Układy czasowo-licznikowe w systemach mikroprocesorowych

- 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.

Podstawowe funkcje

- Praca czasowa (funkcja Timer) – jeżeli zadaniem licznika jest odmierzaniu 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 witdh 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

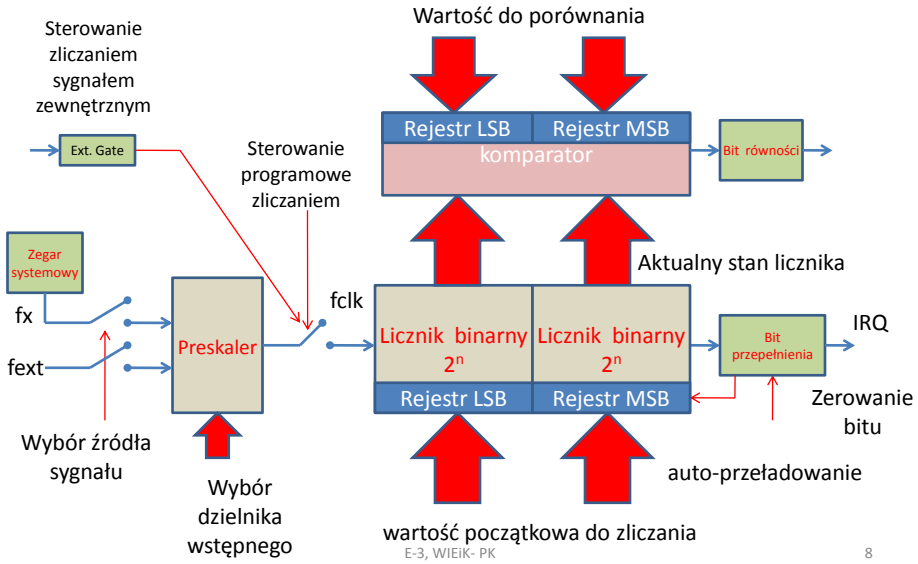
- Układ czasowy lub układ licznikowy zbudowany jest w oparciu o klasyczne cyfrowe układy licznikowe (synchroniczne), składające się z przerzutników typu D lub J-K i zliczające w naturalnym kodzie binarnym (BIN)
- Aby taki układ mógł pracować w systemie mikroprocesorowym musi być wyposażony w dodatkowe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

Podstawowa budowa układu licznikowego

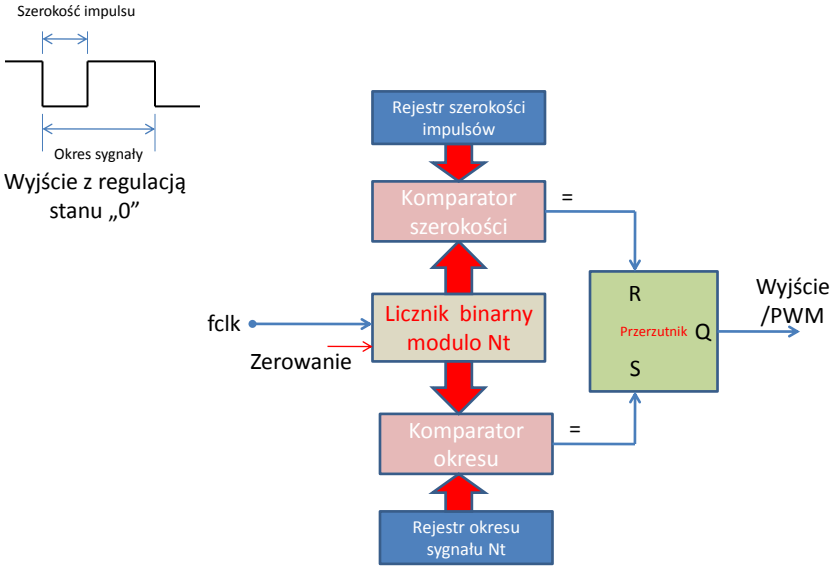
Podstawowa budowa układu licznikowego

- 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)

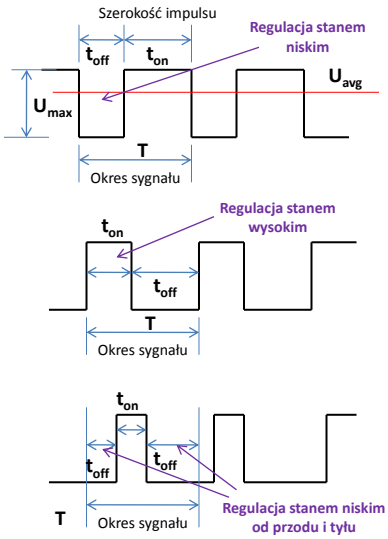
Przykładowa struktura układu licznikowego w mikrokontrolerze



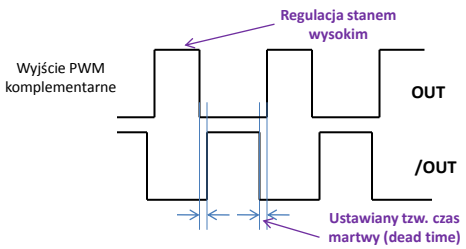
Przykładowa struktura modulatora PWM



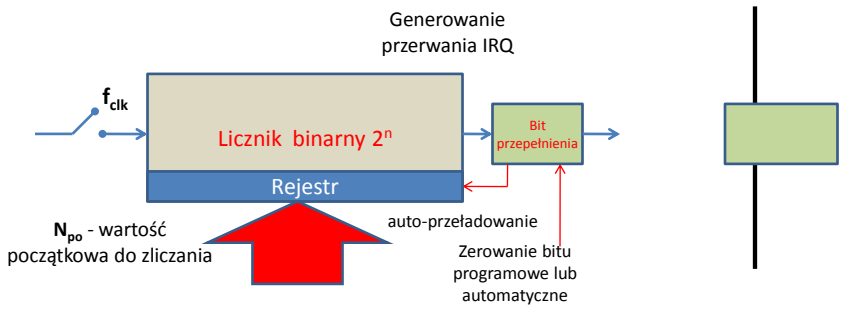
Podstawy techniki modulacji PWM



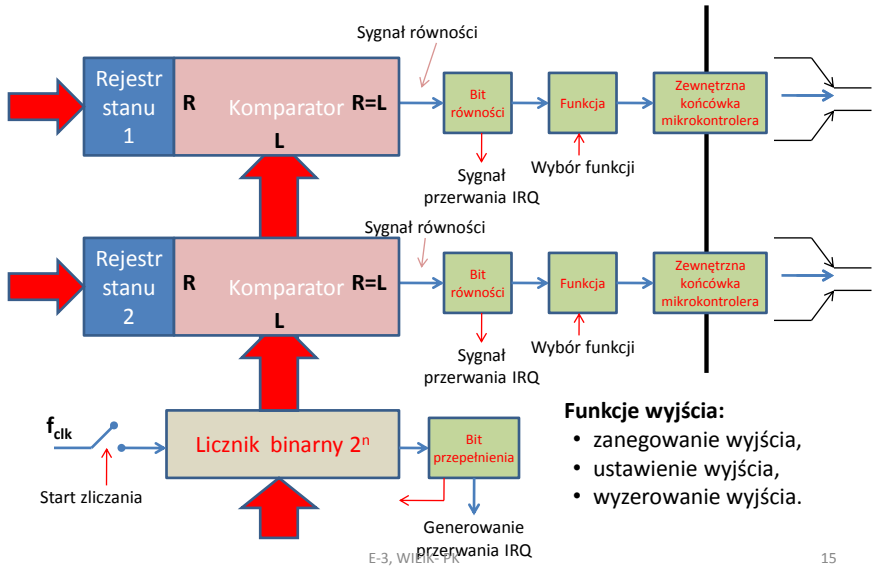
T- okres sygnału PWM [s],
T = t_{off} + t_{on}
F = 1/**T** – częstotliwość sygnału PWM [Hz]
t_{off} - czas trwania stanu niskiego [s]
t_{on} - czas trwania stanu wysokiego [s]
$U_{avg} = U_{max} * t_{on}/T$ – wartość średnia napięcia wyjściowego



Podstawowe funkcje układu czasowego – odmierzanie jednostek czasowych



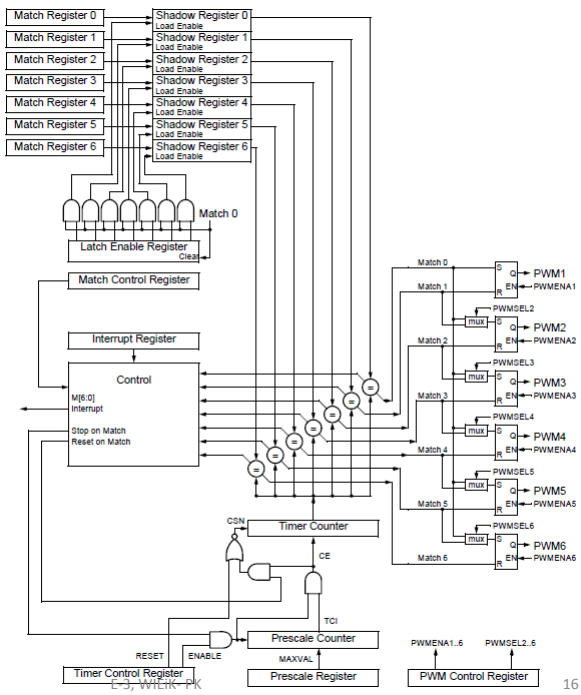
Podstawowe funkcje układu czasowego – porównywanie (*compare unit*)



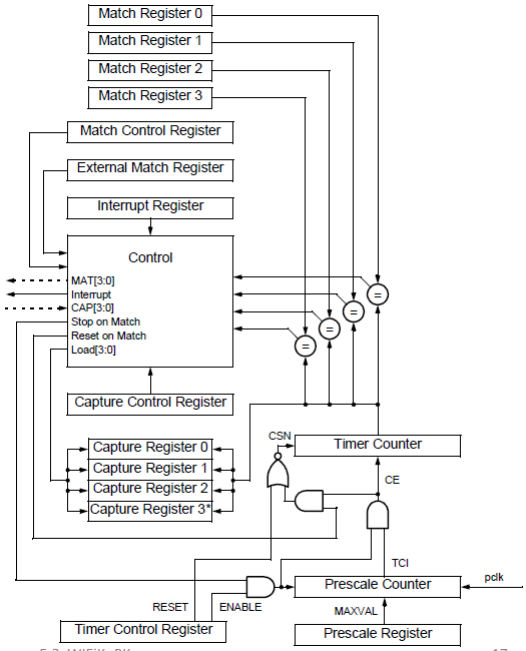
Funkcje wyjścia:

- zanegowanie wyjścia,
- ustawienie wyjścia,
- wyzerowanie wyjścia.

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



Przykład 32-bitowego licznika w mikrokontrolerze typu ARM, LPC21XX



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.

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