer vodi računa o

- postavljanju RESET vektora
- inicijalizaciji stek pointera
- sekcijama u koje se smeštaju kod i promenljive
- ...

*With great power comes great responsibility*



# Kreiranje projekta



Potrebno podesiti

- MSP430F5529
- čisto asemblerski projekat

New CCS Project

**New CCS Project**

Project name must be specified

Target: MSP430x5xx Family **MSP430F5529**

Connection: TI MSP430 USB1 [Default] Identify...

MSP430

Project name:

☒ Use default location

Location: C:\Users\mejas\workspace\_v10 Browse...

Compiler version: TI v20.2.4.LTS More...

Project type and tool-chain

Project templates and examples

type filter text

- Empty Projects
  - Empty Project
  - Empty Project (with main.c)
  - Empty Assembly-only Project**
  - Empty RTSC Project
- Basic Examples
  - Blink The LED
  - Hello World

Creates an empty assembly-only project initialized for the selected device.

Open [Resource Explorer](#) to browse a wide selection of example projects...

Open [Import Wizard](#) to find local example projects for selected device...

? < Back Next > Finish Cancel

# Osnovni fajl

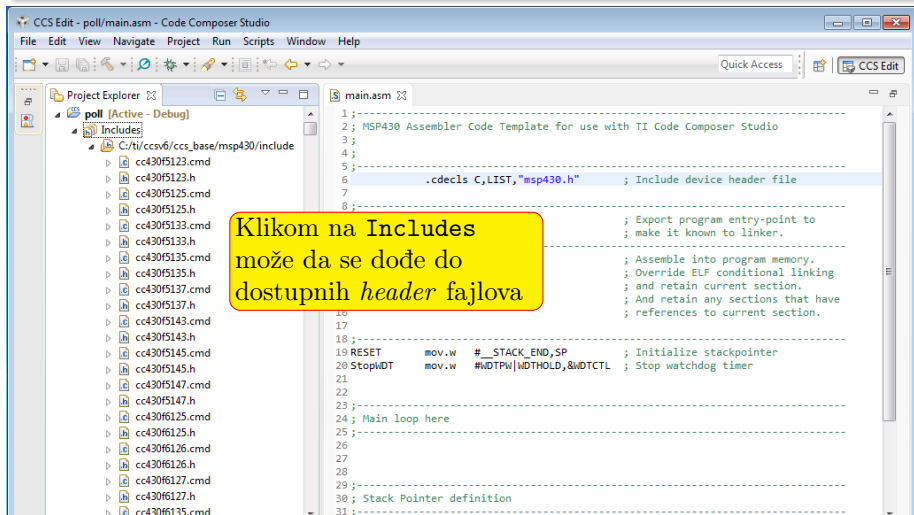
The screenshot displays the CCS Edit interface for the file `poll/main.asm`. The Project Explorer on the left shows the project structure: `poll [Active - Debug]` containing `Includes`, `Debug`, `targetConfigs`, `lnk_msp430f5438a.cmd`, and `main.asm`. The main editor shows the assembly code for the MSP430, with several key sections highlighted by red boxes and annotated with yellow callouts:

- Fajl sa opisom hardverskih specifičnosti izabranog mikrokontrolera**: Points to the `.cdecls C,LIST,"msp430.h"` directive (line 6).
- Asemblerska direktiva koja ukazuje da je niz instrukcija koji slede potrebno postaviti u programsku memoriju**: Points to the `.text` directive (line 12).
- Inicijalizacija Stack pointer-a (SP)**: Points to the `mov.w #STACK_END,SP` instruction (line 19).
- Isključivanje Watchdog tajmera**: Points to the `mov.w #WDTPW|WDTHOLD,&WDCTL` instruction (line 20).
- Prostor za pisanje korisničkog programa**: Points to the `.global __STACK_END` and `.sect .stack` definitions (lines 32-34).
- Postavljanje reset vektora**: Points to the `.sect ".reset"` and `.short RESET` definitions (lines 38-39).

The code also includes a `.def RESET` directive (line 9) and a `.retain` directive (line 13). The main loop is indicated by a comment on line 24: `; Main loop here`.

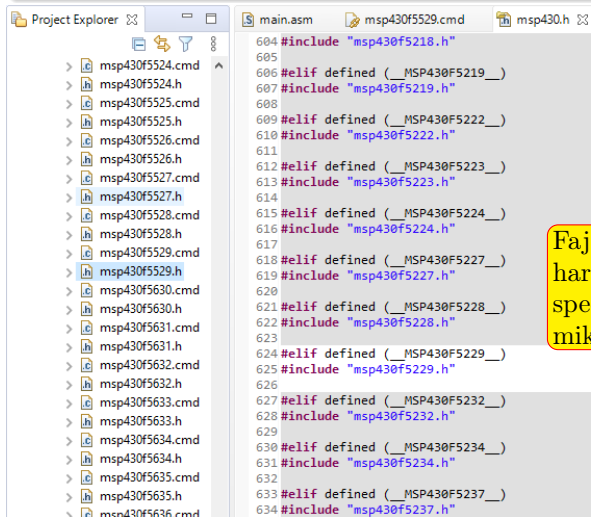
# Hardverske specifičnosti 1/2

mcp430.h je opšti *include* fajl za celu MSP430 familiju



# Hardverske specifičnosti 2/2

Unutar fajla `mcp430.h` definisanim makroima se uključuje fajl za izabrani mikrokontroler



```
604 #include "mcp430f5218.h"
605
606 #elif defined (__MSP430F5219__)
607 #include "mcp430f5219.h"
608
609 #elif defined (__MSP430F5222__)
610 #include "mcp430f5222.h"
611
612 #elif defined (__MSP430F5223__)
613 #include "mcp430f5223.h"
614
615 #elif defined (__MSP430F5224__)
616 #include "mcp430f5224.h"
617
618 #elif defined (__MSP430F5227__)
619 #include "mcp430f5227.h"
620
621 #elif defined (__MSP430F5228__)
622 #include "mcp430f5228.h"
623
624 #elif defined (__MSP430F5229__)
625 #include "mcp430f5229.h"
626
627 #elif defined (__MSP430F5232__)
628 #include "mcp430f5232.h"
629
630 #elif defined (__MSP430F5234__)
631 #include "mcp430f5234.h"
632
633 #elif defined (__MSP430F5237__)
634 #include "mcp430f5237.h"
```

Fajl sa opisom  
hardverskih  
specifičnosti izabranog  
mikrokontrolera





# Direktive asemblera

Program predstavlja niz asemblerskih instrukcija i podataka smeštenih negde u memoriji. Da bi se asembleru reklo gde se i na koji način smeštaju ti blokovi instrukcija ili podataka koriste se direktive asemblera

Direktive asemblera su instrukcije kojima programer vodi asembler u cilju prevođenja asemblerskog koda na odgovarajući željeni način



Ovom direktivom se navedeni simbol čini vidljivim iz ostalih modula

Simbol WriteLed se čini vidljivim izvan ovog modula

WriteLed definisan u nekom drugom modulu

Direktiva koja ukazuje da niz podataka koji sledi treba da se smesti u segment konstanti (flash memorija)

Direktivom .byte se deklariše osmootbitna konstanta

Direktiva koja ukazuje da niz instrukcija koje sledi treba da se smesti negde u programskoj memoriji

```

function.asm
1      .cdecls C,LIST,"msp430.h"      ; Include device header file
2
3      ; Include device header file
4
5      .def WriteLed
6
7      .sect .const
8      .byte 0x7e
9      .byte 0x30
10     .byte 0x6d
11     .byte 0x79
12     .byte 0x33
13     .byte 0x5b
14     .byte 0x5f
15     .byte 0x70
16     .byte 0x7f
17     .byte 0x7b
18
19     .text
20     mov.b segtab(R12),P6OUT      ; indeksiranje tabele segme
21     ret
22
23     .end
24
25
26
27
28 setup    bis.b #0x78,P4DIR      ; LE diode su na portu P4
29          bis.b #0x7f,P6DIR      ; inicijalizacija portova P6 i
30
31          bic.b #0x7f,P6OUT      ; inicijalno su
32          bis.b #0x02,P11DIR      ; aktivira se
33          bic.b #0x02,P11OUT      ; svi portovi
34
35 loop     mov.b P2IN,R9          ; učitava stanje
36          mov.b R9,R8            ; cuvanje istog
37          bit.b #0x80,R9         ; testira bit
38          jz ledon              ; da ih nema po
39          bic.b #0x08,P4OUT      ; isključuje di
40          jmp edge              ;
41 ledon    bis.b #0x08,P4OUT      ; uključuje diodu LD1
42
43 edge     xor.b #0x80,R9         ; ako je bit 2 u R9 jednak 0 posle c
44          ; operacije ce biti jednak 1
45          and.b R7,R9            ;
46          mov.b R8,R7           ; prebacivanje novog stanja porta u

```



- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



Projekat u kojem se program piše u C/C++, može i assembler

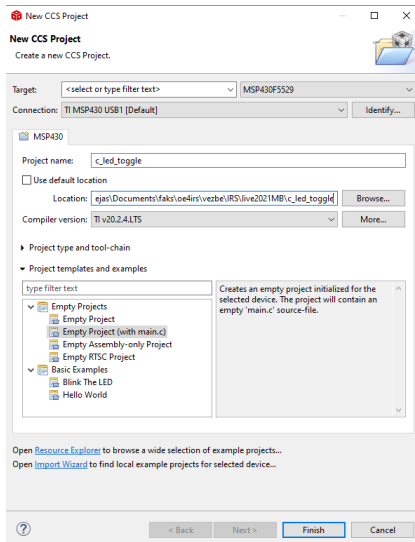
Kompajler vodi računa o svemu (sem o delu koji je pisan u assembleru)

Potrebno biti pažljiv prilikom kombinovanja C-a i assemblera



# Kreiranje projekta

S obzirom da je tražena implementacija u C-u, u dijalogu kreiranja projekta bira se C-ovski template



# Osnovni fajl

Predefinisani template za C-ovski projekat prikazan je na slici

The image shows a screenshot of the Code Composer Studio (CCS) IDE with the file `main.c` open. The file contains the following code:

```
1 #include <msp430.h>
2
3 /*
4  * main.c
5  */
6 int main(void) {
7     WDCTL = WDTPW | WDTHOLD; // Stop watchdog timer
8
9     return 0;
10 }
11
```

Annotations in yellow boxes point to specific parts of the code and the IDE interface:

- Fajl sa opisom hardverskih specifičnosti izabranog mikrokontrolera**: Points to the `#include <msp430.h>` line.
- Osnovna main funkcija programa**: Points to the `int main(void) {` line.
- Isključivanje Watchdog tajmera**: Points to the `WDCTL = WDTPW | WDTHOLD;` line.
- Vrednost koju funkcija vraća**: Points to the `return 0;` line.
- Struktura projekta**: Points to the Project Explorer on the left, showing the `uart` project structure.

A second screenshot on the right shows the `main.asm` file, which is the assembly code generated from the C code. It includes comments and assembly instructions for the MSP430 microcontroller.

# Zadatak – treperenje diode

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem kojim se implementira treperenje LED diode sa periodom od  $\sim 200$  ms .

## Napomene

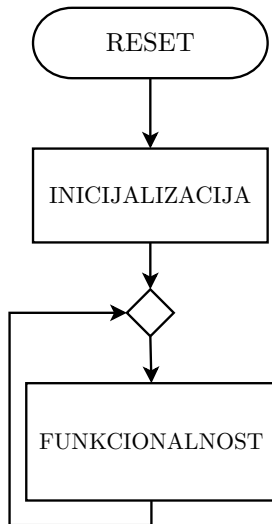
- LED diode su vezane na GPIO pinove, kojima se upravlja preko *Digitalnih portova*
- Potrebno je koristiti razvojno okruženje za
  - kreiranje projekta
  - razvoj koda





## mikrokontrolerska aplikacija

- sastoji se iz dva dela
  - inicijalizacija
  - beskonačna petlja
- nema kraj
  - za razliku od aplikacije koja se izvršava u okviru OS, *baremetal* aplikacija se jedina izvršava na mikrokontroleru



# Asemblerska realizacija

```
.cdecls C,LIST,"msp430.h"      ; Include device header file
;-----
.def      RESET                 ; Export program entry-point to
;                               ; make it known to linker.
;-----
.text
RESET     mov.w    #_STACK_END,SP      ; Assemble into program memory.
StopWDT   mov.w    #WDTPW|WDTHOLD,&WDTCTL ; Initialize stackpointer
;                               ; Stop watchdog timer
;-----
        bis.b     #BIT4,&P2DIR         ; Configure P2.4 as out
;-----
; Main loop here
;-----
loop:     mov.w    #0x8888,R9           ; use R9 as counter
wait:     dec      R9                  ; decrement counter
        jnz       wait                ; jump to wait if R9 > 0
        xor.b     #BIT4,&P2OUT         ; toggle P2.4
        jmp       loop
        nop
;-----
; Stack Pointer definition
;-----
.global __STACK_END
.sect     .stack
;-----
; Interrupt Vectors
;-----
.sect     ".reset"                 ; MSP430 RESET Vector
.short   RESET
```

Inicijalizacija

Funkcionalnost



# C-ovska realizacija

Inicijalizacija

```
int main(void)
{
    WDTCTL = WDTPW | WDTHOLD; // Stop watchdog timer

    P2DIR |= BIT4;             // Configure P2.4 as out

    while (1)
    {
        // wait and toggle
        __delay_cycles(104857);
        P2OUT ^= BIT4;         // Toggle P2.4
    }
}
```

Funkcionalnost



# Zadatak – treperenje diode

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem kojim se implementira treperenje LED diode sa periodom od  $\sim 200$  ms.

## Napomene

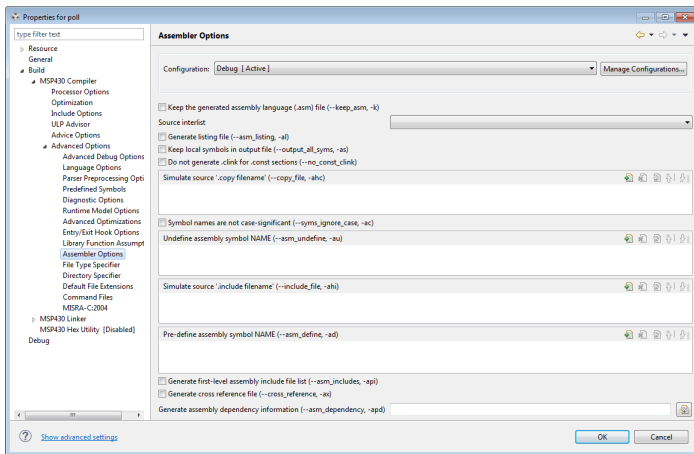
- LED diode su vezane na GPIO pinove, kojima se upravlja preko *Digitalnih portova*
- Potrebno je koristiti razvojno okruženje za
  - kreiranje projekta
  - razvoj koda
  - *asembliranje/kompajliranje*



- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



Asembliranje je proces prevođenja asemblerskog (simboličkog) u mašinski kod. Alat koja to radi zove se assembler



# Proces asembliranja

Izveštaj o procesu asembliranja nalazi se u list fajlu

```
main.asm
7
8
9 .def RESET ; Export program entry-point
10 ; make it known to linker
11 .ref WriteLed
12
13 .text ; Assemble into program memory
14 .retain ; Override ELF conditional
15 ; and retain current section
16 .retainrefs ; And retain any sections
```

Svaka instrukcija se prevodi u mašinski kod

```
main.lst
3227 16 .retainrefs ; and re
3228 17 ; refere
3229 18
3230 19 ;
3231 20 000000 4031 RESET mov.w #__STACK_END,SP ;
3232 000002 0000!
3233 21 000004 40B2 StopWDT mov.w #WDTW|WDTHOLD,&WDCTL ; Stop
3234 000006 5A80
3235 000008 0000!
```

Sadržaj memorije, tj. mašinski kod ove instrukcije

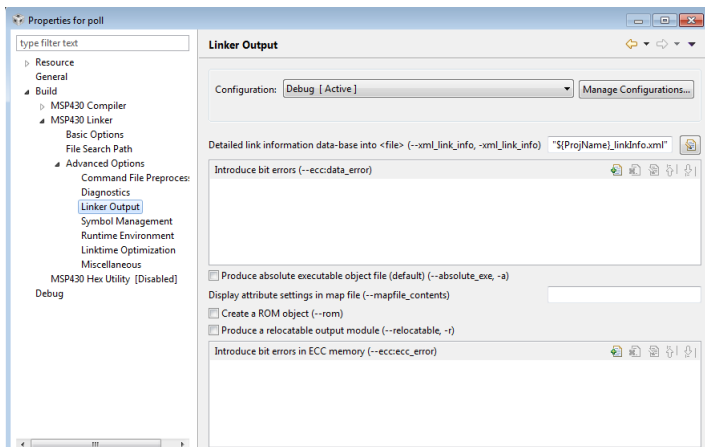
```
27
28 setup bis.b #0x78,P4DIR ; IF diode su na portu P4
29 bis.b #0x7f,P6DIR ; inicijalizacija odgovarajucih b
30 ; portova P4 i P11 da budu izlazi
31 ; inicijalno su svi segmenti iskl
32 bis.b #0x02,P11DIR ; aktivira se samo display koji s
33
34 bis.b #0x7f,P6DIR ; inicijalizacija odgovarajucih b
35
36
37 29 000010 D0F0 bis.b #0x7f,P6DIR
38
39 bic.b #0x08,P4OUT ; isključuje diodu LDI
40 jmp edge
41
42
43
44
45
46
47
```

Svaka linija asm fajla dobija redni broj nakon asembliranja, nakon čega sledi adresa u fizičkoj memoriji na koju će biti smešten sadržaj koji sledi



# Linkovanje

Linkovanje je proces u kome se mašinski kod iz različitih objektnih fajlova prevodi u jedan jedinstven fajl koji se može spustiti u memoriju mikrokontrolera.





## Najvažnije uputstva za linker se nalaze u *linker command file*-u

lnk\_msp430f5438a.cmd

Segmenti mogu da se preklapaju

```
133 /* Specify the sections allocation into memory
134 /*****
135
136 SECTIONS
137 {
138     .bss      : {} > RAM                /* Global & static vars
139     .data     : {} > RAM                /* Global & static vars
140     .TI.noinit : {} > RAM                /* For #pragma noinit
141     .system   : {} > RAM                /* Dynamic memory allocation
142     .stack    : {} > RAM (HIGH)         /* Software system stack
143
144 #ifndef LARGE_DATA_MODEL
145     .text     : {} >> FLASH             /* Code
146 #else
147     .text     : {} >> FLASH2           /* Code
148 #endif
149     .text.isr : {} > FLASH             /* ISR Code space
150     .cinit    : {} > FLASH             /* Initialization tables
151 #ifndef LARGE_DATA_MODEL
152     .const    : {} > FLASH             /* Constant data
153 #else
154     .const    : {} > FLASH2           /* Constant data
155 #endif
156     .cio      : {} > RAM               /* C I/O Buffer
157
158     .pinit    : {} > FLASH             /* C++ Constructor tables
159     .init_array : {} > FLASH          /* C++ Constructor tables
160     .mspabi.exidx : {} > FLASH        /* C++ Constructor tables
161     .mspabi.extab : {} > FLASH        /* C++ Constructor tables
162
163     .infoA    : {} > INFOA             /* MSP430 INFO FLASH Memory segments */
164     .infoB    : {} > INFOB
165     .infoC    : {} > INFOC
166     .infoD    : {} > INFOD
167
168 /* MSP430 Interrupt vectors
169     .int00    : {} > INT00
170     .int01    : {} > INT01
```

.bss je tip segmenta u koji se smeštaju neinicijalizovani podaci (RAM memorija)

.data je tip segmenta u koji se smeštaju inicijalizovani podaci (RAM memorija)

.text je tip segmenta u koji se smeštaju instrukcije (FLASH memorija)

.const je tip segmenta u koji se smeštaju konstantni podaci (FLASH memorija)

# Kompajliranje

## Komanda BUILD vrši kompajliranje i linkovanje projekta

The screenshot displays the CCS Edit interface with the following components:

- Toolbar:** The 'Build' icon (a hammer) is highlighted with a red box and an arrow pointing to a yellow callout box.
- Code Editor:** Contains assembly code for 'main.asm'. Line 39 is highlighted with a red box and an arrow pointing to a yellow callout box.
- Problems Panel:** Located at the bottom, it shows one error: '[E0003] Unexpected trailing operand(s)' at line 39. This panel is also highlighted with a red box and an arrow pointing to a yellow callout box.

**Yellow Callout Boxes:**

- Top Right:** "Nakon uspešnog kompajliranja klikom na ovu ikonu ulazi se u mod za debugovanje" (After successful compilation, clicking this icon enters the debug mode).
- Middle Left:** "Klik na ovu ikonu vrši kompajliranje i linkovanje celog projekta" (Clicking this icon performs compilation and linking of the entire project).
- Middle Right:** "Nakon kompajliranja/linkovanja pojavljuju se pokazivači na eventualne greške i upozorenja" (After compilation/linking, indicators for potential errors and warnings appear).
- Bottom Right:** "Poruke koje ukazuju na status kompajliranja/linkovanja" (Messages that indicate the status of compilation/linking).

**Assembly Code Snippet:**

```
25; Main loop here
26;
27
28 setup
29
30
31
32
33
34
35 loop    mov.b  P2IN,R9      ; učitava stanje porta P2 u registar R9
36          mov.b  R9,R8      ; cuvanje istog stanja u privremenom reg R8
37          bit.b   #0x80,R9   ; testira bit 7 porta 2, tj. taster S4
38          jz      ledon
39          bic.b   #0x88,P4OUT ; isključuje diodu LD1
40          jmp     edge
41 ledon    bis.b   #0x88,P4OUT ; uključuje diodu LD1
42
43 edge    xor.b   #0x80,R9    ; ako je bit 2 u R9 jednak 0 posle ove
44          ; operacije ce biti jednak 1
45          and.b   R7,R9
46          mov.b   RB,R7      ; prebacivanje novog stanja porta u staro
47          ; stanje za sledeci ciklus
48          bit.b   #0x80,R9   ; 1 na mestu bita 2 znaci da je detektovana
49          ; promena na portu sa 1 na 0
50          jz      loop
```



# Zadatak – treperenje diode

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem kojim se implementira treperenje LED diode sa periodom od  $\sim 200$  ms.

## Napomene

- LED diode su vezane na GPIO pinove, kojima se upravlja preko *Digitalnih portova*
- Potrebno je koristiti razvojno okruženje za
  - kreiranje projekta
  - razvoj koda
  - asembliranje/kompajliranje
  - *spuštanje programa u memoriju mikrokontrolera*
  - *kao i u debagovanje u slučaju greške*

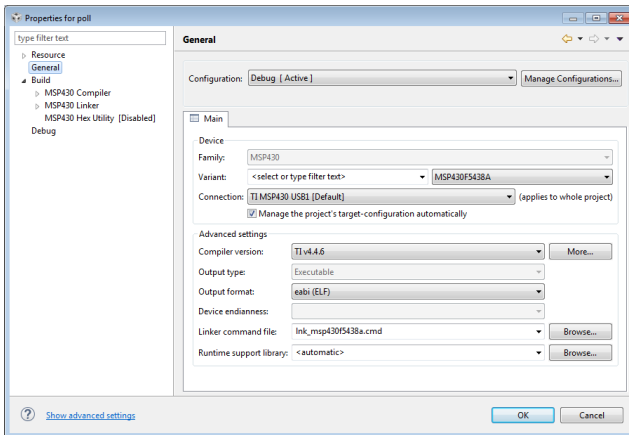
## Rešenje

{asm|c}-led-toggle

- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debugovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



Debugovanje je proces u kome se uz pomoć hardverskog debagera vrši testiranje aplikacije



**Run** - klik na ovo dugme izvršava program

**Dugme za reset**

**Step Into** - klik na ovo dugme izvršava instrukciju koja je markirana zelenom

Klikom na ovo dugme prekida se debugovanje

Zeleni marker ukazuje na sledeću instrukciju koja treba da se izvrši

Svakoј liniji originalnog koda koja je prevedena u procesu kompajliranja odgovara jedna linija u Disassembly prozoru

Disassembly prozor prikazuje program onako kako je smešten u memoriju

```

7
8
9 .def _start; program entry-point to
10 .ref _start; make it known to linker.
11
12 .text; program memory.
13 .section ".text"; conditional linking
14 .section ".text"; conditional linking
15 .section ".text"; conditional linking
16 .section ".text"; conditional linking
17 .section ".text"; conditional linking
18
19
20 RESET mov.w # _STACK_END, SP; Initialize stackpointer
21 StopMdt mov.w #WDTPW|WDTHOLD,&WDCTL; Stop watchdog timer
22
23
24
25 ; Main loop here
26
27
28 setup bis.b #0x78,P4DIR; LE diode su na portu P4
29 bis.b #0x7f,P6DIR; inicijalizacija odgovarajucih bits
30 ; portova P6 i P11 da budu izlazni
31 bic.b #0x7f,P6OUT; inicijalno su svi segmenti iskluceni
32 bis.b #0x02,P11DIR; aktivira se samo displej koji se koristi
33 bis.b #0x02,P11OUT; svi portovi su po default-u ulazni tako
34 ; da ih nema potrebe dodatno konfigurisati
35 loop mov.b P2IN,R9; ucitava stanje porta P2 u registar R9
36 mov.b R9,R8; cuvanje istog stanja u privremenom reg R8
37 bit.b #0x00,R9; testira bit 7 porta 2, tj. taster S4
38 jz ledon
39 bic.b #0x08,P4OUT; iskljucuje diodu LD1
40 jmp edge

```

```

005bfc: 1AE2 5C4C RPT SR RLAX.B R12
005bfe: 0000 0000 RESET mov.w # _STACK_END, SP; Initialize stackp
005bff: 0000 0000 $./main.asm:20:60$( ), RESET():
005c00: 4031 5C00 MOV.W #0x5c00, SP
005c01: 0000 0000
005c02: 0000 0000 StopMdt mov.w #WDTPW|WDTHOLD,&WDCTL; Stop watchdog tim
005c03: 0000 0000 StopMdt
005c04: 40B2 5A80 015C MOV.W #0x5a80,&Watchdog_Timer_WDCTL
005c05: 0000 0000 setup bis.b #0x78,P4DIR; LE diode su na portu P4
005c06: 0000 0000 setup:
005c07: 0000 0000
005c08: D0F0 0078 A617 BIS.B #0x0078,Port_3_4_P4DIR
005c09: 0000 0000; inicijalizacija odgovaraj
005c0a: 0000 0000 7f,Port_5_6_P6DIR
005c0b: 0000 0000; inicijalno su svi segment
005c0c: 0000 0000 7f,Port_5_6_P6OUT
005c0d: 0000 0000; aktivira se samo displej
005c0e: 0000 0000 rt_F_P6DIR
005c0f: 0000 0000; svi portovi su po default
005c10: 0000 0000 rt_F_P6OUT
005c11: 0000 0000; ucitava stanje porta P2 u
005c12: 0000 0000
005c13: 0000 0000
005c14: 0000 0000
005c15: 0000 0000
005c16: 0000 0000
005c17: 0000 0000
005c18: 0000 0000
005c19: 0000 0000
005c1a: 0000 0000
005c1b: 0000 0000
005c1c: 0000 0000
005c1d: 0000 0000
005c1e: 0000 0000
005c1f: 0000 0000
005c20: 0000 0000
005c21: 0000 0000
005c22: 0000 0000
005c23: 0000 0000
005c24: 4059 A5DB MOV.B Port_1_2_P2IN,R9
005c25: 0000 0000 36 mov.b R9,R8; cuvanje istog stanja u pr
005c26: 0000 0000
005c27: 0000 0000
005c28: 4948 MOV.B R9,R8
005c29: 0000 0000
005c2a: B079 0080 bit.b #0x00,R9; testira bit 7 porta 2, tj
005c2b: 0000 0000 BIT.B #0x0080,R9
005c2c: 0000 0000
005c2d: 0000 0000
005c2e: 2403 jz ledon
005c2f: 0000 0000 JEQ (ledon)
005c30: 0000 0000 39 bic.b #0x08,P4OUT; iskljucuje diodu LD1
005c31: 0000 0000
005c32: 0000 0000
005c33: C2F0 A5F1 bic.b #8,Port_3_4_P4OUT
005c34: 0000 0000 40 jmp edge
005c35: 0000 0000 JNP (edge)
005c36: 0000 0000
005c37: 0000 0000
005c38: 0000 0000
005c39: 0000 0000
005c3a: 0000 0000
005c3b: 0000 0000
005c3c: 0000 0000
005c3d: 0000 0000
005c3e: 0000 0000
005c3f: 0000 0000
005c40: 0000 0000
005c41: 0000 0000
005c42: 0000 0000
005c43: 0000 0000
005c44: 0000 0000
005c45: 0000 0000
005c46: 0000 0000
005c47: 0000 0000
005c48: 0000 0000
005c49: 0000 0000
005c4a: 0000 0000
005c4b: 0000 0000
005c4c: 0000 0000
005c4d: 0000 0000
005c4e: 0000 0000
005c4f: 0000 0000
005c50: 0000 0000
005c51: 0000 0000
005c52: 0000 0000
005c53: 0000 0000
005c54: 0000 0000
005c55: 0000 0000
005c56: 0000 0000
005c57: 0000 0000
005c58: 0000 0000
005c59: 0000 0000
005c5a: 0000 0000
005c5b: 0000 0000
005c5c: 0000 0000
005c5d: 0000 0000
005c5e: 0000 0000
005c5f: 0000 0000
005c60: 0000 0000
005c61: 0000 0000
005c62: 0000 0000
005c63: 0000 0000
005c64: 0000 0000
005c65: 0000 0000
005c66: 0000 0000
005c67: 0000 0000
005c68: 0000 0000
005c69: 0000 0000
005c6a: 0000 0000
005c6b: 0000 0000
005c6c: 0000 0000
005c6d: 0000 0000
005c6e: 0000 0000
005c6f: 0000 0000
005c70: 0000 0000
005c71: 0000 0000
005c72: 0000 0000
005c73: 0000 0000
005c74: 0000 0000
005c75: 0000 0000
005c76: 0000 0000
005c77: 0000 0000
005c78: 0000 0000
005c79: 0000 0000
005c7a: 0000 0000
005c7b: 0000 0000
005c7c: 0000 0000
005c7d: 0000 0000
005c7e: 0000 0000
005c7f: 0000 0000
005c80: 0000 0000
005c81: 0000 0000
005c82: 0000 0000
005c83: 0000 0000
005c84: 0000 0000
005c85: 0000 0000
005c86: 0000 0000
005c87: 0000 0000
005c88: 0000 0000
005c89: 0000 0000
005c8a: 0000 0000
005c8b: 0000 0000
005c8c: 0000 0000
005c8d: 0000 0000
005c8e: 0000 0000
005c8f: 0000 0000
005c90: 0000 0000
005c91: 0000 0000
005c92: 0000 0000
005c93: 0000 0000
005c94: 0000 0000
005c95: 0000 0000
005c96: 0000 0000
005c97: 0000 0000
005c98: 0000 0000
005c99: 0000 0000
005c9a: 0000 0000
005c9b: 0000 0000
005c9c: 0000 0000
005c9d: 0000 0000
005c9e: 0000 0000
005c9f: 0000 0000
005ca0: 0000 0000
005ca1: 0000 0000
005ca2: 0000 0000
005ca3: 0000 0000
005ca4: 0000 0000
005ca5: 0000 0000
005ca6: 0000 0000
005ca7: 0000 0000
005ca8: 0000 0000
005ca9: 0000 0000
005caa: 0000 0000
005cab: 0000 0000
005cac: 0000 0000
005cad: 0000 0000
005cae: 0000 0000
005caf: 0000 0000
005cb0: 0000 0000
005cb1: 0000 0000
005cb2: 0000 0000
005cb3: 0000 0000
005cb4: 0000 0000
005cb5: 0000 0000
005cb6: 0000 0000
005cb7: 0000 0000
005cb8: 0000 0000
005cb9: 0000 0000
005cba: 0000 0000
005cbb: 0000 0000
005cbc: 0000 0000
005cbd: 0000 0000
005cbe: 0000 0000
005cbf: 0000 0000
005cc0: 0000 0000
005cc1: 0000 0000
005cc2: 0000 0000
005cc3: 0000 0000
005cc4: 0000 0000
005cc5: 0000 0000
005cc6: 0000 0000
005cc7: 0000 0000
005cc8: 0000 0000
005cc9: 0000 0000
005cca: 0000 0000
005ccb: 0000 0000
005ccc: 0000 0000
005ccd: 0000 0000
005cce: 0000 0000
005ccf: 0000 0000
005cd0: 0000 0000
005cd1: 0000 0000
005cd2: 0000 0000
005cd3: 0000 0000
005cd4: 0000 0000
005cd5: 0000 0000
005cd6: 0000 0000
005cd7: 0000 0000
005cd8: 0000 0000
005cd9: 0000 0000
005cda: 0000 0000
005cdb: 0000 0000
005cdc: 0000 0000
005cdd: 0000 0000
005cde: 0000 0000
005cdf: 0000 0000
005ce0: 0000 0000
005ce1: 0000 0000
005ce2: 0000 0000
005ce3: 0000 0000
005ce4: 0000 0000
005ce5: 0000 0000
005ce6: 0000 0000
005ce7: 0000 0000
005ce8: 0000 0000
005ce9: 0000 0000
005cea: 0000 0000
005ceb: 0000 0000
005cec: 0000 0000
005ced: 0000 0000
005cee: 0000 0000
005cef: 0000 0000
005cf0: 0000 0000
005cf1: 0000 0000
005cf2: 0000 0000
005cf3: 0000 0000
005cf4: 0000 0000
005cf5: 0000 0000
005cf6: 0000 0000
005cf7: 0000 0000
005cf8: 0000 0000
005cf9: 0000 0000
005cfa: 0000 0000
005cfb: 0000 0000
005cfc: 0000 0000
005cfd: 0000 0000
005cfe: 0000 0000
005cff: 0000 0000
005d00: 0000 0000
005d01: 0000 0000
005d02: 0000 0000
005d03: 0000 0000
005d04: 0000 0000
005d05: 0000 0000
005d06: 0000 0000
005d07: 0000 0000
005d08: 0000 0000
005d09: 0000 0000
005d0a: 0000 0000
005d0b: 0000 0000
005d0c: 0000 0000
005d0d: 0000 0000
005d0e: 0000 0000
005d0f: 0000 0000
005d10: 0000 0000
005d11: 0000 0000
005d12: 0000 0000
005d13: 0000 0000
005d14: 0000 0000
005d15: 0000 0000
005d16: 0000 0000
005d17: 0000 0000
005d18: 0000 0000
005d19: 0000 0000
005d1a: 0000 0000
005d1b: 0000 0000
005d1c: 0000 0000
005d1d: 0000 0000
005d1e: 0000 0000
005d1f: 0000 0000
005d20: 0000 0000
005d21: 0000 0000
005d22: 0000 0000
005d23: 0000 0000
005d24: 0000 0000
005d25: 0000 0000
005d26: 0000 0000
005d27: 0000 0000
005d28: 0000 0000
005d29: 0000 0000
005d2a: 0000 0000
005d2b: 0000 0000
005d2c: 0000 0000
005d2d: 0000 0000
005d2e: 0000 0000
005d2f: 0000 0000
005d30: 0000 0000
005d31: 0000 0000
005d32: 0000 0000
005d33: 0000 0000
005d34: 0000 0000
005d35: 0000 0000
005d36: 0000 0000
005d37: 0000 0000
005d38: 0000 0000
005d39: 0000 0000
005d3a: 0000 0000
005d3b: 0000 0000
005d3c: 0000 0000
005d3d: 0000 0000
005d3e: 0000 0000
005d3f: 0000 0000
005d40: 0000 0000
005d41: 0000 0000
005d42: 0000 0000
005d43: 0000 0000
005d44: 0000 0000
005d45: 0000 0000
005d46: 0000 0000
005d47: 0000 0000
005d48: 0000 0000
005d49: 0000 0000
005d4a: 0000 0000
005d4b: 0000 0000
005d4c: 0000 0000
005d4d: 0000 0000
005d4e: 0000 0000
005d4f: 0000 0000
005d50: 0000 0000
005d51: 0000 0000
005d52: 0000 0000
005d53: 0000 0000
005d54: 0000 0000
005d55: 0000 0000
005d56: 0000 0000
005d57: 0000 0000
005d58: 0000 0000
005d59: 0000 0000
005d5a: 0000 0000
005d5b: 0000 0000
005d5c: 0000 0000
005d5d: 0000 0000
005d5e: 0000 0000
005d5f: 0000 0000
005d60: 0000 0000
005d61: 0000 0000
005d62: 0000 0000
005d63: 0000 0000
005d64: 0000 0000
005d65: 0000 0000
005d66: 0000 0000
005d67: 0000 0000
005d68: 0000 0000
005d69: 0000 0000
005d6a: 0000 0000
005d6b: 0000 0000
005d6c: 0000 0000
005d6d: 0000 0000
005d6e: 0000 0000
005d6f: 0000 0000
005d70: 0000 0000
005d71: 0000 0000
005d72: 0000 0000
005d73: 0000 0000
005d74: 0000 0000
005d75: 0000 0000
005d76: 0000 0000
005d77: 0000 0000
005d78: 0000 0000
005d79: 0000 0000
005d7a: 0000 0000
005d7b: 0000 0000
005d7c: 0000 0000
005d7d: 0000 0000
005d7e: 0000 0000
005d7f: 0000 0000
005d80: 0000 0000
005d81: 0000 0000
005d82: 0000 0000
005d83: 0000 0000
005d84: 0000 0000
005d85: 0000 0000
005d86: 0000 0000
005d87: 0000 0000
005d88: 0000 0000
005d89: 0000 0000
005d8a: 0000 0000
005d8b: 0000 0000
005d8c: 0000 0000
005d8d: 0000 0000
005d8e: 0000 0000
005d8f: 0000 0000
005d90: 0000 0000
005d91: 0000 0000
005d92: 0000 0000
005d93: 0000 0000
005d94: 0000 0000
005d95: 0000 0000
005d96: 0000 0000
005d97: 0000 0000
005d98: 0000 0000
005d99: 0000 0000
005d9a: 0000 0000
005d9b: 0000 0000
005d9c: 0000 0000
005d9d: 0000 0000
005d9e: 0000 0000
005d9f: 0000 0000
005da0: 0000 0000
005da1: 0000 0000
005da2: 0000 0000
005da3: 0000 0000
005da4: 0000 0000
005da5: 0000 0000
005da6: 0000 0000
005da7: 0000 0000
005da8: 0000 0000
005da9: 0000 0000
005dab: 0000 0000
005dac: 0000 0000
005dad: 0000 0000
005dae: 0000 0000
005dae: 0000 0000
005daf: 0000 0000
005db0: 0000 0000
005db1: 0000 0000
005db2: 0000 0000
005db3: 0000 0000
005db4: 0000 0000
005db5: 0000 0000
005db6: 0000 0000
005db7: 0000 0000
005db8: 0000 0000
005db9: 0000 0000
005dba: 0000 0000
005dbb: 0000 0000
005dbc: 0000 0000
005dbd: 0000 0000
005dbe: 0000 0000
005dbf: 0000 0000
005dc0: 0000 0000
005dc1: 0000 0000
005dc2: 0000 0000
005dc3: 0000 0000
005dc4: 0000 0000
005dc5: 0000 0000
005dc6: 0000 0000
005dc7: 0000 0000
005dc8: 0000 0000
005dc9: 0000 0000
005dca: 0000 0000
005dcb: 0000 0000
005dcc: 0000 0000
005dcd: 0000 0000
005dce: 0000 0000
005dcf: 0000 0000
005dd0: 0000 0000
005dd1: 0000 0000
005dd2: 0000 0000
005dd3: 0000 0000
005dd4: 0000 0000
005dd5: 0000 0000
005dd6: 0000 0000
005dd7: 0000 0000
005dd8: 0000 0000
005dd9: 0000 0000
005dda: 0000 0000
005ddb: 0000 0000
005ddc: 0000 0000
005ddd: 0000 0000
005dde: 0000 0000
005ddf: 0000 0000
005de0: 0000 0000
005de1: 0000 0000
005de2: 0000 0000
005de3: 0000 0000
005de4: 0000 0000
005de5: 0000 0000
005de6: 0000 0000
005de7: 0000 0000
005de8: 0000 0000
005de9: 0000 0000
005dea: 0000 0000
005deb: 0000 0000
005dec: 0000 0000
005ded: 0000 0000
005dee: 0000 0000
005def: 0000 0000
005df0: 0000 0000
005df1: 0000 0000
005df2: 0000 0000
005df3: 0000 0000
005df4: 0000 0000
005df5: 0000 0000
005df6: 0000 0000
005df7: 0000 0000
005df8: 0000 0000
005df9: 0000 0000
005dfa: 0000 0000
005dfb: 0000 0000
005dfc: 0000 0000
005dfd: 0000 0000
005dfe: 0000 0000
005dff: 0000 0000
005e00: 0000 0000
005e01: 0000 0000
005e02: 0000 0000
005e03: 0000 0000
005e04: 0000 0000
005e05: 0000 0000
005e06: 0000 0000
005e07: 0000 0000
005e08: 0000 0000
005e09: 0000 0000
005e0a: 0000 0000
005e0b: 0000 0000
005e0c: 0000 0000
005e0d: 0000 0000
005e0e: 0000 0000
005e0f: 0000 0000
005e10: 0000 0000
005e11: 0000 0000
005e12: 0000 0000
005e13: 0000 0000
005e14: 0000 0000
005e15: 0000 0000
005e16: 0000 0000
005e17: 0000 0000
005e18: 0000 0000
005e19: 0000 0000
005e1a: 0000 0000
005e1b: 0000 0000
005e1c: 0000 0000
005e1d: 0000 0000
005e1e: 0000 0000
005e1f: 0000 0000
005e20: 0000 0000
005e21: 0000 0000
005e22: 0000 0000
005e23: 0000 0000
005e24: 0000 0000
005e25: 0000 0000
005e26: 0000 0000
005e27: 0000 0000
005e28: 0000 0000
005e29: 0000 0000
005e2a: 0000 0000
005e2b: 0000 0000
005e2c: 0000 0000
005e2d: 0000 0000
005e2e: 0000 0000
005e2f: 0000 0000
005e30: 0000 0000
005e31: 0000 0000
005e32: 0000 0000
005e33: 0000 0000
005e34: 0000 0000
005e35: 0000 0000
005e36: 0000 0000
005e37: 0000 0000
005e38: 0000 0000
005e39: 0000 0000
005e3a: 0000 0000
005e3b: 0000 0000
005e3c: 0000 0000
005e3d: 0000 0000
005e3e: 0000 0000
005e3f: 0000 0000
005e40: 0000 0000
005e41: 0000 0000
005e42: 0000 0000
005e43: 0000 0000
005e44: 0000 0000
005e45: 0000 0000
005e46: 0000 0000
005e47: 0000 0000
005e48: 0000 0000
005e49: 0000 0000
005e4a: 0000 0000
005e4b: 0000 0000
005e4c: 0000 0000
005e4d: 0000 0000
005e4e: 0000 0000
005e4f: 0000 0000
005e50: 0000 0000
005e51: 0000 0000
005e52: 0000 0000
005e53: 0000 0000
005e54: 0000 0000
005e55: 0000 0000
005e56: 0000 0000
005e57: 0000 0000
005e58: 0000 0000
005e59: 0000 0000
005e5a: 0000 0000
005e5b: 0000 0000
005e5c: 0000 0000
005e5d: 0000 0000
005e5e: 0000 0000
005e5f: 0000 0000
005e60: 0000 0000
005e61: 0000 0000
005e62: 0000 0000
005e63: 0000 0000
005e64: 0000 0000
005e65: 0000 0000
005e66: 0000 0000
005e67: 0000 0000
005e68: 0000 0000
005e69: 0000 0000
005e6a: 0000 0000
005e6b: 0000 0000
005e6c: 0000 0000
005e6d: 0000 0000
005e6e: 0000 0000
005e6f: 0000 0000
005e70: 0000 0000
005e71: 0000 0000
005e72: 0000 0000
005e73: 0000 0000
005e74: 0000 0000
005e75: 0000 0000
005e76: 0000 0000
005e77: 0000 0000
005e78: 0000 0000
005e79: 0000 0000
005e7a: 0000 0000
005e7b: 0000 0000
005e7c: 0000 0000
005e7d: 0000 0000
005e7e: 0000 0000
005e7f: 0000 0000
005e80: 0000 0000
005e81: 0000 0000
005e82: 0000 0000
005e83: 0000 0000
005e84
```

CCS Debug - poll/main.asm - Code Composer Studio

File Edit View Project Tools Run Scripts Window Help

Resource Explorer (Examples)

Getting Started  
 CCS App Center  
 Project Explorer  
 Problems  
 Console  
 Advice  
 Debug  
 Memory Browser  
 Registers  
 Expressions  
 Variables  
 Disassembly  
 Breakpoints  
 Modules  
 Scripting Console  
 Target Configurations  
 Outline  
 Memory Allocation  
 Optimizer Assistant  
 Other...

Alt+Shift+Q, X  
 Alt+Shift+Q, C  
 Alt+Shift+Q, V  
 Alt+Shift+Q, Q

point was reached

Prozor sa registrima

Name	Value	Description
Core Registers		Core Registers
PC	0x005C00	Core
SP	0x005C00	Core
SR	0x0000	Core
R3	0x000000	Core
R4	0x0C8D6D	Core
R5	0x00FFD0	Core
R6	0x000018	Core
R7	0x0000F8	Core

Dugme za postavljanje Breakpoint-a

U View meniju se vrši izbor prikaza različitih resursa promenljivih/parametara

Plavi marker ukazuje na breakpoint

```

28 setup    bis.b    #0x78,P4DIR    ; LE diode su na portu P4
29          bis.b    #0x7F,P6DIR
30
31          bic.b    #0x7f,P6OUT
32          bis.b    #0x02,P11D
33          bic.b    #0x02,P11O
34
35 loop      mov.b    P2IN,R9      ; da ih nema potrebe dodatno konfigurisati
36          mov.b    R9,R8        ; ucitava stanje porta P2 u registar R9
37          bit.b    #0x80,R9      ; cuvanje istog stanja u privremenom reg R8
38          jz       ledon        ; testira bit 7 porta 2, tj. taster S4
39          bic.b    #0x08,P4OUT    ; iskljucuje diodu LD1
40          jmp      edge
41 ledon     bis.b    #0x08,P4OUT    ; ukljucuje diodu LD1
  
```

Writable Smart Insert 20:1 Free License

Najjednostavniji i najpregledniji vid debagovanja je *single stepping*

- Problem je što to može dugo da potraje i zamorno je

Mnogo efikasniji vid debagovanja je postavljanjem *Breakpoint*-a na dobra mesta

Generalno, *Breakpoint* se postavlja tamo gde treba detektovati spoljni događaj preko registra (u našem slučaju pritisak tastera) i tamo gde se očekuje reakcija na taj događaj





CCS Debug - poll/main.asm - Code Composer Studio

File Edit View Project Tools Run Scripts Window Help

Quick Access CCS Edit CCS Debug

Debug poll [Code Composer Studio - Device Debugging]

TI MSP430 USB1\_0/MSP430 (Suspended - HW Breakpoint)

\$.main.asm:20:60\$0 at main.asm:35 0x005C24 (the entry point was reached)

Uz dobro osmišljen položaj *Breakpoint*-a testiranje se svodi na nekoliko uzastopnih pritisaka na "Run" ikonicu

Name	Value	Description
0x00 P4OUT7	0	P4OUT7
0x00 P4OUT6	0	P4OUT6
0x00 P4OUT5	0	P4OUT5
0x00 P4OUT4	0	P4OUT4
0x00 P4OUT3	1	P4OUT3
0x00 P4OUT2	0	P4OUT2
0x00 P4OUT1	0	P4OUT1
0x00 P4OUT0	0	P4OUT0
0x78 P4DIR	0x78	Port 4 Direction [Memory Mapped]

Kad god se izvršavanje programa zaustavi moguće je menjati sadržaj registra

```

20 RESET      mov.w  #_STACK_END, SP      ; Initialize stackpointer
21 StopWDT     mov.w  &WDTPW|&WDTHOLD,&WDCTL ; Stop watchdog timer
22
23
24
25 ; Main loop here
26
27
28 setup       bis.b  #0x78,P4DIR          ; LE diode su na portu P4
29             bis.b  #0x7F,P6DIR          ; inicijalizacija odgovarajućih bita
30             ; portova P6 i P11 da budu izlazni
31             bic.b  #0x7F,P6OUT          ; inicijalno su svi segmenti isključeni
32             bis.b  #0x02,P11DIR          ; aktivira se samo displej koji se koristi
33             bic.b  #0x02,P11OUT          ; svi portovi su po default-u ulazni tako
34             ; da ih nema potrebe dodatno konfigurisati
35 loop        mov.b  PZIN,R9              ; učitava stanje porta P2 u registar R9
36             mov.b  R9,R8                ; cuvanje istog stanja u privremenom reg R8
37             bis.b  #0x80,R9              ; testira bit 7 porta 2, tj. taster S4
38             jz      ledon                 ;
39             bic.b  #0x08,P4OUT          ; isključuje diodu LD1
40             jmp     edge                 ;
41             ;
42             ;
43             ;
44             ;
45             ;
46             ;
47             ;
48             ;
49             ;
50             ;
51             ;
52             ;
53             ;
54             ;
55             ;
56             ;
57             ;
58             ;
59             ;
60             ;
61             ;
62             ;
63             ;
64             ;
65             ;
66             ;
67             ;
68             ;
69             ;
70             ;
71             ;
72             ;
73             ;
74             ;
75             ;
76             ;
77             ;
78             ;
79             ;
80             ;
81             ;
82             ;
83             ;
84             ;
85             ;
86             ;
87             ;
88             ;
89             ;
90             ;
91             ;
92             ;
93             ;
94             ;
95             ;
96             ;
97             ;
98             ;
99             ;
100            ;
101            ;
102            ;
103            ;
104            ;
105            ;
106            ;
107            ;
108            ;
109            ;
110            ;
111            ;
112            ;
113            ;
114            ;
115            ;
116            ;
117            ;
118            ;
119            ;
120            ;
121            ;
122            ;
123            ;
124            ;
125            ;
126            ;
127            ;
128            ;
129            ;
130            ;
131            ;
132            ;
133            ;
134            ;
135            ;
136            ;
137            ;
138            ;
139            ;
140            ;
141            ;
142            ;
143            ;
144            ;
145            ;
146            ;
147            ;
148            ;
149            ;
150            ;
151            ;
152            ;
153            ;
154            ;
155            ;
156            ;
157            ;
158            ;
159            ;
160            ;
161            ;
162            ;
163            ;
164            ;
165            ;
166            ;
167            ;
168            ;
169            ;
170            ;
171            ;
172            ;
173            ;
174            ;
175            ;
176            ;
177            ;
178            ;
179            ;
180            ;
181            ;
182            ;
183            ;
184            ;
185            ;
186            ;
187            ;
188            ;
189            ;
190            ;
191            ;
192            ;
193            ;
194            ;
195            ;
196            ;
197            ;
198            ;
199            ;
200            ;
201            ;
202            ;
203            ;
204            ;
205            ;
206            ;
207            ;
208            ;
209            ;
210            ;
211            ;
212            ;
213            ;
214            ;
215            ;
216            ;
217            ;
218            ;
219            ;
220            ;
221            ;
222            ;
223            ;
224            ;
225            ;
226            ;
227            ;
228            ;
229            ;
230            ;
231            ;
232            ;
233            ;
234            ;
235            ;
236            ;
237            ;
238            ;
239            ;
240            ;
241            ;
242            ;
243            ;
244            ;
245            ;
246            ;
247            ;
248            ;
249            ;
250            ;
251            ;
252            ;
253            ;
254            ;
255            ;
256            ;
257            ;
258            ;
259            ;
260            ;
261            ;
262            ;
263            ;
264            ;
265            ;
266            ;
267            ;
268            ;
269            ;
270            ;
271            ;
272            ;
273            ;
274            ;
275            ;
276            ;
277            ;
278            ;
279            ;
280            ;
281            ;
282            ;
283            ;
284            ;
285            ;
286            ;
287            ;
288            ;
289            ;
290            ;
291            ;
292            ;
293            ;
294            ;
295            ;
296            ;
297            ;
298            ;
299            ;
300            ;
301            ;
302            ;
303            ;
304            ;
305            ;
306            ;
307            ;
308            ;
309            ;
310            ;
311            ;
312            ;
313            ;
314            ;
315            ;
316            ;
317            ;
318            ;
319            ;
320            ;
321            ;
322            ;
323            ;
324            ;
325            ;
326            ;
327            ;
328            ;
329            ;
330            ;
331            ;
332            ;
333            ;
334            ;
335            ;
336            ;
337            ;
338            ;
339            ;
340            ;
341            ;
342            ;
343            ;
344            ;
345            ;
346            ;
347            ;
348            ;
349            ;
350            ;
351            ;
352            ;
353            ;
354            ;
355            ;
356            ;
357            ;
358            ;
359            ;
360            ;
361            ;
362            ;
363            ;
364            ;
365            ;
366            ;
367            ;
368            ;
369            ;
370            ;
371            ;
372            ;
373            ;
374            ;
375            ;
376            ;
377            ;
378            ;
379            ;
380            ;
381            ;
382            ;
383            ;
384            ;
385            ;
386            ;
387            ;
388            ;
389            ;
390            ;
391            ;
392            ;
393            ;
394            ;
395            ;
396            ;
397            ;
398            ;
399            ;
400            ;
401            ;
402            ;
403            ;
404            ;
405            ;
406            ;
407            ;
408            ;
409            ;
410            ;
411            ;
412            ;
413            ;
414            ;
415            ;
416            ;
417            ;
418            ;
419            ;
420            ;
421            ;
422            ;
423            ;
424            ;
425            ;
426            ;
427            ;
428            ;
429            ;
430            ;
431            ;
432            ;
433            ;
434            ;
435            ;
436            ;
437            ;
438            ;
439            ;
440            ;
441            ;
442            ;
443            ;
444            ;
445            ;
446            ;
447            ;
448            ;
449            ;
450            ;
451            ;
452            ;
453            ;
454            ;
455            ;
456            ;
457            ;
458            ;
459            ;
460            ;
461            ;
462            ;
463            ;
464            ;
465            ;
466            ;
467            ;
468            ;
469            ;
470            ;
471            ;
472            ;
473            ;
474            ;
475            ;
476            ;
477            ;
478            ;
479            ;
480            ;
481            ;
482            ;
483            ;
484            ;
485            ;
486            ;
487            ;
488            ;
489            ;
490            ;
491            ;
492            ;
493            ;
494            ;
495            ;
496            ;
497            ;
498            ;
499            ;
500            ;
501            ;
502            ;
503            ;
504            ;
505            ;
506            ;
507            ;
508            ;
509            ;
510            ;
511            ;
512            ;
513            ;
514            ;
515            ;
516            ;
517            ;
518            ;
519            ;
520            ;
521            ;
522            ;
523            ;
524            ;
525            ;
526            ;
527            ;
528            ;
529            ;
530            ;
531            ;
532            ;
533            ;
534            ;
535            ;
536            ;
537            ;
538            ;
539            ;
540            ;
541            ;
542            ;
543            ;
544            ;
545            ;
546            ;
547            ;
548            ;
549            ;
550            ;
551            ;
552            ;
553            ;
554            ;
555            ;
556            ;
557            ;
558            ;
559            ;
560            ;
561            ;
562            ;
563            ;
564            ;
565            ;
566            ;
567            ;
568            ;
569            ;
570            ;
571            ;
572            ;
573            ;
574            ;
575            ;
576            ;
577            ;
578            ;
579            ;
580            ;
581            ;
582            ;
583            ;
584            ;
585            ;
586            ;
587            ;
588            ;
589            ;
590            ;
591            ;
592            ;
593            ;
594            ;
595            ;
596            ;
597            ;
598            ;
599            ;
600            ;
601            ;
602            ;
603            ;
604            ;
605            ;
606            ;
607            ;
608            ;
609            ;
610            ;
611            ;
612            ;
613            ;
614            ;
615            ;
616            ;
617            ;
618            ;
619            ;
620            ;
621            ;
622            ;
623            ;
624            ;
625            ;
626            ;
627            ;
628            ;
629            ;
630            ;
631            ;
632            ;
633            ;
634            ;
635            ;
636            ;
637            ;
638            ;
639            ;
640            ;
641            ;
642            ;
643            ;
644            ;
645            ;
646            ;
647            ;
648            ;
649            ;
650            ;
651            ;
652            ;
653            ;
654            ;
655            ;
656            ;
657            ;
658            ;
659            ;
660            ;
661            ;
662            ;
663            ;
664            ;
665            ;
666            ;
667            ;
668            ;
669            ;
670            ;
671            ;
672            ;
673            ;
674            ;
675            ;
676            ;
677            ;
678            ;
679            ;
680            ;
681            ;
682            ;
683            ;
684            ;
685            ;
686            ;
687            ;
688            ;
689            ;
690            ;
691            ;
692            ;
693            ;
694            ;
695            ;
696            ;
697            ;
698            ;
699            ;
700            ;
701            ;
702            ;
703            ;
704            ;
705            ;
706            ;
707            ;
708            ;
709            ;
710            ;
711            ;
712            ;
713            ;
714            ;
715            ;
716            ;
717            ;
718            ;
719            ;
720            ;
721            ;
722            ;
723            ;
724            ;
725            ;
726            ;
727            ;
728            ;
729            ;
730            ;
731            ;
732            ;
733            ;
734            ;
735            ;
736            ;
737            ;
738            ;
739            ;
740            ;
741            ;
742            ;
743            ;
744            ;
745            ;
746            ;
747            ;
748            ;
749            ;
750            ;
751            ;
752            ;
753            ;
754            ;
755            ;
756            ;
757            ;
758            ;
759            ;
760            ;
761            ;
762            ;
763            ;
764            ;
765            ;
766            ;
767            ;
768            ;
769            ;
770            ;
771            ;
772            ;
773            ;
774            ;
775            ;
776            ;
777            ;
778            ;
779            ;
780            ;
781            ;
782            ;
783            ;
784            ;
785            ;
786            ;
787            ;
788            ;
789            ;
790            ;
791            ;
792            ;
793            ;
794            ;
795            ;
796            ;
797            ;
798            ;
799            ;
800            ;
801            ;
802            ;
803            ;
804            ;
805            ;
806            ;
807            ;
808            ;
809            ;
810            ;
811            ;
812            ;
813            ;
814            ;
815            ;
816            ;
817            ;
818            ;
819            ;
820            ;
821            ;
822            ;
823            ;
824            ;
825            ;
826            ;
827            ;
828            ;
829            ;
830            ;
831            ;
832            ;
833            ;
834            ;
835            ;
836            ;
837            ;
838            ;
839            ;
840            ;
841            ;
842            ;
843            ;
844            ;
845            ;
846            ;
847            ;
848            ;
849            ;
850            ;
851            ;
852            ;
853            ;
854            ;
855            ;
856            ;
857            ;
858            ;
859            ;
860            ;
861            ;
862            ;
863            ;
864            ;
865            ;
866            ;
867            ;
868            ;
869            ;
870            ;
871            ;
872            ;
873            ;
874            ;
875            ;
876            ;
877            ;
878            ;
879            ;
880            ;
881            ;
882            ;
883            ;
884            ;
885            ;
886            ;
887            ;
888            ;
889            ;
890            ;
891            ;
892            ;
893            ;
894            ;
895            ;
896            ;
897            ;
898            ;
899            ;
900            ;
901            ;
902            ;
903            ;
904            ;
905            ;
906            ;
907            ;
908            ;
909            ;
910            ;
911            ;
912            ;
913            ;
914            ;
915            ;
916            ;
917            ;
918            ;
919            ;
920            ;
921            ;
922            ;
923            ;
924            ;
925            ;
926            ;
927            ;
928            ;
929            ;
930            ;
931            ;
932            ;
933            ;
934            ;
935            ;
936            ;
937            ;
938            ;
939            ;
940            ;
941            ;
942            ;
943            ;
944            ;
945            ;
946            ;
947            ;
948            ;
949            ;
950            ;
951            ;
952            ;
953            ;
954            ;
955            ;
956            ;
957            ;
958            ;
959            ;
960            ;
961            ;
962            ;
963            ;
964            ;
965            ;
966            ;
967            ;
968            ;
969            ;
970            ;
971            ;
972            ;
973            ;
974            ;
975            ;
976            ;
977            ;
978            ;
979            ;
980            ;
981            ;
982            ;
983            ;
984            ;
985            ;
986            ;
987            ;
988            ;
989            ;
990            ;
991            ;
992            ;
993            ;
994            ;
995            ;
996            ;
997            ;
998            ;
999            ;
1000           ;
1001           ;
1002           ;
1003           ;
1004           ;
1005           ;
1006           ;
1007           ;
1008           ;
1009           ;
1010           ;
1011           ;
1012           ;
1013           ;
1014           ;
1015           ;
1016           ;
1017           ;
1018           ;
1019           ;
1020           ;
1021           ;
1022           ;
1023           ;
1024           ;
1025           ;
1026           ;
1027           ;
1028           ;
1029           ;
1030           ;
1031           ;
1032           ;
1033           ;
1034           ;
1035           ;
1036           ;
1037           ;
1038           ;
1039           ;
1040           ;
1041           ;
1042           ;
1043           ;
1044           ;
1045           ;
1046           ;
1047           ;
1048           ;
1049           ;
1050           ;
1051           ;
1052           ;
1053           ;
1054           ;
1055           ;
1056           ;
1057           ;
1058           ;
1059           ;
1060           ;
1061           ;
1062           ;
1063           ;
1064           ;
1065           ;
1066           ;
1067           ;
1068           ;
1069           ;
1070           ;
1071           ;
1072           ;
1073           ;
1074           ;
1075           ;
1076           ;
1077           ;
1078           ;
1079           ;
1080           ;
1081           ;
1082           ;
1083           ;
1084           ;
1085           ;
1086           ;
1087           ;
1088           ;
1089           ;
1090           ;
1091           ;
1092           ;
1093           ;
1094           ;
1095           ;
1096           ;
1097           ;
1098           ;
1099           ;
1100          ;
1101          ;
1102          ;
1103          ;
1104          ;
1105          ;
1106          ;
1107          ;
1108          ;
1109          ;
1110          ;
1111          ;
1112          ;
1113          ;
1114          ;
1115          ;
1116          ;
1117          ;
1118          ;
1119          ;
1120          ;
1121          ;
1122          ;
1123          ;
1124          ;
1125          ;
1126          ;
1127          ;
1128          ;
1129          ;
1130          ;
1131          ;
1132          ;
1133          ;
1134          ;
1135          ;
1136          ;
1137          ;
1138          ;
1139          ;
1140          ;
1141          ;
1142          ;
1143          ;
1144          ;
1145          ;
1146          ;
1147          ;
1148          ;
1149          ;
1150          ;
1151          ;
1152          ;
1153          ;
1154          ;
1155          ;
1156          ;
1157          ;
1158          ;
1159          ;
1160          ;
1161          ;
1162          ;
1163          ;
1164          ;
1165          ;
1166          ;
1167          ;
1168          ;
1169          ;
1170          ;
1171          ;
1172          ;
1173          ;
1174          ;
1175          ;
1176          ;
1177          ;
1178          ;
1179          ;
1180          ;
1181          ;
1182          ;
1183          ;
1184          ;
1185          ;
1186          ;
1187          ;
1188          ;
1189          ;
1190          ;
1191          ;
1192          ;
1193          ;
1194          ;
1195          ;
1196          ;
1197          ;
1198          ;
1199          ;
1200          ;
1201          ;
1202          ;
1203          ;
1204          ;
1205          ;
1206          ;
1207          ;
1208          ;
1209          ;
1210          ;
1211          ;
1212          ;
1213          ;
1214          ;
1215          ;
1216          ;
1217          ;
1218          ;
1219          ;
1220          ;
1221          ;
1222          ;
1223          ;
1224          ;
1225          ;
1226          ;
1227          ;
1228          ;
1229          ;
1230          ;
1231          ;
1232          ;
1233          ;
1234          ;
1235          ;
1236          ;
1237          ;
1238          ;
1239          ;
1240          ;
1241          ;
1242          ;
1243          ;
1244          ;
1245          ;
1246          ;
1247          ;
1248          ;
1249          ;
1250          ;
1251          ;
1252          ;
1253          ;
1254          ;
1255          ;
1256          ;
1257          ;
1258          ;
1259          ;
1260          ;
1261          ;
1262          ;
1263          ;
1264          ;
1265          ;
1266          ;
1267          ;
1268          ;
1269          ;
1270          ;
1271          ;
1272          ;
1273          ;
1274          ;
1275          ;
1276          ;
1277          ;
1278          ;
1279          ;
1280          ;
1281          ;
1282          ;
1283          ;
1284          ;
1285          ;
1286          ;
1287          ;
1288          ;
1289          ;
1290          ;
1291          ;
1292          ;
1293          ;
1294          ;
1295          ;
1296          ;
1297          ;
1298          ;
1299          ;
1300          ;
1301          ;
1302          ;
1303          ;
1304          ;
1305          ;
1306          ;
1307          ;
1308          ;
1309          ;
1310          ;
1311          ;
1312          ;
1313          ;
1314          ;
1315          ;
1316          ;
1317          ;
1318          ;
1319          ;
1320          ;
1321          ;
1322          ;
1323          ;
1324          ;
1325          ;
1326          ;
1327          ;
1328          ;
1329          ;
1330          ;
1331          ;
1332          ;
1333          ;
1334          ;
1335          ;
1336          ;
1337          ;
1338          ;
1339          ;
1340          ;
1341          ;
1342          ;
1343          ;
1344          ;
1345          ;
1346          ;
1347          ;
1348          ;
1349          ;
1350          ;
1351          ;
1352          ;
1353          ;
1354          ;
1355          ;
1356          ;
1357          ;
1358          ;
1359          ;
1360          ;
1361          ;
1362          ;
1363          ;
1364          ;
1365          ;
1366          ;
1367          ;
1368          ;
1369          ;
1370          ;
1371          ;
1372          ;
1373          ;
1374          ;
1375          ;
1376          ;
1377          ;
1378          ;
1379          ;
1380          ;
1381          ;
1382          ;
1383          ;
1384          ;
1385          ;
1386          ;
1387          ;
1388          ;
1389          ;
1390          ;
1391          ;
1392          ;
1393          ;
1394          ;
1395          ;
1396          ;
1397          ;
1398          ;
1399          ;
1400          ;
1401          ;
1402          ;
1403          ;
1404          ;
1405          ;
1406          ;
1407          ;
1408          ;
1409          ;
1410          ;
1411          ;
1412          ;
1413          ;
1414          ;
1415          ;
1416          ;
1417          ;
1418          ;
1419          ;
1420          ;
1421          ;
1422          ;
1423          ;
1424          ;
1425          ;
1426          ;
1427          ;
1428          ;
1429          ;
1430          ;
1431          ;
1432          ;
1433          ;
1434          ;
1435          ;
1436          ;
1437          ;
1438          ;
1439          ;
1440          ;
1441          ;
1442          ;
1443          ;
1444          ;
1445          ;
1446          ;
1447          ;
1448          ;
1449          ;
1450          ;
1451          ;
1452          ;
1453          ;
1454          ;
1455          ;
1456          ;
1457          ;
1458          ;
1459          ;
1460          ;
1461          ;
1462          ;
1463          ;
1464          ;
1465          ;
1466          ;
1467          ;
1468          ;
1469          ;
1470          ;
1471          ;
1472          ;
1473          ;
1474          ;
1475          ;
1476          ;
1477          ;
1478          ;
1479          ;
1480          ;
1481          ;
1482          ;
1483          ;
1484          ;
1485          ;
1486          ;
1487          ;
1488          ;
1489          ;
1490          ;
1491          ;
1492          ;
1493          ;
1494          ;
1495          ;
1496          ;
1497          ;
1498          ;
1499          ;
1500          ;
1501          ;
1502          ;
1503          ;
1504          ;
1505          ;
1506          ;
1507          ;
1508          ;
1509          ;
1510          ;
1511          ;
1512          ;
1513          ;
1514          ;
1515          ;
1516          ;
1517          ;
1518          ;
1519          ;
1520          ;
1521          ;
1522          ;
1523          ;
1524          ;
1525          ;
1526          ;
1527          ;
1528          ;
1529          ;
1530          ;
1531          ;
1532          ;
1533          ;
1534          ;
1535          ;
1536          ;
1537          ;
1538          ;
1539          ;
1540          ;
1541          ;
1542          ;
1543          ;
1544          ;
1545          ;
1546          ;
1547          ;
1548          ;
1549          ;
1550          ;
1551          ;
1552          ;
1553          ;
1554          ;
1555          ;
1556          ;
1557          ;
1558          ;
1559          ;
1560          ;
1561          ;
1562          ;
1563          ;
1564          ;
1565          ;
1566          ;
1567          ;
1568          ;
1569          ;
1570          ;
1571          ;
1572          ;
1573          ;
1574          ;
1575          ;
1576          ;
1577          ;
1578          ;
1579          ;
1580          ;
1581          ;
1582          ;
1583          ;
1584          ;
1585          ;
1586          ;
1587          ;
1588          ;
1589          ;
1590          ;
1591          ;
1592          ;
1593          ;
1594          ;
1595          ;
1596          ;
1597          ;
1598          ;
1599          ;
1600          ;
1601          ;
1602          ;
1603          ;
1604          ;
1605          ;
1606          ;
1607          ;
1608          ;
1609          ;
1610          ;
1611          ;
1612          ;
1613          ;
1614          ;
1615          ;
1616          ;
1617          ;
1618          ;
1619          ;
1620          ;
1621          ;
1622          ;
1623          ;
1624          ;
1625          ;
1626          ;
1627          ;
1628          ;
1629          ;
1630          ;
1631          ;
1632          ;
1633          ;
1634          ;
1635          ;
1636          ;
1637          ;
1638          ;
1639          ;
1640          ;
1641          ;
1642          ;
1643          ;
1644          ;
1645          ;
1646          ;
1647          ;
1648          ;
1649          ;
1650          ;
1651          ;
1652          ;
1653          ;
1654          ;
1655          ;
1656          ;
1657          ;
1658          ;
1659          ;
1660          ;
1661          ;
1662          ;
1663          ;
1664          ;
1665          ;
1666          ;
1667          ;
1668          ;
1669          ;
1670          ;
1671          ;
1672          ;
1673          ;
1674          ;
1675          ;
1676          ;
1677          ;
1678          ;
1679          ;
1680          ;
1681          ;
1682          ;
1683          ;
1684          ;
1685          ;
1686          ;
1687          ;
1688          ;
1689          ;
1690          ;
1691          ;
1692          ;
1693          ;
1694          ;
1695          ;
1696          ;
1697          ;
1698          ;
1699          ;
1700          ;
1701          ;
1702          ;
1703          ;
1704          ;
1705          ;
1706          ;
1707          ;
1708          ;
1709          ;
1710          ;
1711          ;
1712          ;
1713          ;
1714          ;
1715          ;
1716          ;
1717          ;
1718          ;
1719          ;
1720          ;
1721          ;
1722          ;
1723          ;
1724          ;
1725          ;
1726          ;
1727          ;
1728          ;
1729          ;
1730          ;
1731          ;
1732          ;
1733          ;
1734          ;
1735          ;
1736          ;
1737          ;
1738          ;
1739          ;
1740          ;
1741          ;
1742          ;
1743          ;
1744          ;
1745          ;
1746          ;
1747          ;
1748          ;
1749          ;
1750          ;
1751          ;
1752          ;
1753          ;
1754          ;
1755          ;
1756          ;
1757          ;
1758          ;
1759          ;
1760          ;
1761          ;
1762          ;
1763          ;
1764          ;
1765          ;
1766          ;
1767          ;
1768          ;
1769          ;
1770          ;
1771          ;
1772          ;
1773          ;
1774          ;
1775          ;
1776          ;
1777          ;
1778          ;
1779          ;
1780          ;
1781          ;
1782          ;
1783          ;
1784          ;
1785          ;
1786          ;
1787          ;
1788          ;
1789          ;
1790          ;
1791          ;
1792          ;
1793          ;
1794          ;
1795          ;
1796          ;
1797          ;
1798          ;
1799          ;
1800          ;
1801          ;
1802          ;
1803          ;
1804          ;
1805          ;
1806          ;
1807          ;
1808          ;
1809          ;
1810          ;
1811          ;
1812          ;
1813          ;
1814          ;
1815          ;
1816          ;
1817          ;
1818          ;
1819          ;
1
```

The screenshot displays the CCS Debug environment. The top window shows the 'Expressions' pane with a table containing one entry:

Expression	Type	Value	Address
(*) data	unsigned char	2	0x001C00

Below this, the 'Add new expression' button is visible. The bottom window shows the 'main.c' source file with a context menu open over the 'data' variable. The menu options include: Breakpoint (Code Composer Studio), Open Declaration (F3), Cut (Ctrl+X), Copy (Ctrl+C), Paste (Ctrl+V), Use Spaces for Tab, Declarations, References, Search Text, Run to Line (Ctrl+R), Move To Line, Add Watch Expression..., and Preferences... A red arrow points from the 'Add Watch Expression...' option to the 'Expressions' window above.

**Expressions prozor služi za prikazivanje raznorodnih podataka, kao što su promenljive, konstante, sadržaj registara itd. Dodavanje nove promenljive je omogućeno u padajućem meniju nakon selekcije**

- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



# Zadatak – Detekcija stanja tastera

## Zadatak

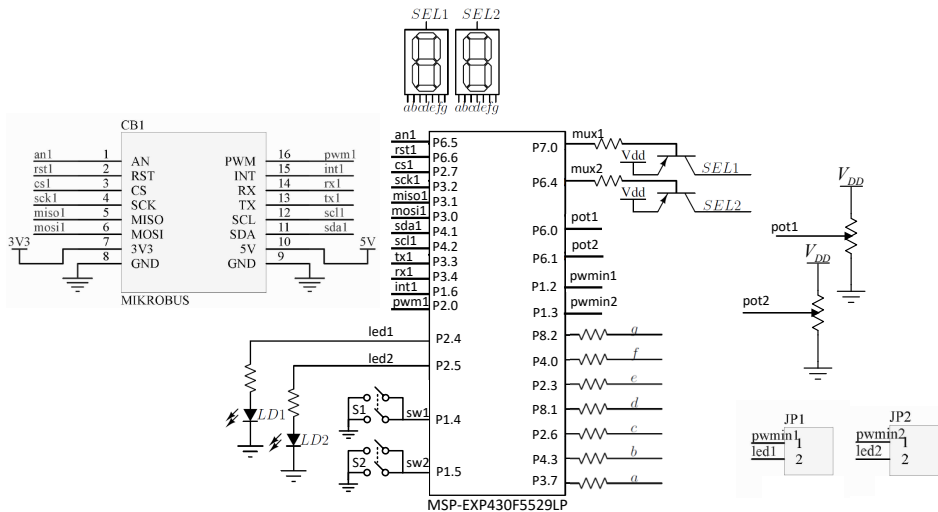
Napisati program za razvojni sistem koji dok je pritisnut jedan taster drži uključenu jednu LED diodu

## Napomene

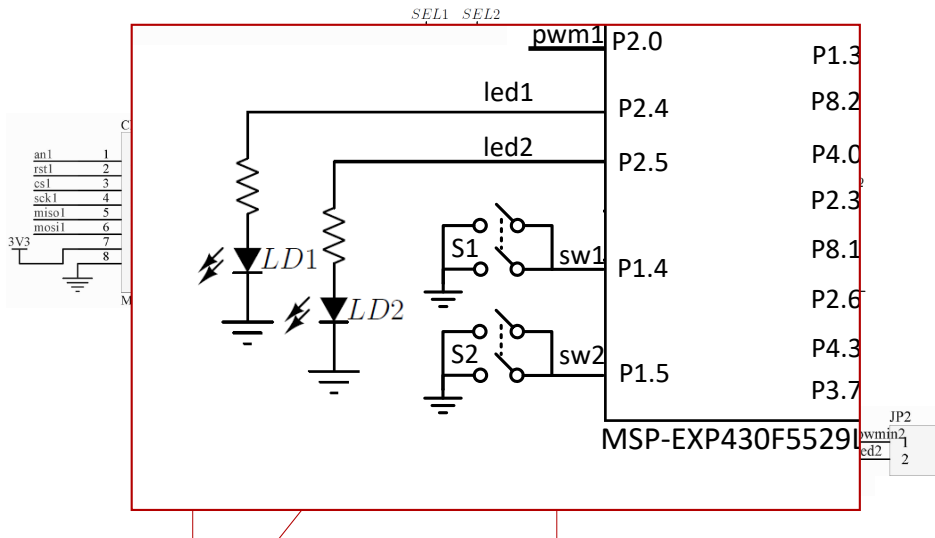
Očitavanjem PxIN registra za odgovarajući pin moguće je detektovati da li je taster pritisnut ili ne



# Opis hardvera



# Opis hardvera



# Zadatak – Detekcija stanja tastera

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem koji dok je pritisnut jedan taster drži uključenu jednu LED diodu

## Napomene

Očitavanjem PxIN registra za odgovarajući pin moguće je detektovati da li je taster pritisnut ili ne

## Rešenje

```
{asm|c}-button-glow
```



- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej





- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



# Zadatak – Detekcija pritiska tastera

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem koji na svaki pritisak jednog tastera menja stanje uključenosti LED diode

## Napomene

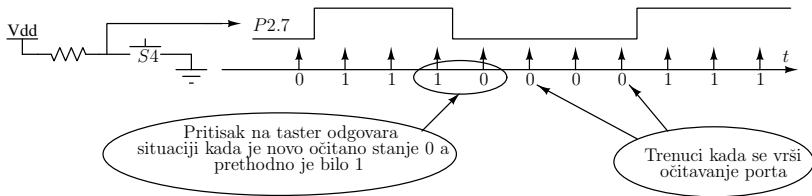
Ispitivanje da li je taster pritisnut vršiti poliranjem.



# Detekcija pritiska tastera

Algoritam detekcije pritiska tastera se zasniva na detekciji opadajuće ivice na ulaznom pinu

Glavni program mikrokontrolera treba periodično da očitava stanje ulaznog pina, poredi ga sa vrednosti iz prethodnog očitavanja i u slučaju detekcije prelaska sa 1 na 0 izvrši zahtevanu radnju.



# Zadatak – Detekcija pritiska tastera

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem koji na svaki pritisak jednog tastera menja stanje uključenosti LED diode

## Napomene

Ispitivanje da li je taster pritisnut vršiti poliranjem.

## Rešenje

```
{asm|c}-button-toggle
```



- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



# Zadatak – Detekcija pritiska tastera

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem koji na svaki pritisak jednog tastera menja stanje uključenosti LED diode

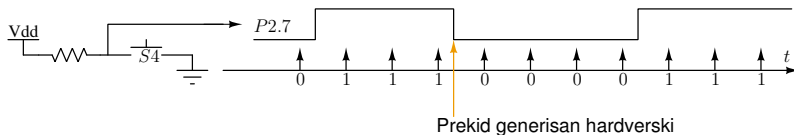
## Napomene

Ispitivanje da li je taster pritisnut vršiti putem prekidne rutine porta.

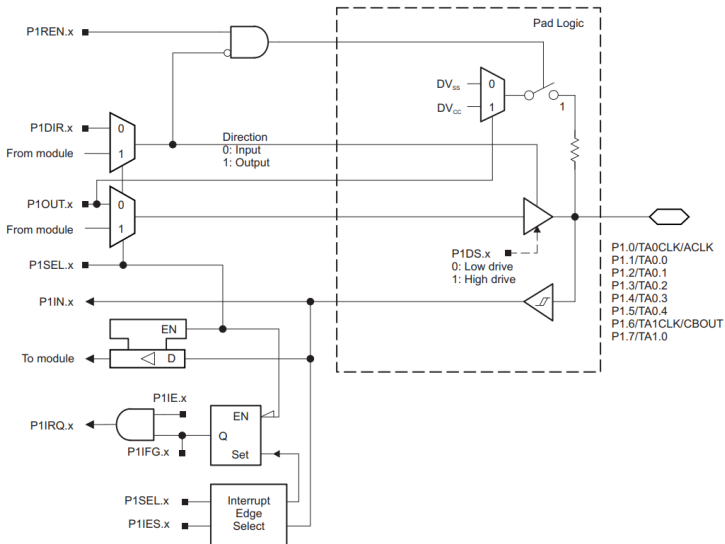


## Drugačiji pristup - prekidi

Prekidi koji se generišu promenom stanja ulaznih pinova portova P1 i P2



## Digitalni portovi - konfigurisanje porta za prekid





# Zadatak – Detekcija pritiska tastera

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem koji na svaki pritisak jednog tastera menja stanje uključenosti LED diode

## Napomene

Ispitivanje da li je taster pritisnut vršiti putem prekidne rutine porta.

## Rešenje

```
{asm|c}-button-toggle-isr
```



- 1 Uvod
  - Plan rada
  - MSP430
- 2 Hello, world!
  - Digitalni portovi
  - Razvojno okruženje
    - Asemblerski projekat
    - C-ovski projekat
    - Kompajliranje
    - Debagovanje
- 3 Detekcija stanja tastera
- 4 Detekcija pritiska tastera
  - Poliranje
  - Prekid
- 5 Sedmosegmentni displej



# Zadatak – Sedmosegmentni displej

## Zadatak

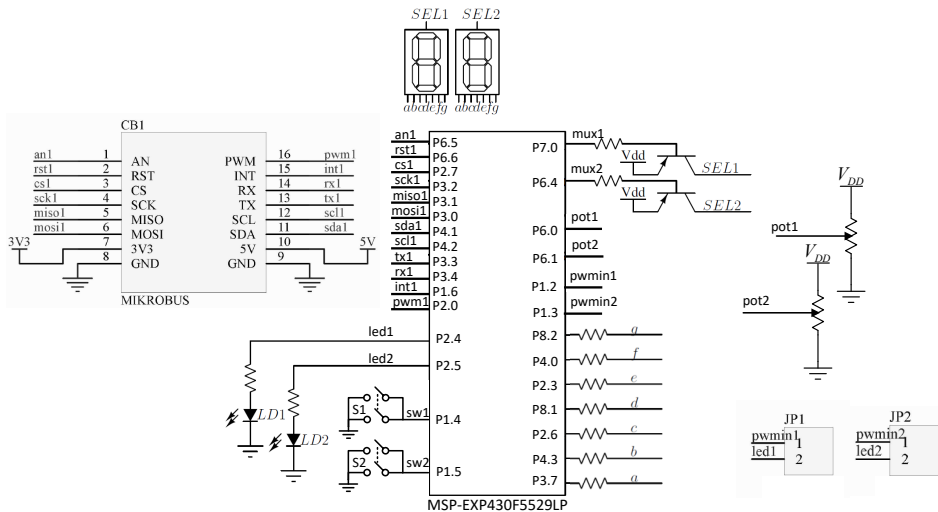
Napisati program za razvojni sistem koji na pritisak jednog tastera vrednost zapisanu u registru R12 prikazuje na sedmosegmentnom LED displeju.

## Napomene

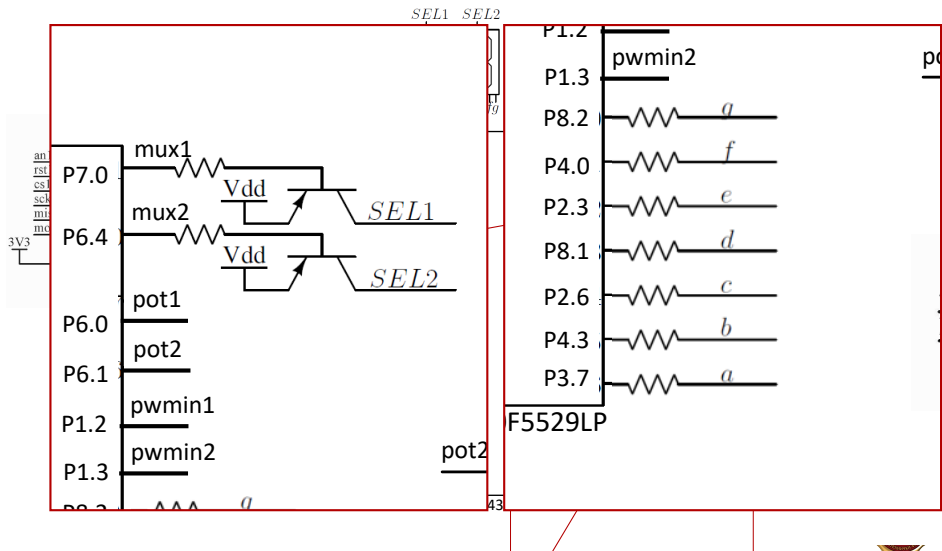
- ispitivanje da li je taster pritisnut vršiti putem prekidne rutine porta.
- ispisivanje na sedmosegmentni LED displej implementirati u vidu funkcije `WriteLed` u posebnom `asm` fajlu.



# Opis hardvera



# Opis hardvera



# Sedmosegmentni displej

Sedmosegmentni displej koji je prisutan na ploči je sa zajedničkom anodom

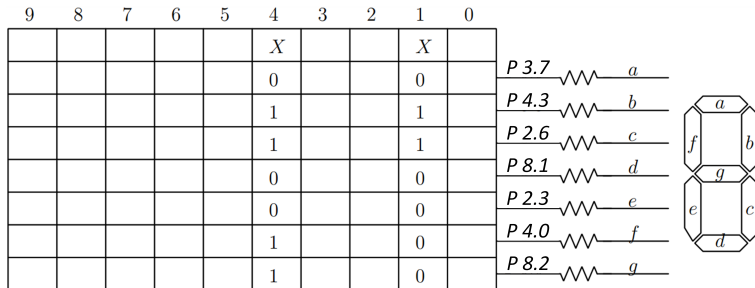
- displej se uključuje pomoću  $SEL_i$  signala
- pojedinačni segmenti se kontrolišu pomoću  $a..g$  signala

Da bi se uštedeo broj fizičkih linija potrebnih za upravljanje sa 2 LED displeja koji su prisutni na ploči, signali  $a..g$  su multipleksirani

Najjednostavniji način za ispisivanje cifara na displej je da se napravi tabela gde sadržaj svakog reda predstavljaju vrednosti signala  $a..g$  za koje se na LED displeju prikazuje indeks tog reda



# Sedmosegmentni displej



# Zadatak – Sedmosegmentni displej

## Zadatak

Napisati program za razvojni sistem koji na pritisak jednog tastera vrednost zapisanu u registru R12 prikazuje na sedmosegmentnom LED displeju.

## Napomene

- ispitivanje da li je taster pritisnut vršiti putem prekidne rutine porta.
- ispisivanje na sedmosegmentni LED displej implementirati u vidu funkcije `WriteLed` u posebnom `asm` fajlu.

## Rešenje

`{asm|c}-button-7seg`

