

# Arduino i tajmeri

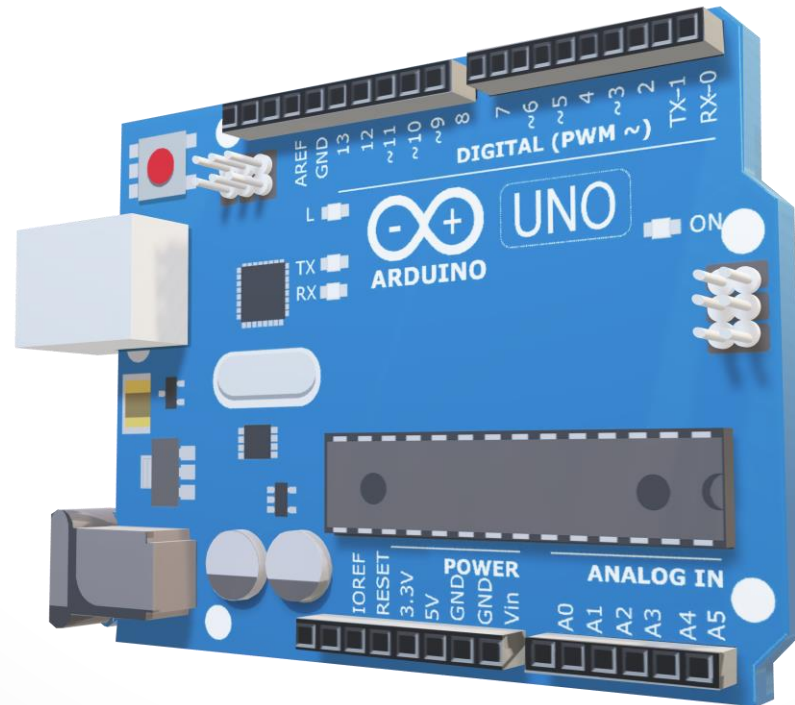
## *Internet stvari 2023. - III termin*



Nenad Petrović

*Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet*

[nenad.petrovic@elfak.ni.ac.rs](mailto:nenad.petrovic@elfak.ni.ac.rs), kancelarija 323



# Uvod

- Tajmer ili brojač je hardverska komponenta Arduino kontrolera koja ima ulogu sličnu časovniku i glavna joj se svrha merenje vremenskih aspekata ili detekciju vremenski-zavisnih događaja u sistemu
- Tajmer se može programirati uz pomoć specijalnih registara
- Preskaler se koristi za precizno štelovanje režima rada tajmera
  - Komponenta koja utiče na takt (deli ga) tako da se može koristiti vrednost frekvencije drugačija od samog oscilatora
- Prednost merenja vremena tajmerom
  - Kada se pozove `delay()`, mikrokontroler ništa drugo ne može da radi
  - Sa druge strane, korišćenjem prekida tajmera obrada samo kada se ispune uslovi, a ne trošimo procesorsko vreme čekajući uzalud
- Mnoge Arduino funkcije u pozadini koriste tajmere i prekide
  - `delay()`, `millis()`, `micros()`, PWM funkcije - `analogWrite()`, `tone()`, `noTone()`, pa čak i servo biblioteka

# Konfiguracije tajmera kod Arduina

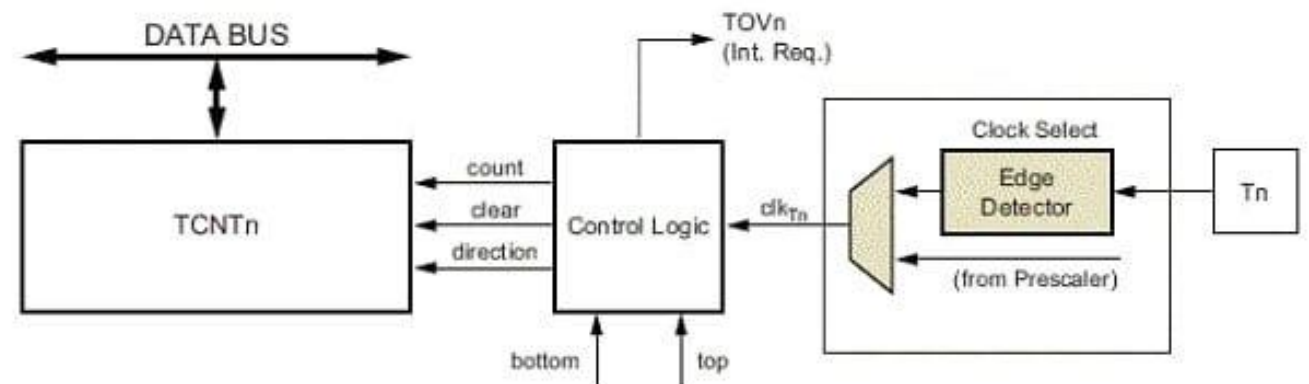
- Podrazumevana podešavanja Arduino firmware-a
  - Svi tajmeri konfigurisani da rade na frekvenciji 1kHz
  - Svi prekidi omogućeni
- Različite konfiguracije, zavisno od modela mikrokontrolera
  - Arduino Uno/ATMega328
    - 3 tajmera
    - Timer0 i Timer2 su 8-bit
      - 0-255
    - Timer1 je 16-bit
      - 0-65535
  - Arduino Mega/ATMega 2560
    - Atmega 2560 kontroler
    - 6 tajmera
    - prva tri isti kao kod Uno
    - Timeri3-5 su 16bit, slični kao Timer1

# Tajmerski registri

- Utiču na podešavanja tajmera
  - **TCCR<sub>x</sub>**
    - Timer/Counter Control Register
    - Preskaler se ovde podešava
  - **TCNT<sub>x</sub>** - Timer/Counter Register
    - Trenutna vrednost tajmera je ovde
  - **OCR<sub>x</sub>** - Output Compare Register
  - **ICR<sub>x</sub>** - Input Capture Register
    - Samo za 16bit tajmere
  - **TIMSK<sub>x</sub>**
    - Timer/Counter Interrupt Mask Register
    - Za omogućavanje/onemogućavanje tajmerskih prekida
  - **TIFR<sub>x</sub>** - Timer/Counter Interrupt Flag Register
    - Stausni flegovi – do kojih je sve prekida tajmera došlo

# Princip rada tajmera

- Preskaler prima impuls svakog ciklusa takta, a zatim ga prosleđuje upravljačkoj logici, tako da upravljačka logika povećava TCNTn registar za 1
  - Omogućava da kreiramo različite opsege takta
    - **16MHz** može biti previše
  - Zahvaljujući preskaleru, možemo deliti takt
  - Zavisi od konfiguracije **TCCR0B**
- Zatim, možemo porediti **TCNTn** sa nekom ciljanom vrednošću
  - Kada dostigne tu vrednost, znamo da je neko izvesno vreme prošlo.
  - Ova metoda je poznata kao CTC (Clear Timer on Compare) režim
  - Vrednost TCNTn se poredi sa **OCRn** registrom
  - Ako dođe do poklapanja, **TOVn** generiše prekid



# Timer0 i njegova primena

- Slobodan 8-bit brojač
- 2 nezavisne komparatorске jedinice
  - Izlazni pinovi za poređenje se OC0A i OC0B
  - Multipleksirani na B7 i D0
- PWM podrška vrednosti sa kojima može da se nezavisno poredi
- Bitni registri

TCNT0

timer/counter 0 vrednost

TCCR0A

timer/counter 0 upravljački registar A

TCCR0B

timer/counter 0 upravljački registar B

OCR0A

timer/counter 0 registar za upoređivanje A

OCR0B

timer/counter 0 registar za upoređivanje B

TIFR0

timer/counter 0 flegovi prekida



# Prekidi tajmera

- Imamo tri vektora prekida koji se vezuju za Timer 0
- **TIMER0\_OVF** - prekid kada dođe do prekoračenja
  - Poziva se kada dođe do prekoračenja za Timer 0 – (vraća se na 0x00)
  - Potrebno je omogućiti u registru maski TIMSK0:TOIE0 bit
  - Napisati handler za TIMER0\_OVF vektor prekida
- **TIMER0\_COMPA** – prekid kada se TCNT0 poklpa sa OCR0A registrom
  - Podesiti OCIE0A bit na 1
  - Napisati handler za TIMER0\_COMPA vektor prekida
- **TIMER0\_COMPB** – prekid kada se TCNT0 poklpa sa OCR0B registrom
  - Podesiti OCIE0B bit na 1
  - Napisati handler za TIMER0\_COMPB vektor prekida
- Napomene
  - Prekidi moraju biti omogućeni globalno da bi ovo funkcionisalo
  - Ulazak u neki od ovih prekida automatski stavlja na 0 odgovarajući TIFR0 fleg

# Flegovi za Timer 0 prekide

- TIFR0 registar sadrži flegove prekida Timer-a 0
- Tri flega su od značaja u ovom registru

TIFR0 : OCF0A

TIFR0 : OCF0B

TIFR0 : TOV0

postavlja se na 1 kada TCNT0 postane OCR0A  
postavlja se na 1 kada TCNT0 postane OCR0B  
kada god se TCNT0 vrati na vrednost 0x00  
(prekoračenje)



# Omogućavanje/onemogućavanje prekida tajmera

7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	OCIE0B	OCIE0A	TOIE0

## Timer/Counter Interrupt Mask Register – TIMSK0

### Bit 2 - OCIE0B: Timer/Counter1 Output CompareB Match Interrupt Enable

- Kada je OCIE1A bit jednak 1 i I-bit (Globalno omogućavanje prekida u Statusnom registru) takođe 1, onda je omogućen Timer/Counter0 CompareA Match interrupt
- Odgovarajuća prekidna rutina se izvršava ako se vrednost tajmera poklopi sa CompareA registrom
- OCF0B bit se postavlja na jedan u TIFR0

### Bit 1 - OCIE0A: Timer/Counter0 Output CompareA Match Interrupt Enable

- Kada je OCIE0A bit jednak 1 i I-bit (Globalno omogućavanje prekida u Statusnom registru) takođe 1, onda je omogućen Timer/Counter0 CompareA Match interrupt
- Odgovarajuća prekidna rutina se izvršava ako se vrednost tajmera poklopi sa CompareA registrom
- Postavlja se OCF0A na jedan u TIFR0

### Bit 0 - TOIE0: Timer/Counter0 Overflow Interrupt Enable

- Kada je TOIE0 bit jednak 1 i I-bit (Globalno omogućavanje prekida u Statusnom registru) takođe 1, onda je omogućen Timer/Counter0 Overflow prekid
- Odgovarajuća prekidna rutina se izvršava ako vrednost tajmera 0 prekorači vrednost
- Tada se TOV0 bit postavlja na jedan u Timer/Counter Interrupt Flag Register 0 (TIFR0)

# Podešavanje preskalera za merenje vremena

- Formula za podešavanje OCRn

$$OCRn = \left\lceil \frac{Takt}{Vrednost\ preskalera} * \text{Željeno vreme [s]} \right\rceil - 1$$

- TCCR0B registar za preskaler

	7	6	5	4	3	2	1	0
TCCR0B	FOC0A	FOC0B	-	-	WGM02	CS02	CS01	CS00

- Režimi zavisno od CS00-02 bitova

CS02	CS01	CS00	Opis
0	0	0	Timer/Counter0 onemogućen
0	0	1	Clock/1 - bez preskalinga
0	1	0	Clock/8
0	1	1	Clock/64
1	0	0	Clock/256
1	0	1	Clock/1024

# Modovi tajmera/Generisanje talasnih oblika

- Tajmeri mogu da radi u nekom od 6 mogućih režima
- Podešavaju se uz pomoć bitova: WGM00, WGM01 i WGM02
  - Raspoređeni u TCCR0A i TCCR0B.
- Kada se dosegne maksimalna vrednost, tajmer će ili biti resotvan na 0x00 i nastaviti brojanje unapred (UP režim) ili u suprotnom smeru (UP/DOWN režim)
- Modovi upravljaju kako će tajmer da broji
  - Unapred UP ili UP/DOWN
  - Koja će maksimalna vrednost da bude (0xFF ili vrednost iz OCR0A)

TCCR0B: WGM02	TCCR0A: WGM01	TCCR0A: WGM00	Mode
0	0	0	UP do 0xFF
0	1	0	UP do OCR0A
0	1	1	UP do 0xFF, PWM mode
1	1	1	UP do OCR0A, PWM mode
0	0	1	UP do 0xFF, DOWN do 0x00, PWM mode
1	0	1	UP do OCR0A, DOWN do 0x00, PWM mode

# Primer 4

- Implementirati program koji pali i gasi LED diodu na pinu svake sekunde isključivo upotrebom internog tajmera (bez delay procedura)

```
int counter=0;
bool state=0;

void setup() {

    cli();

    pinMode(13,OUTPUT);

    //Preskaler 1/64 takta : CS02 = 0, CS01 = 1, CS00 = 1
    TCCR0B|=(1<<CS01);
    TCCR0B|=(1<<CS00);

    TCCR0A=(1<<WGM01);    //Podesiti rezim poklapanja sa OCR0A

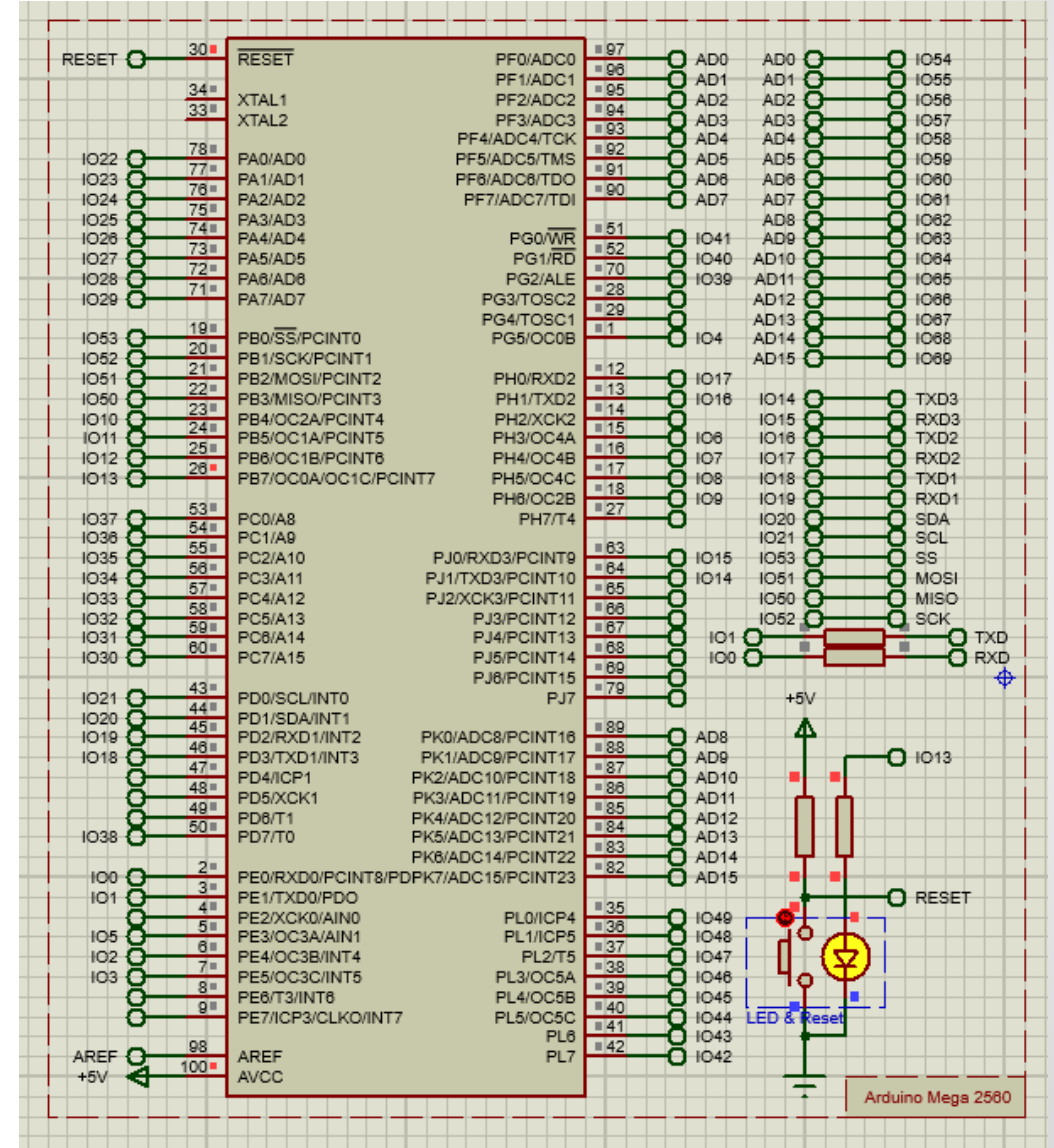
    OCR0A=0xF9; //Za 1ms: (16*10^6/64)-1 = 1000/4 = 250 - 1 = 249 (F9 hex)

    TIMSK0|=(1<<OCIE0A);    //Omoguciti izvor prekida - poklapanje sa OCR0A

    sei(); //Globalno omoguciti prekide
}

void loop() {
    //1s = 1000 * 1ms
    if(counter>=1000){
        state=!state;
        counter=0;
        digitalWrite(13,state);
    }
}

//Rutina koja se izvrsava kada Timer 0 ima vrednost OCR0A
ISR(TIMER0_COMPA_vect){
    counter++;
}
```



# Primer 4: Podešavanje preskalera

- Formula za podešavanje OCRn

$$OCRn = \left\lceil \frac{Takt}{Vrednost\ preskalera} * \text{Željeno vreme [s]} \right\rceil - 1$$

- TCCR0B registar za preskaler
  - biramo proizvoljno (intuitivno), recimo 64
- Takt oscilatora
  - 16MHz
- Željeno vreme
  - 1 ms = 1 \* 10<sup>-3</sup> s

$$OCRn = \left\lceil \frac{16 * 10^6}{64} * 1 * 10^{-3} [s] \right\rceil - 1 = \left\lceil \frac{2^4 * 10^6}{2^6} * 1 * 10^{-3} [s] \right\rceil - 1 = \left\lceil \frac{10^3}{2^2} \right\rceil - 1 = 250 - 1 = 249$$

- 249 (dec) = F9 (hex)