

# Układy czasowo-licznikowe w systemach mikroprocesorowych

Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

1

- W każdym systemie mikroprocesorowym znajduje zastosowanie układ czasowy lub układ licznikowy
- Liczba liczników stosowanych w systemie i ich długość wyrażona w bitach, różnią się dla konkretnych typów.

Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

2

## Podstawowe funkcje

- **Praca czasowa (funkcja Timer)** – jeżeli zadaniem licznika jest odmierzanie czasu. Częstotliwość sygnału zegarowego dla licznika jest znana i dokładnie generowana (stabilna). Najczęściej, tym sygnałem zegarowym jest wielokrotność lub podwielokrotność głównego sygnału zegarowego sterującego systemem mikroprocesorowym
- **Praca licznikowa (funkcja counter)** – jeżeli głównym zadaniem licznika jest zliczanie, głównie liczby impulsów zewnętrznych. Częstotliwość sygnału zegarowego dla licznika (i dla programisty) nie jest znana.

## Funkcje układów czasowo-licznikowych

Układy czasowo/licznikowe są stosowane do realizacji następujących funkcji:

- odmierzania ściśle określonych jednostek czasowych i generowanie sygnału przerwania sprzętowego,
- odmierzania odstępów czasu między zdarzeniami zachodzącymi w systemie mikroprocesorowym (tzw. Input Event Capture),
- pomiaru czasu trwania impulsów zewnętrznych, (np. pomiar prędkości obrotowej),
- pomiar częstotliwości sygnału zewnętrznego
- generowanie pojedynczych impulsów o ściśle określonych parametrach,
- generowanie impulsów (sekwencji impulsów) w odstępach czasu o zaprogramowanej wartości (Output compare),
- generowanie przebiegu okresowego o zadanej częstotliwości,
- generowanie przebiegów impulsowych o określonym czasie trwania lub przebiegów o zadanym współczynniku wypełnienia – tzw. modulatory PWM (PWM – pulse width modulation),
- generowanie sygnału zegarowego dla interfejsu szeregowego, w trybie synchronicznym lub asynchronicznym (baud rate generator),
- odmierzanie czasu rzeczywistego, tzw. zegar czasu rzeczywistego, (RTC – Real Time Clock),
- praca w trybie licznika nadzorcy (tzw. watchdog),

## Podstawowa budowa układu licznikowego

- Układ czasowy lub układ licznikowy zbudowany jest w oparciu o klasyczne cyfrowe układy licznikowe (synchroniczne), składające się z przerzutników typu D lub J-K i zliczające w naturalnym kodzie binarnym (BIN)
- Aby taki układ mógł pracować w systemie mikroprocesorowym musi być wyposażony w dodatkowe elementy (bramki logiczne) i układy logiczne (rejstry, komparatory), które umożliwiają programowalność licznika i realizację kilku funkcji.

Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

5

## Podstawowa budowa układu licznikowego



Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

6

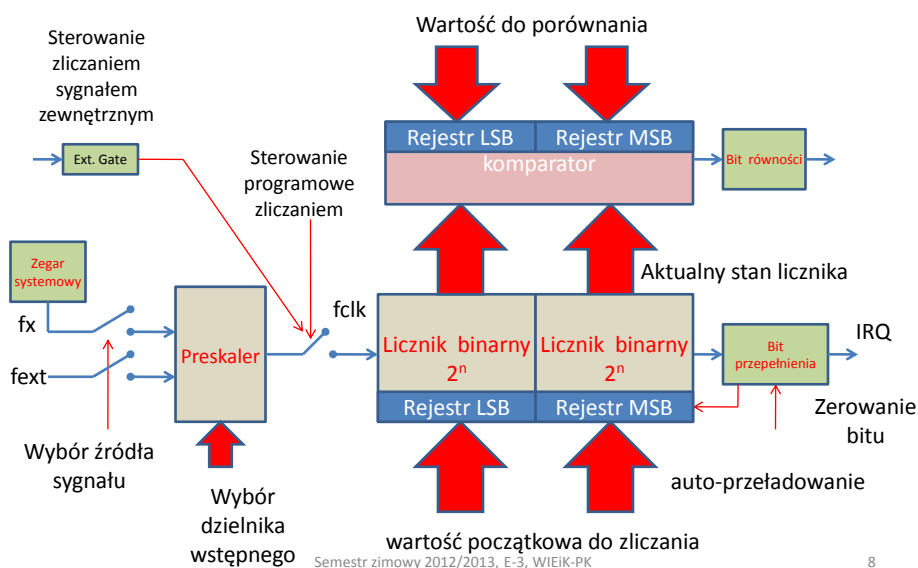
## Podstawowa budowa układu licznikowego

- W większości przypadków licznik w systemie jest licznikiem zliczającym w górę z możliwością wpisywania wartości początkowej i odczytu aktualnego stanu licznika. Po przepełnieniu licznik ustawia bit przepełnienia i może generować przerwanie sprzętowe.
- Liczniki przeważenie są:
  - w prostych mikrokontrolerach 8-10-bitowe (8-bit MCU)
  - 16-bitowe (8 lub 16-bit MCU),
  - 32-bitowe w rozbudowanych mikrokontrolerach (16 lub 32-bit MCU)

Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

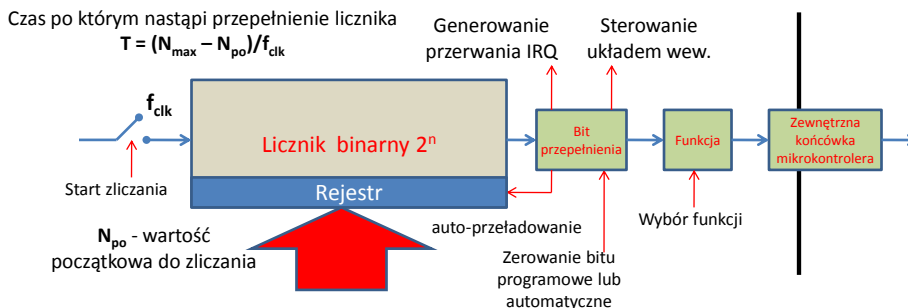
7

## Przykładowa struktura układu licznikowego w mikrokontrolerze



8

## Podstawowe funkcje układu czasowego – odmierzanie jednostek czasowych



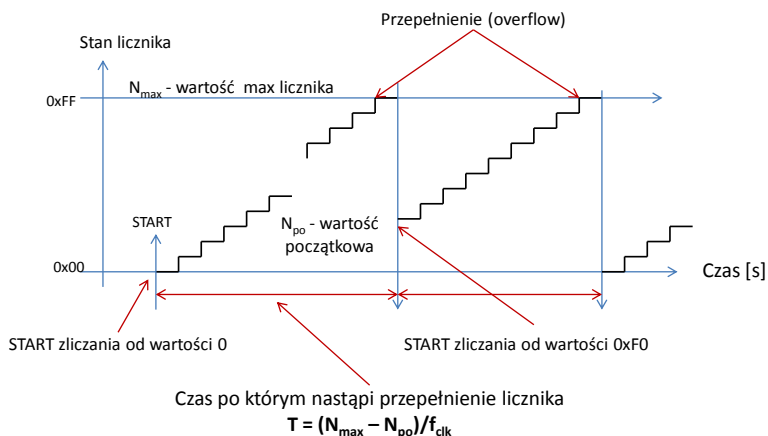
Po wystąpieniu przepełnienia licznika może nastąpić:

- wygenerowanie sygnału przerwania sprzętowego IRQ,
- ustawienie stanu niskiego „0” (wyzeroowanie) na końcówce (linii) wyjściowej,
- ustawienie stanu wysokiego „1” (ustawienie) na końcówce wyjściowej,
- zanegowanie stanu logicznego na końcówce wyjściowej,
- wysłanie sygnału do urządzenia wewnętrznego mikrokontrolera (np. sygnał START dla wewnętrznego przetwornika A/C),
- jeżeli licznik ma taką funkcję, może wystąpić automatyczne przeładowanie licznika wartością początkową

Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

9

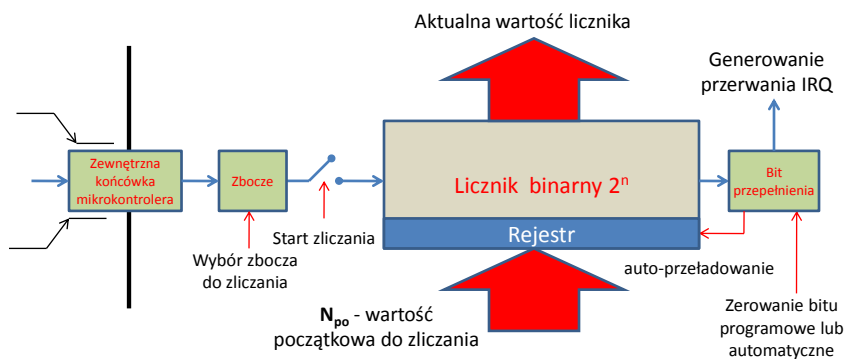
## Podstawowe funkcje układu czasowego – odmierzanie jednostek czasowych



Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

10

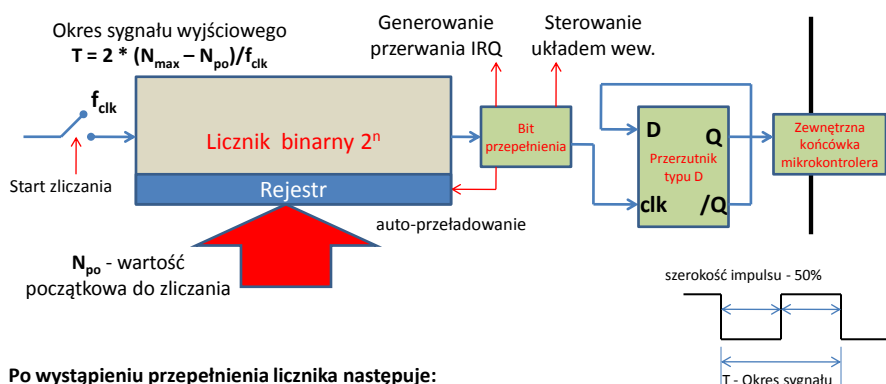
## Podstawowe funkcje układu licznikowego – zliczanie impulsów zewnętrznych



Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

11

## Podstawowe funkcje układu czasowego – generator sygnału



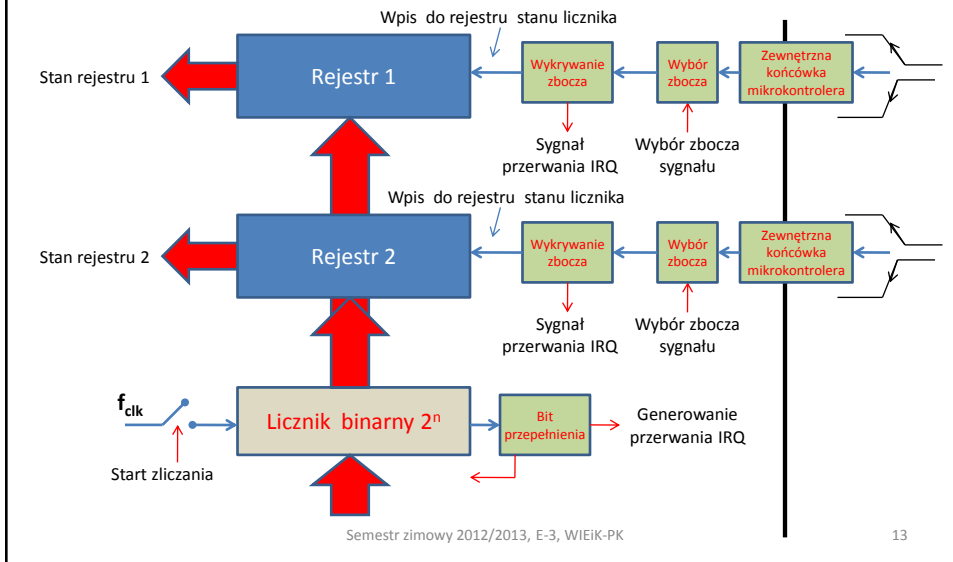
Po wystąpieniu przepiętowania licznika następuje:

- wygenerowanie sygnału, którego narastające zbocze (sygnał zegarowy clk dla przerzutnika typu D) powoduje zmianę stanu wyjścia Q na przeciwny,
- Sygnał wyjściowy z przerzutnika ma częstotliwość dwa razy mniejszą od częstotliwości przepiętowania licznika i współczynnik wypełnienia sygnału wynosi 50%.

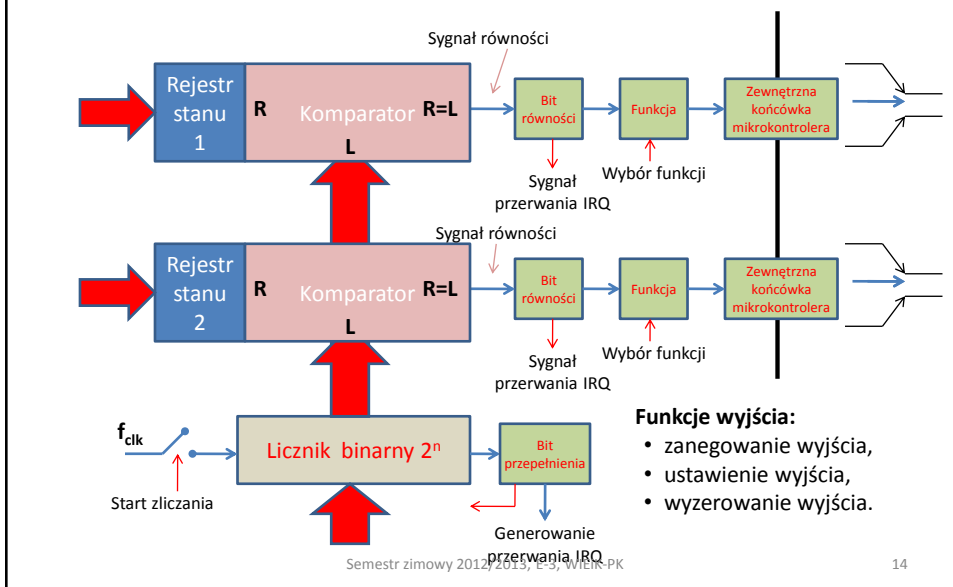
Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

12

## Podstawowe funkcje układu czasowego – przechwytywanie zdarzeń (*capture unit*)



## Podstawowe funkcje układu czasowego – porównywanie (*compare unit*)



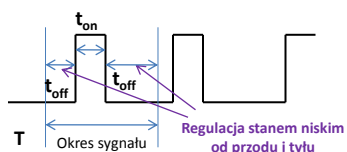
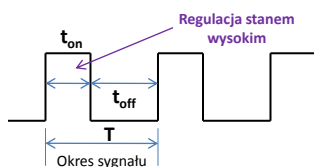
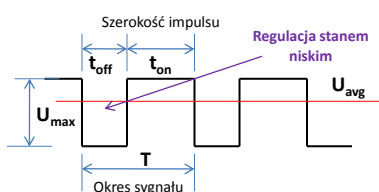
## Podstawowe funkcje układu czasowego – modulator PWM

- Mikrokontrolery przewidziane do zastosowań sterowania i kontroli w szczególności w układach napędowych zawierają rozbudowane i czasami skomplikowane układy czasowo-licznikowe (modulatory PWM - modulator szerokości impulsu).
- Mają one za zadanie generowanie precyzyjnych przebiegów PWM które następnie sterują tranzystorami mocy np. w układzie falownika, zasilacza impulsowego, itp.

Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

15

## Podstawy techniki modulacji PWM



$T$  - okres sygnału PWM [s],

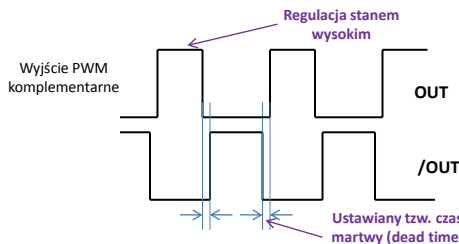
$$T = t_{\text{off}} + t_{\text{on}}$$

$$F = 1/T - \text{częstotliwość sygnału PWM [Hz]}$$

$t_{\text{off}}$  - czas trwania stanu niskiego [s]

$t_{\text{on}}$  - czas trwania stanu wysokiego [s]

$$U_{\text{avg}} = U_{\text{max}} * t_{\text{on}} / T - \text{wartość średnia napięcia wyjściowego}$$

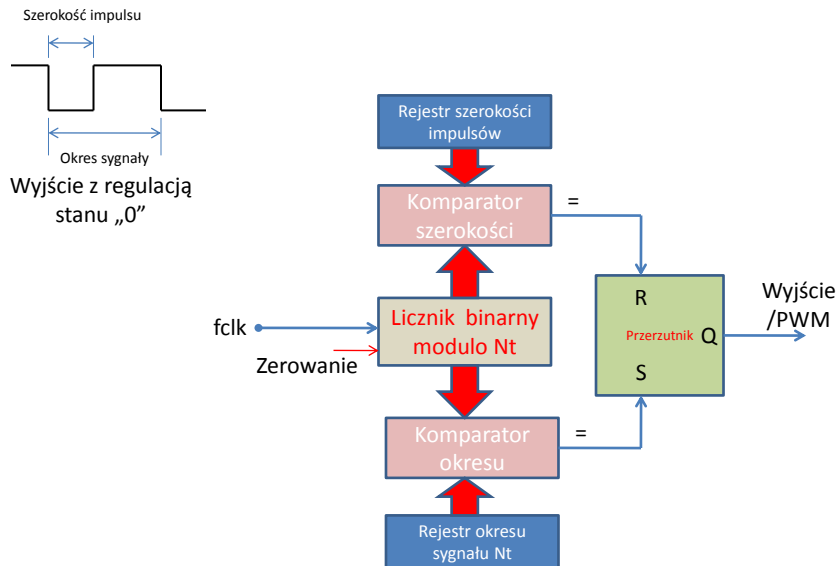


Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

16



## Przykładowa struktura modulatora PWM



Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

17

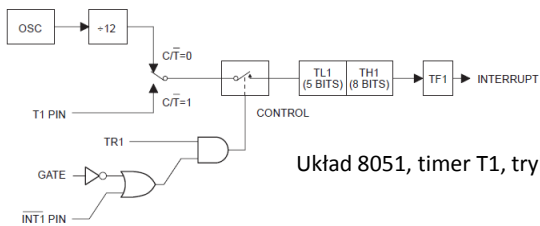
## Podstawowe funkcje układu czasowego – modulator PWM

- Rozbudowane struktury licznikowo-czasowe spotyka się w mikrokontrolerach stosowanych w urządzeniach napędowych do sterowania, np. silników trójfazowych asynchronicznych, popularnie zwanych falownikami.
- Są to specjalizowane trójfazowe modulatory PWM, które generują falę trójfazową PWM (dwa przebiegi na jedną fazę - OUT i /OUT) i mają możliwość ustawiania jeszcze tzw. czasu martwego, potrzebnego do bezpiecznego sterowania tranzystorami mocy w układzie mostkowym falownikowym.
- Do tego jeszcze, taki mikrokontroler zawiera kolejny tzw. szybki układ licznikowy do pomiaru prędkości obrotowej silnika i wykrywania kierunku wirowania silnika.
- Takie układy licznikowe spotyka się, np. w procesorach sygnałowych zaprojektowanych pod kątem zastosowania w napędach falownikowych lub sterowania silnikami bezszczotkowymi.

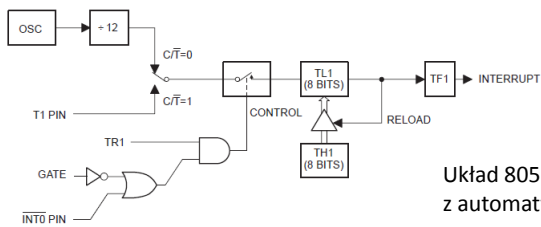
Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

18

## Przykłady układów czasowo-licznikowych



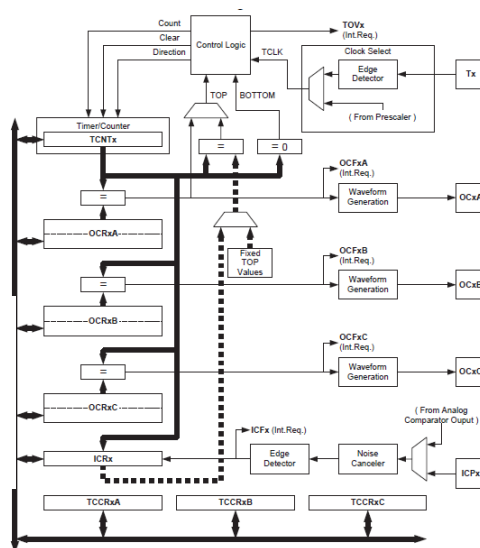
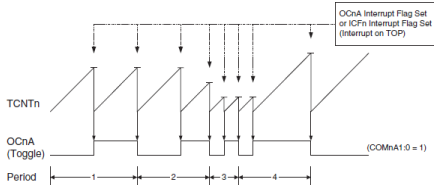
Układ 8051, timer T1, tryb 0 - 13-bitowy, tryb 1 - 16-bitowy



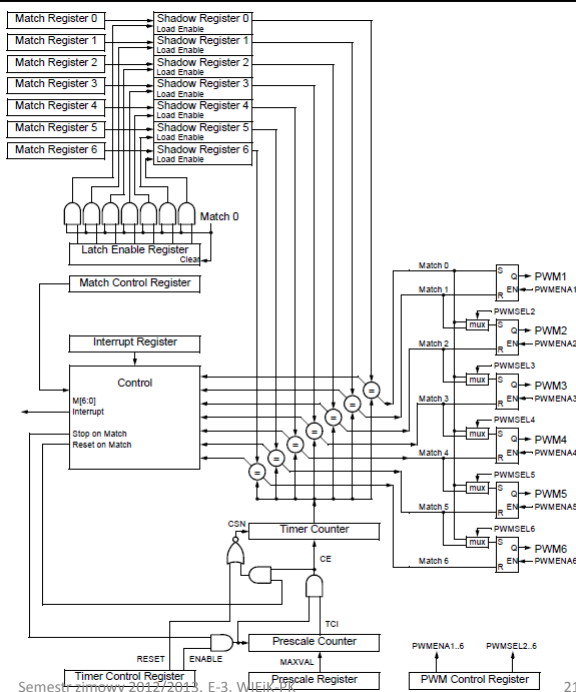
Układ 8051, timer T1, tryb 2 – 8-bitowy z automatycznym przeładowaniem

## Przykłady układów czasowo-licznikowych

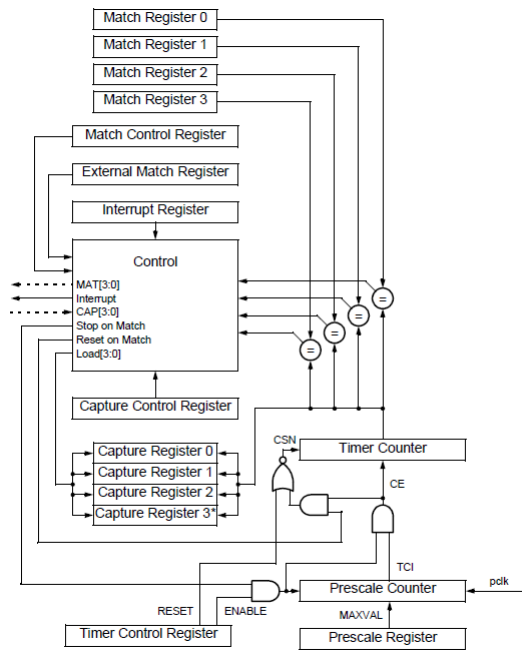
Układ ATMEGA128, timer T3



Przykład 6-kanalowego modulatora PWM w mikrokontrolerze typu ARM, LPC21XX



Przykład 32-bitowego licznika w mikrokontrolerze typu ARM, LPC21XX



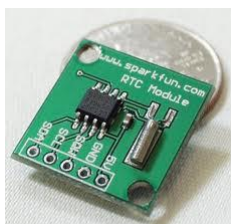
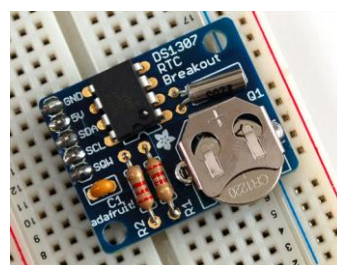
## Układy RTC – Real Time Counter

- Zegar czasu rzeczywistego służy do odmierzenia aktualnego czasu i daty.
- Jest to specjalizowany układ czasowo-licznikowy z dodatkowymi funkcjami, np. alarmu, dodatkowej pamięci RAM.
- W systemach mikroprocesorowych do tego celu stosuje się specjalizowane układy scalone, np. PCF8583, PCF8563, DS1307.
- Układy RTC obecnie są stosowane w prawie każdym urządzeniu przenośnym - telefon komórkowy, tablet, odbiornik GPS.
- W prostych mikrokontrolerach można zrealizować układ RTC w sposób sprzętowo-programowy, korzystając z typowego układu licznikowego.
- Rozbudowane mikrokontrolery posiadają specjalizowane wewnętrzne układy RTC, które wymagają dołączenia zewnętrznego rezonatora kwarcowego (najczęściej jest to kwarc o częstotliwości 32768Hz) i zasilania awaryjnego w postaci baterii, akumulatora lub kondensatora o dużej pojemności.

Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

23

## Układy RTC – Real Time Counter



Semestr zimowy 2012/2013, E-3, WIEIK-PK

24