



**Politechnika Poznańska**  
**Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania**  
**Sterowniki Urządzeń Mechatronicznych – laboratorium**



Ćw. 3: Timer

v1.0

## 1 CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z możliwościami odmierzenia czasu za pomocą wewnętrznego TIMER'a mikrokontrolerów serii AVR

## 2 ZAKRES NIEZBĘDNYCH WIADOMOŚCI

- wiadomości z poprzednich ćwiczeń
- rodzaje timerów ze względu na ilość bitów i podstawowe różnice między nimi
- możliwe źródła sygnału wejściowego dla timerów
- zastosowanie timerów
- rola prescalera w timerze
- umiejętność obliczenia częstotliwości pracy timera znając wartość prescalera oraz wartość przeładowania (wartość początkową) licznika
- umiejętność dobrania prescalera oraz obliczenia wartości przeładowania (wartość początkową timera) tak, aby uzyskać żadaną częstotliwość pracy timera w mikrokontrolerze
- różnica między trybem timer, a trybem counter w mikrokontrolerach AVR
- przerwanie od timera
- priorytet przerw

**Rejestry i bity sterujące używane podczas ćwiczeń do konfiguracji timera TIM3:**

TCCR3A, TCCR3B, CS30, CS31, CS32, ETIMSK, TOIE3, TCNT3, WGM30, WGM31, WGM32, OCR3

## 3 WIADOMOŚCI WSTĘPNE

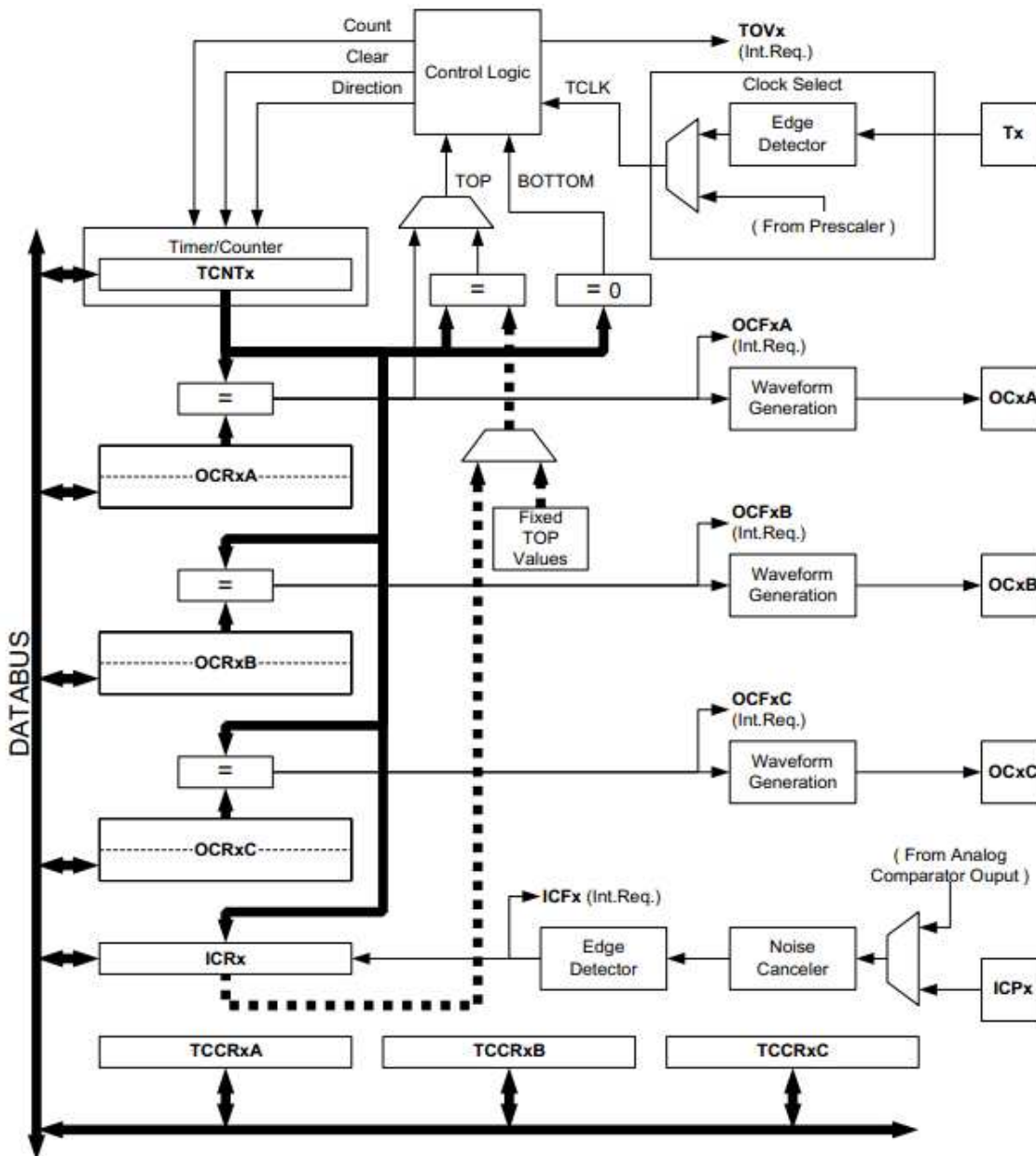
### • 16-BIT TIMER/LICZNIK (TIMER/LICZNIK1 I TIMER/LICZNIK3)

Szesnastobitowa jednostka timera/licznika pozwala na dokładną kontrolę parametrów czasowych związanych z wykonywaniem instrukcji (zarządzanie zdarzeniami), generację przebiegów oraz pomiary parametrów czasowych sygnałów. Główne jej cechy to:

- Pełna zgodność z architekturami 16-bitowymi
- Trzy niezależne jednostki porównywania wyjść
- Podwójnie buforowane rejestry porównywania wyjść
- Jedna jednostka kontrolna wejścia
  
- Reduktor szumów jednostki kontrolnej wejścia
- Timer z zerowaniem przy zgodności z zadaniem warunkiem (samoprzeładowanie)
- Bezhazardowy modulator szerokości impulsu z poprawną fazą
- Zmienny okres PWM
- Generator
- Licznik zdarzeń zewnętrznych



- 10 niezależnych źródeł przerw Mikrokontrolery posiadają odpowiednie rejestry do zarządzania pracą portów (TOV1, OCF1A, OCF1B, OCF1C, ICF1, TOV3, OCF3A, OCF3B, OCF3C, and ICF3)



## • REJESTRY

16-bitowymi rejestrami są:

- (TCNTn) - Timer/Licznik (aktualna wartość licznika)
- (OCRnA/B/C) - Wyjściowe rejestry porównania
- (ICRn) - Wejściowy rejestr zdarzeń (określa górną wartość licznika)



8-bitowymi rejestrami są:

- (TCCRnA/B/C) - Rejestry kontrolne licznika

### • **AKTUALNE NAZEWNICTWO REJESTRÓW**

Następujące kontrolne bity zmieniły nazwę, lecz posiadają te same funkcje i lokacje:

- PWMn0 zmieniony na WGMn0
- PWMn1 zmieniony na WGMn1
- CTCn zmieniony na WGMn2

Następujące rejestry zostały dodane:

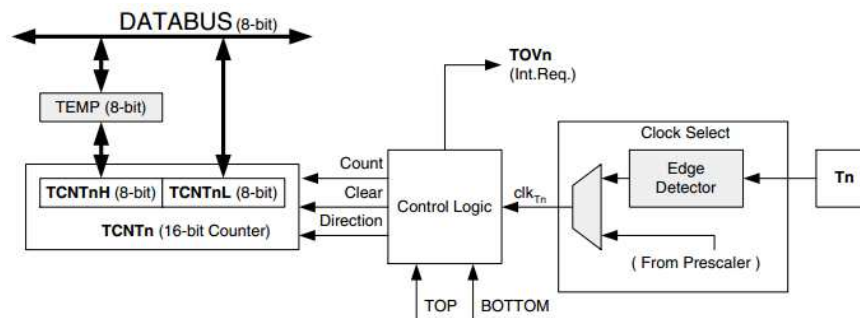
- Rejestr kontrolny C (TCCRnC)
- Rejestry OCRnCH, OCRnCL

Następujące bity zostały dodane:

- COM1C1:0 dodany do rejestru TCCR1A
- FOCnA, FOCnB, FOCnC dodane do nowego rejestru TCCRnC.

### • **ŹRÓDŁA TAKTOWANIA**

Timer/Licznik może być taktowany przez wewnętrzne lub zewnętrzne źródło. Wyboru dokonuje się poprzez ustawienie bitów CSn2:0 zlokalizowanych w rejestrze kontrolnym B (TCCRnB).



**Count** zwiększenie lub zmniejszenie TCNTn o 1.

**Direction** Wybór pomiędzy inkrementacją i dekrementacją.

**Clear** Wyzerowanie TCNTn (ustawienie wszystkich bitów na zero).

**clkTn** Impuls zegara/licznika.

**TOP** Sygnalizuje że TCNTn osiągnął wartość maksymalną.

**BOTTOM** Sygnalizuje że TCNTn osiągnął wartość minimalną.



• REJESTRY KONTROLNE

*Rejestr kontrolny A Zegara/Licznika3 – TCCR3A*

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	COM3A1	COM3A0	COM3B1	COM3B0	COM3C1	COM3C0	WGM31	WGM30	TCCR3A
Odczyt/Zapis (R/W)	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Wartość początkowa	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Bit 7:6 – COMnA1:0: Tryb porównania wyjścia dla Kanału A
- Bit 5:4 – COMnB1:0: Tryb porównania wyjścia dla Kanału B
- Bit 3:2 – COMnC1:0: Tryb porównania wyjścia dla Kanału C

Poniższa tabela pokazuje funkcje bitu COMnx1:0, gdy bity WGMn3:0 są ustawione na tryb normalny lub CTC:

COMnA1/COMnB1/COMnC1	COMnA0/COMnB0/COMnC0	Opis
0	0	Normalne działanie portu, OCnA/OCnB/OCnC - odłączone
0	1	Przełączenie OCnA/OCnB/OCnC przy dopasowaniu
1	0	Wyczyszczenie OCnA/OCnB/OCnC przy dopasowaniu (ustawienie wyjścia na niski poziom)
1	1	Ustawienie OCnA/OCnB/OCnC przy dopasowaniu (Ustawienie wyjścia na poziom wysoki)

*Rejestr kontrolny B Zegara/Licznika3 – TCCR3B*

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ICNC3	ICES3	-	WGM33	WGM32	CS32	CS31	CS31	TCCR3B
Odczyt/Zapis (R/W)	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Wartość początkowa	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Bit 7 – ICNCn: Reduktor Zakłóceń Wejściowych  
Ustawienie tych bitów (na wartość 1) aktywuje reduktor zakłóceń, co powoduje że sygnał wejściowy na pinie przechwytywania wejścia ICPn jest filtrowany. Przechwytywanie sygnałów na wejściu jest wtedy opóźnione.
- Bit 6 – ICESn: Wybór Zbocza  
Ten bit określa które zbocze będzie użyte na pinie ICPn do wywołania przechwyconego zdarzenia. Kiedy bit ICESn jest ustawiony na zero, to zostanie użyte opadające zbocze. Jeśli ustawimy ICESn na jeden, narastające zbocze wywoła zdarzenia.  
Jeżeli rejestr ICRn jest używany jako wartość TOP dla licznika, to pin ICPn zostaje odłączony.
- Bit 5 – Bit Zarezerwowany
- Bit 4:3 – WGMn3:2: Tryb Generacji Fali



# Politechnika Poznańska

## Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania

### Sterowniki Urządzeń Mechatronicznych – laboratorium



#### Ćw. 3: Timer

v1.0

- Bit 2:0 – CSn2:0: Wybór źródła taktowania

Trzy bity określają źródło taktowania licznika. Opis bitów:

CSn2	CSn1	CSn0	Opis
0	0	0	żadne źródło nie zostało wybrane
0	0	1	clk <sub>IO</sub> /1
0	1	0	clk <sub>IO</sub> /8
0	1	1	clk <sub>IO</sub> /64
1	0	0	clk <sub>IO</sub> /256
1	0	1	clk <sub>IO</sub> /1024
1	1	0	zewnętrzne źródło podłączone do Tn (taktowanie opadającym zboczem)
1	1	1	zewnętrzne źródło podłączone do Tn (taktowanie narastającym zboczem)

#### Rejestr Porównawczy 3A – OCR1AH oraz OCR1AL

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCR3A[15:8]								OCR3AH OCR3AL
	OCR3A[7:0]								
Odczyt/Zapis (R/W)	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Wartość początkowa	0	0	0	0	0	0	0	0	

#### Rejestr Porównawczy 3B – OCR3BH oraz OCR3BL

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCR3B[15:8]								OCR3BH OCR3BL
	OCR3B[7:0]								
Odczyt/Zapis (R/W)	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Wartość początkowa	0	0	0	0	0	0	0	0	

#### Rejestr Porównawczy 3C – OCR3CH oraz OCR3CL

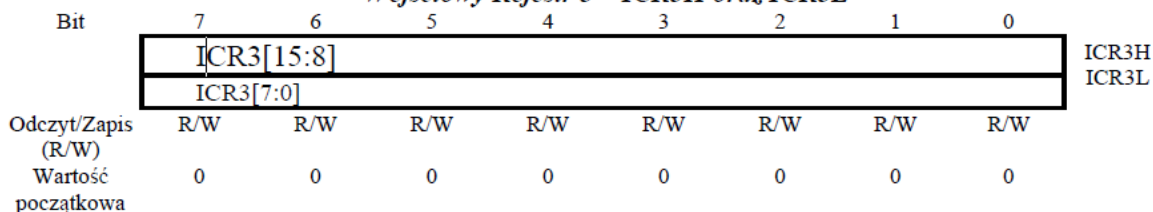
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	OCR3C[15:8]								OCR3CH OCR3CL
	OCR3C[7:0]								
Odczyt/Zapis (R/W)	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Wartość początkowa	0	0	0	0	0	0	0	0	

Wyjściowy rejestr porównawczy zawiera 16-bitową wartość która jest ciągle porównywana z wartością licznika (TCNTn). Porównanie może zostać użyte do generowania przerwania lub fali na pinie OCnx.

Dostęp procesora do rejestrów odbywa się poprzez 8-bitowy rejestr TEMP. Ten rejestr jest „dzielony” przez wszystkie 16-bitowe rejestry.



Wejściowy Rejestr 3 – ICR3H oraz ICR3L



• TRYBY PRACY

W poniższej tabeli przedstawiono konfigurację bitową dla różnych trybów pracy Timera. Aby korzystać z Timera jako zegara należy wybrać tryb pracy „1 Normal”.

Mode	WGMn3	WGMn2 (CTCn)	WGMn1 (PWMn1)	WGMn0 (PWMn0)	Timer/Counter Mode of Operation <sup>(1)</sup>	TOP	Update of OCRnx at	TOVn 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	OCRnA	Immediate	MAX
5	0	1	0	1	Fast PWM, 8-bit	0x00FF	TOP	TOP
6	0	1	1	0	Fast PWM, 9-bit	0x01FF	TOP	TOP
7	0	1	1	1	Fast PWM, 10-bit	0x03FF	TOP	TOP
8	1	0	0	0	PWM, Phase and Frequency Correct	ICRn	BOTTOM	BOTTOM
9	1	0	0	1	PWM, Phase and Frequency Correct	OCRnA	BOTTOM	BOTTOM
10	1	0	1	0	PWM, Phase Correct	ICRn	TOP	BOTTOM
11	1	0	1	1	PWM, Phase Correct	OCRnA	TOP	BOTTOM
12	1	1	0	0	CTC	ICRn	Immediate	MAX
13	1	1	0	1	(Reserved)	–	–	–
14	1	1	1	0	Fast PWM	ICRn	TOP	TOP
15	1	1	1	1	Fast PWM	OCRnA	TOP	TOP



**• PRZERWANIA**

Wszystkie sygnały żądania przerw są widoczne w rejestrze przerw TIFR w rozszerzonym rejestrze przerw ETIFR.

Podwójnie buforowane wyjściowe rejestry porównania (OCRnA/B/C) są cały czas porównywane z wartością licznika. Wynik porównania może być użyty przez generator fal (PWM).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	TICIE3	OCIE3A	OCIE3B	TOIE3	OCIE3C	OCIE1C	ETIMSK
Read/Write	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Bit 2 - TOIE3: Timer/Counter 3, Włączanie przerwania od przepełnienia

Kiedy ten bit jest ustawiony na jeden i flaga w rejestrze statusu jest ustawiona (przerwania globalnie włączone), timer/counter 3 przerwanie przepełnienia jest włączone.

**• PODSUMOWANIE**

Aby skonfigurować timer3 do trybu pracy normalnej należy ustawić bity WGMn na wartość zero (zgodnie z tabelą 61. str. 130 dokumentacji ATmega128). Następnie należy odpowiednio skonfigurować prescaler w rejestrze TCCR3B (zgodnie z tabelą 62. str. 131) bitami CS32, CS31, CS30. Następnie należy ustawić wartość jeden bitu TOIE3 w rejestrze ETIMSK, oznaczający włączenie przerw przy przepełnieniu licznika. Aby zmienić wartość początkową licznika należy wpisać odpowiednio przeliczoną wartość startową do rejestru TCNT3. Należy pamiętać, że rejestr TCNT3 jest rejestrem wartości aktualnej licznika i należy zawsze po wywołaniu przerwania wpisać do niego wartość początkową, ponieważ zawsze zaczyna zliczać od zera. Aby uruchomić globalne zezwolenie przerw należy wywołać funkcję „sei();” (poprzednie ćwiczenie laboratoryjne INTERRUPT).

Częstotliwość generowania przerwania podczas zliczania w dół:

$$f = \frac{f_{clk}}{N \cdot (reloadValue)}$$

Gdzie: *f* – częstotliwość generowania przerwania, *N* – prescaler (1, 8, 64, 256, 1024), *reloadValue* – wartość przeladowania licznika.

Podczas zliczania w górę:

$$f = \frac{f_{clk}}{N \cdot (2^{iloć\_bitów\_timera} - reloadValue)}$$



**Politechnika Poznańska**  
**Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania**  
**Sterowniki Urządzeń Mechatronicznych – laboratorium**



**Ćw. 3: Timer**

**v1.0**

Np.: Podać wartość preskalera oraz wartość przepełnienia licznika, aby częstotliwość generowania prze-rwania wynosiła  $f=4$ , przy częstotliwości pracy procesora  $f_{clk}=16MHz$ , pamiętając że korzystamy z timera 16-bitowego.

Wartość  $N$  obliczamy kolejno podstawiając do przekształconego wzoru:

$$reloadValue = 2^{ilosc\_bitow\_timera} - \frac{f_{clk}}{N \cdot f}$$

Następujące wartości dla  $N=1, 8, 64, 256, 1024$  pamiętając o zależności:

$$0 < reloadValue < 2^{ilosc\_bitow\_timera}$$

Kolejno otrzymujemy:

- $N=1$ ,  $reloadValue=-3934464$ , błąd wartość ujemna
- $N=8$ ,  $reloadValue=-434464$ , błąd wartość ujemna
- $N=64$ ,  $reloadValue=3036$ , dobrze
- $N=256$ ,  $reloadValue=49911$ , dobrze
- $N=1024$ ,  $reloadValue=61629.75$ , błąd wartość nie całkowita

Tak więc jako prawidłowe wartości za  $N$  można przyjąć 64 oraz 256,

Przykładowe obliczenie dla wartości  $N=256$  wykonano następująco:

$$reloadValue = 2^{16} - \frac{16000000}{256 \cdot 4} = 49911$$

Pamiętając o tym, że timer zlicza do 16-bitów należy odpowiednio wpisać wartość początkową rejestru TCNT3:

$$TCNT3 = reloadValue = 49911$$





**Politechnika Poznańska**  
**Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania**  
**Sterowniki Urządzeń Mechatronicznych – laboratorium**



**Ćw. 3: Timer**

**v1.0**

**Przykładowy program realizujący powyższe zadanie:**

```
#include <AVR/io.h>
#include <AVR/interrupt.h>
#include <util/delay.h>

#define WARTOSC_PZELADOWANIA 49911

ISR(TIMER3_OVF_vect)
{
    TCNT3 = WARTOSC_PZELADOWANIA;
    PORTC ^= (1<<0);
}

unsigned int i;

int main(void)
{
    DDRC=0b11111111;
    DDRD=0b00000000;

    TCCR3B &=~ (1<<CS30);
    TCCR3B &=~ (1<<CS31);
    TCCR3B |= (1<<CS32);
    ETIMSK|=(1<<TOIE3);
    TCNT3 = WARTOSC_PZELADOWANIA;
    sei();

    while(1)
    {
        if(bit_is_clear(PIND,PD7))
        {
            PORTC |= (1<<1);}
        else{
            PORTC &= ~(1<<1);
        }
    }
}
```



## **4 PRZEBIEG ĆWICZENIA**

### **4.1 Rozwiązanie klasyczne z funkcją „delay”**

- wgrać i uruchomić program lab3.1
- prześledzić działanie programu i zapisać wnioski
- obliczyć częstotliwość migania diody

### **4.2 Rozwiązanie oparte o TIMER3**

- wgrać i uruchomić program lab3.2
- prześledzić działanie programu i porównać efekt z poprzednim programem
- na podstawie wzorów obliczyć wartość preskalera  $N$ , częstotliwość generowania przerwania od TIMER-a oraz częstotliwość migania diody

### **4.3 Program twórczy: zegar pseudobinarny (mm:ss)**

Wykorzystując TIMER3 należy napisać program realizujący zegar pseudobinarny wyświetlający dane na pasku diodowym płytki zestawu ewaluacyjnego. Przełączanie trybu między czasem w sekundach, a minutach należy zrealizować wykorzystując przycisk P1-sekundy, P2 – minuty. Wykonać niezbędne obliczenia dla częstotliwości pracy TIMER-a.

### **4.4 \*Zrealizować program podany przez prowadzącego**

W ramach ostatniego punktu, po poprawnym wykonaniu poprzednich zadań, można wykonać program, który ma realizować cele podane przez prowadzącego zajęcia. Wykonanie zadania będzie dodatkowym atutem przy ocenie udziału w ćwiczeniu.

## **5 SPRAWOZDANIE**

Sprawozdanie powinno zawierać:

- schematy hardware do każdego wykonanego zadania w ramach ćwiczeń
- pod każdym schematem powinien się znajdować opis i ewentualne wnioski
- program, jaki grupa napisała na zajęciach
- za każdym blokiem instrukcji programu, należy umieścić bieżący komentarz na temat danego kodu
- pod każdym programem należy umieścić własny opis działania programu i wnioski



**Politechnika Poznańska**  
**Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania**  
**Sterowniki Urządzeń Mechatronicznych – laboratorium**



**Ćw. 3: Timer**

**v1.0**

- porównanie efektu pracy programów z ćwiczenia lab3.1 i lab3.2
- ogólne wnioski i spostrzeżenia na temat wykonanego ćwiczenia i zdobytej wiedzy