

LAB PROJEKAT 2020/21 – ZADATAK

Tema: Cilj ove laboratorijske vežbe je da studenti demonstriraju znanje stečeno na prethodnim vežbama kroz samostalno rešavanje projektnog zadatka.

OPIS ZADATKA

U okviru završnog projekta potrebno je realizovati **igru pogađanja binarnog broja**. Sistem se sastoji od dekadnog brojača (broji sekvencu 0-9), realizovanog pomoću integrisanih kola, na čije izlaze su povezane LED diode. Takt brojača se dovodi iz mikrokontrolera. Po startovanju sistema brojač broji sa učestanošću 40Hz. U sistemu postoji jedan taster povezan na mikrokontroler. Pritiskom tastera se brojač zaustavlja i na LED diodama se prikazuje broj u binarnom brojnem sistemu koji predstavlja trenutno stanje brojača. Igrač određuje cifru u dekadnom sistemu koja odgovara binarnoj predstavi na LED diodama, i šalje taj podatak na mikrokontroler korišćenjem UART komunikacije (brz način slanja je pritisak na taster ENTER nakon unosa cifre u okviru Serial Monitora). Na mikrokontroleru se ova cifra prihvata i upoređuje sa brojem koji je generisao brojač. Takođe, na mikrokontroleru se meri vreme od pritiska tastera do prispeća odgovora. Ukoliko se uneta cifra ne poklapa sa stanjem brojača igrač dobija 0 poena, dok u suprotnom dobija poene u zavisnosti od brzine odgovora, prema tabeli 1.

vreme	Poeni
<0.5s	9
<1s	8
<1.5s	7
<2s	6
<2.5s	5
<3s	4
<3.5s	3
<4s	2
>4s	1
nije tačno	0

Tabela 1. Bodovanje

Broj poena osvojen u trenutnoj rundi se prikazuje na segmentnom LED displeju. Nakon dodeljivanja poena runda je završena i brojač ponovo počinje da broji, čime je sistem spreman za novu rundu.

Obezbediti da se u slučaju pogotka na računar pošalje poruka koja sadrži sledeće elemente:

1. Broj runde
2. Poruka da je broj uspešno pogođen, i koji je to broj
3. Vreme koje je proteklo od pritiska tastera do prijema tačnog broja, kao decimalni broj u sekundama
4. Broj poena osvojen u tekućoj rundi
5. Ukupan broj poena iz ove i prethodnih rundi

U slučaju promašaja potrebno je na računar poslati poruku koja sadrži sledeće elemente:

1. Broj runde
2. Poruka da je broj nije pogođen
3. Informaciju koji je tačan broj a koji je broj korisnik uneo
4. Broj poena osvojen u tekućoj rundi (u ovom slučaju uvek 0)
5. Ukupan broj poena iz ove i prethodnih rundi

Ukupan broj poena se resetuje na 0 nakon 10 rundi.

NAPOMENE:

TIMER2 – za generisanje takta brojača

Za generisanje takta brojača najbolje je koristiti 8-bitni Timer/Counter 2 (u tekstu dalje samo Timer2) u CTC (Clear Timer on Compare Match) modu, uz promenu stanja izlaznog priključka OC2A mikrokontrolera koji se nalazi na pinu D11 svaki put kada Timer2 odbroji do kraja sekvence. Učestanost takta koji generiše Timer2 određena je kao:

$$f_{OC2A} = \frac{f_{CLK}}{2 \cdot N \cdot (1 + OCR2A)}$$

Gde je f_{CLK} učestanost ulaznog takta i iznosi 16MHz, N je faktor skaliranja takta i podešava se kontrolnim bitima CS2[2:0] kao što je prikazano na slici 3, a OCR2A je registar koji određuje do koje vrednosti broji brojač pre promene stanja izlaznog pina OC2A.

7	6	5	4	3	2	1	0	
COM2A1	COM2A0	COM2B1	COM2B0	–	–	WGM21	WGM20	TCCR2A
R/W	R/W	R/W	R/W	R	R	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	
7	6	5	4	3	2	1	0	
FOC2A	FOC2B	–	–	WGM22	CS22	CS21	CS20	TCCR2B
W	W	R	R	R	R	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

Slika 1. Mapa kontrolnih registara TCCR2A i TCCR2B Timer2 modula

COM2A1	COM2A0	Description
0	0	Normal port operation, OC0A disconnected.
0	1	Toggle OC2A on compare match
1	0	Clear OC2A on compare match
1	1	Set OC2A on compare match

Mode	WGM2	WGM1	WGM0	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCRx at	TOV Flag Set on ⁽¹⁾⁽²⁾
0	0	0	0	Normal	0xFF	Immediate	MAX
1	0	0	1	PWM, phase correct	0xFF	TOP	BOTTOM
2	0	1	0	CTC	OCRA	Immediate	MAX
3	0	1	1	Fast PWM	0xFF	BOTTOM	MAX
4	1	0	0	Reserved	–	–	–
5	1	0	1	PWM, phase correct	OCRA	TOP	BOTTOM
6	1	1	0	Reserved	–	–	–
7	1	1	1	Fast PWM	OCRA	BOTTOM	TOP

Slika 2. Opis kontrolnih bita za podešavanje moda rada modula Timer2

CS22	CS21	CS20	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped).
0	0	1	$clk_{T2S}/(\text{no prescaling})$
0	1	0	$clk_{T2S}/8$ (from prescaler)
0	1	1	$clk_{T2S}/32$ (from prescaler)
1	0	0	$clk_{T2S}/64$ (from prescaler)
1	0	1	$clk_{T2S}/128$ (from prescaler)
1	1	0	$clk_{T2S}/256$ (from prescaler)
1	1	1	$clk_{T2S}/1024$ (from prescaler)

Slika 3. Opis kontrolnih bita za podešavanje faktora skaliranja takta N Timer2 modula

Potrebno je podesiti sadržaj kontrolnih registara TCCR2A, TCCR2B i OCR2A tako da eksterni brojač radi sa učestanošću 40Hz. Brojač se zaustavlja ako mu se ukine takt kao što je prikazano na slici 3.

VAŽNO: Da bi se takt ispravno generisao na pinu D11 potrebno je ovaj pin proglašiti izlaznim!

TIMER1 – merenje vremena

Kako vremenski interval koji protekne od zaustavljanja brojača do unosa ispravnog broja može biti i po nekoliko sekundi dok je ulazni takt 16MHz, za merenje vremena je najbolje koristiti 16-bitni Timer/Counter 1 (u daljem tekstu samo Timer1). Kako ovaj tajmer broji uvek unapred i ne generiše nikakav izlazni signal, najbolje je da se koristi u Normal modu.

7	6	5	4	3	2	1	0	
COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	–	–	WGM11	WGM10	TCCR1A
R/W	R/W	R/W	R/W	R	R	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	
7	6	5	4	3	2	1	0	
ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	TCCR1B
R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

Slika 4. Mapa kontrolnih registara TCCR1A i TCCR1B Timer1 modula

COM1A1/COM1B1	COM1A0/COM1B0	Description
0	0	Normal port operation, OC1A/OC1B disconnected.
0	1	Toggle OC1A/OC1B on compare match.
1	0	Clear OC1A/OC1B on compare match (set output to low level).
1	1	Set OC1A/OC1B on compare match (set output to high level).

Mode	WGM13	WGM12 (CTC1)	WGM11 (PWM11)	WGM10 (PWM10)	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCR1x at	TOV1 Flag Set on
0	0	0	0	0	Normal	0xFFFF	Immediate	MAX
1	0	0	0	1	PWM, phase correct, 8-bit	0x00FF	TOP	BOTTOM
2	0	0	1	0	PWM, phase correct, 9-bit	0x01FF	TOP	BOTTOM
3	0	0	1	1	PWM, phase correct, 10-bit	0x03FF	TOP	BOTTOM
4	0	1	0	0	CTC	OCR1A	Immediate	MAX
5	0	1	0	1	Fast PWM, 8-bit	0x00FF	BOTTOM	TOP
6	0	1	1	0	Fast PWM, 9-bit	0x01FF	BOTTOM	TOP
7	0	1	1	1	Fast PWM, 10-bit	0x03FF	BOTTOM	TOP
8	1	0	0	0	PWM, phase and frequency correct	ICR1	BOTTOM	BOTTOM
9	1	0	0	1	PWM, phase and frequency correct	OCR1A	BOTTOM	BOTTOM
10	1	0	1	0	PWM, phase correct	ICR1	TOP	BOTTOM
11	1	0	1	1	PWM, phase correct	OCR1A	TOP	BOTTOM
12	1	1	0	0	CTC	ICR1	Immediate	MAX
13	1	1	0	1	(Reserved)	–	–	–
14	1	1	1	0	Fast PWM	ICR1	BOTTOM	TOP
15	1	1	1	1	Fast PWM	OCR1A	BOTTOM	TOP

Slika 5. Opis kontrolnih bita za podešavanje moda rada modula Timer1

CS12	CS11	CS10	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped).
0	0	1	$\text{clk}_{I/O}/1$ (no prescaling)
0	1	0	$\text{clk}_{I/O}/8$ (from prescaler)
0	1	1	$\text{clk}_{I/O}/64$ (from prescaler)
1	0	0	$\text{clk}_{I/O}/256$ (from prescaler)
1	0	1	$\text{clk}_{I/O}/1024$ (from prescaler)
1	1	0	External clock source on T1 pin. Clock on falling edge.
1	1	1	External clock source on T1 pin. Clock on rising edge.

Slika 6. Opis kontrolnih bita za podešavanje faktora skaliranja takta N Timer1 modula

Potrebno je podesiti sadržaj kontrolnih registara TCCR1A i TCCR1B tako da Timer1 radi u normalnom modu i ima učestanost rada 15.625kHz, pri čemu bi biti ICNC1 i ICES1 u TCCR1B trebalo da budu postavljeni na vrednost 0. Vrednost tajmera se može jednostavno odrediti čitanjem vrednosti registra TCNT1. Takođe, tajmer se može jednostavno resetovati (postaviti na 0) upisom 0 u registar TCNT1.

VAŽNO: Timer1 u normalnom modu rada broji do 65535 (binarno 1111111111111111), tako da se njime ne može meriti vreme duže od $65535/15625 = 4.19$ sekundi. U programu je neophodno obezbediti da se u slučaju da podatak nije pristigao ni nakon 4 sekunde Timer1 zaustavi i da se čeka samo dolazak podatka sa UART-a.

RAZLIKA IZMEĐU KARAKTERA I BINARNOG ZAPISA BROJA

Prilikom unosa cifre na tastaturi i nakon pritiska na ENTER, preko UART-a se mikrokontroleru šalje unesena cifra, ali kao tekstualni karakter (definisano u okviru ASCII standarda). Tako cifri 0 odgovara slanje broja 48, cifri 1 slanje broja 49, cifri 2 slanje broja 50 i tako dalje. Kada se u programu koji se piše želi naglasiti da je u pitanju karakter a ne binarni zapis broja, cifra se stavlja pod apostrofe, recimo '0', što odgovara broju 48. Ukoliko se u preko UARTA primi karakter c koji odgovara nekoj od cifara 0-9, voditi računa o tome da je to zapravo ASCII kod te cifre i da se vrednost cifre dobija oduzimanjem ASCII koda '0' od primljenog karaktera.