

5.1 Rejestry, liczniki, dzielniki częstotliwości

Bloki funkcjonalne systemów cyfrowych nazywa się też układami funkcjonalnymi. Są to układy logiczne realizujące pewne potrzebne w praktyce funkcje. Z punktu widzenia projektanta systemu cyfrowego bloki funkcjonalne to elementarne „cegiełki”, z których w naturalny sposób można konstruować bardzo nawet złożone systemy.

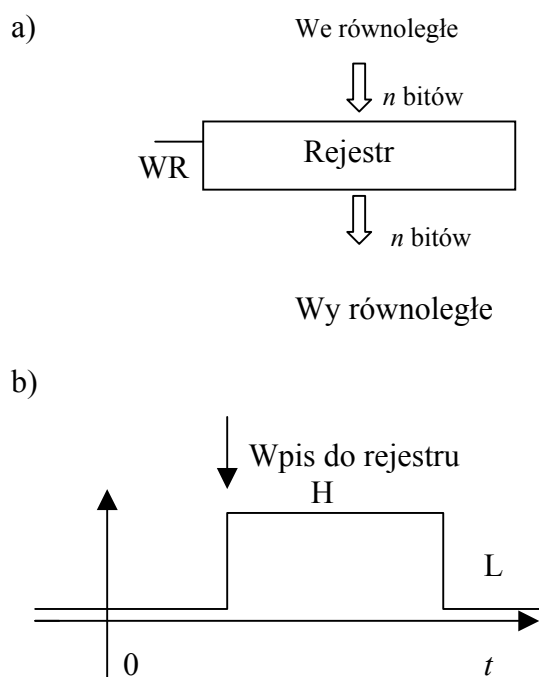
1. Rejestry

Rejestry (ang. registers) pełnią rolę bardzo szybkiej pamięci dla słowa binarnego. Rejestr to układ elektroniczny (zbudowany z reguły z n przerzutników bistabilnych) przeznaczony do pamiętania 1-go słowa binarnego o ustalonej długości n . Taki rejestr nazywamy rejestrem n -bitowym. Długość pamiętanego słowa to długość rejestru. Na ogół rejestr ma typową długość 8, 16, 32, 64, 128 bitów.

Najczęściej rejestr nazywamy w jakiś sposób np. mówimy: rejestr akumulatora, rejestr stanu, rejestr indeksowy, rejestr bazowy, rejestr uniwersalny, rejestr R12 itd.

Rejestry dzielimy na 4 zasadnicze rodzaje:

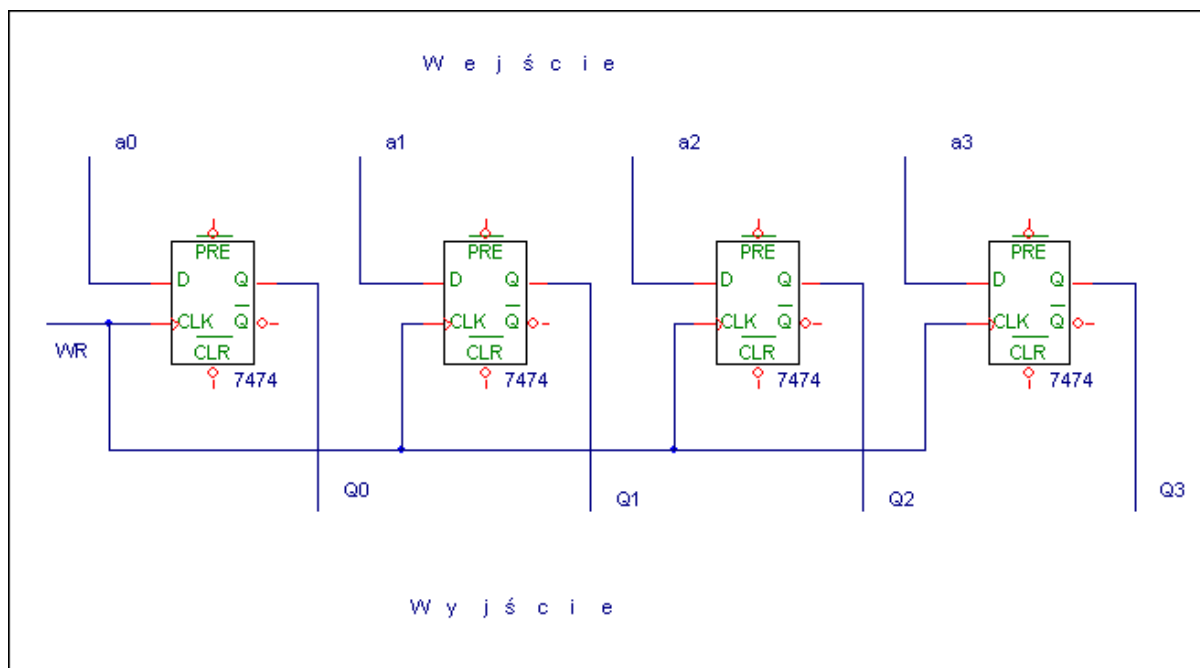
- rejestry równoległo-równoległe.
- rejestry szeregowo - szeregowo
- rejestry równoległo – szeregowo
- rejestry szeregowo - równoległe



Rys. 1. Typowe oznaczenie rejestru równoległo-równoległego - rysunek a) i sygnał WR wpisujący słowo binarne do rejestru - rysunek b)

Rejestr równoległo-równoległy (ang. *parallel-in parallel out register*) to taki, na którego wejście podajemy równoległe n bitowe słowo. Wpis słowa do rejestru następuje po podaniu na wejście wpisujące prostokątnego sygnału „zapisz” oznaczonego na Rys.1 symbolem WR. Wpisanie informacji do rejestru następuje na narastającym (albo opadającym) zboczu sygnału

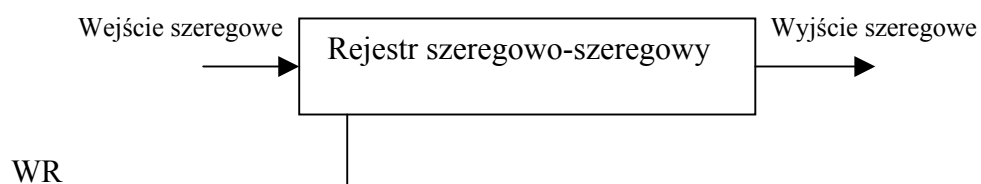
WR. Na wyjściu układu pojawia się zapisane słowo por Rys. 1. Realizacja rejestru równoległo-równoległego za pomocą przerzutników typu D pokazana jest na Rys. 2.



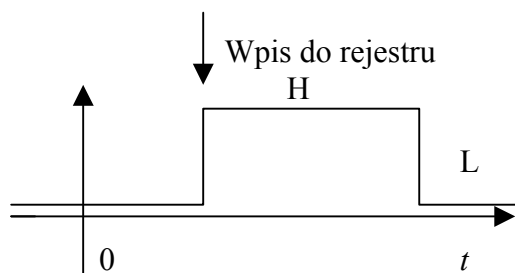
Rys.2. Realizacja 4 bitowego rejestru równoległo-równoległego za pomocą przerzutników typu D; na narastającym zboczku prostokątnego sygnału WR słowo binarne $a_0a_1a_2a_3$ podawane na wejście układu wpisywane jest do rejestru

Rejestr szeregowo-szeregowy (rejestr przesuwny, ang. *serial in - serial out register* lub *shift register*) (por. Rys. 3) ma 1 wejście szeregowe (1-bitowe) i jedno wyjście szeregowe (1-bitowe). W takt sygnału WR (sygnał wpisz) wpisujemy 1 bit z wejścia szeregowego. Rejestr szeregowo – szeregowy jest swego rodzaju układem opóźniającym. Realizacja rejestru szeregowo -szeregowego za pomocą przerzutników typu D pokazana jest na Rys. 4.

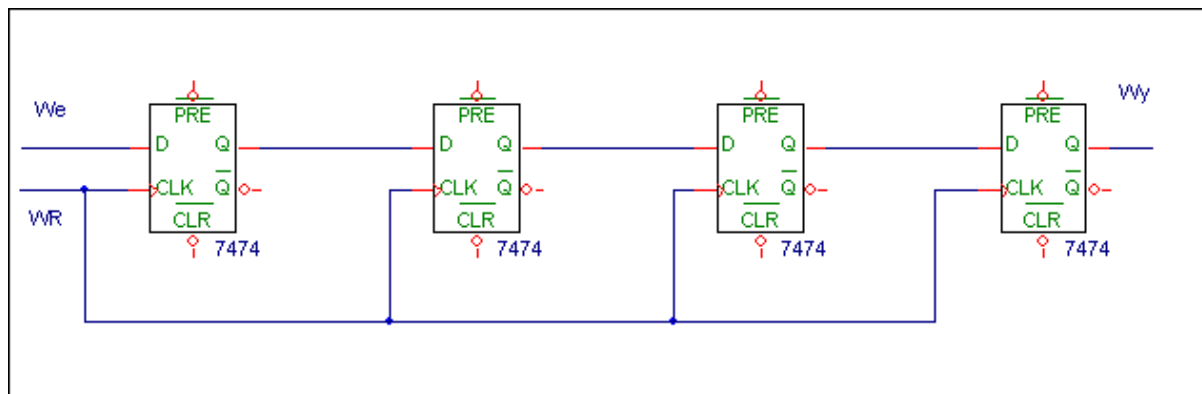
a)



b)

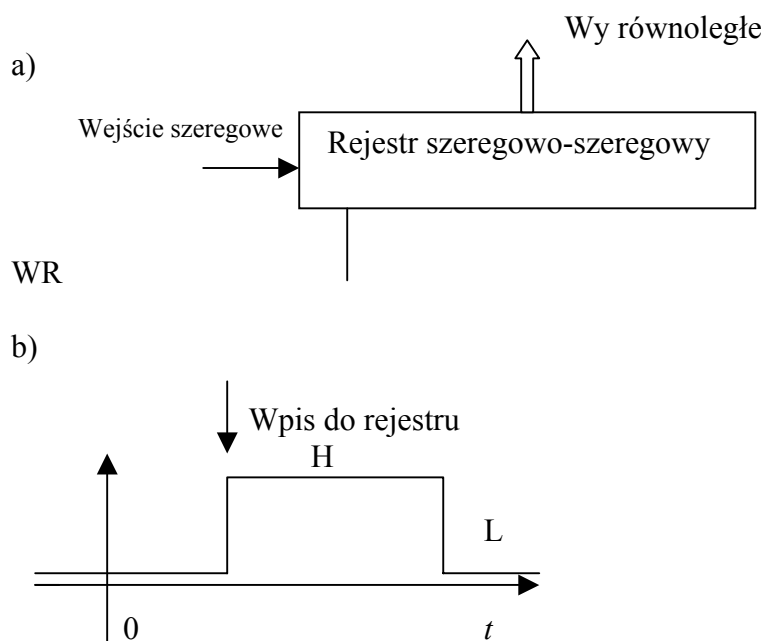


Rys. 3. Typowe oznaczenie rejestru szeregowo-szeregowego - rysunek a) i sygnał WR wpisujący pojedynczy bit do rejestru - rysunek b)



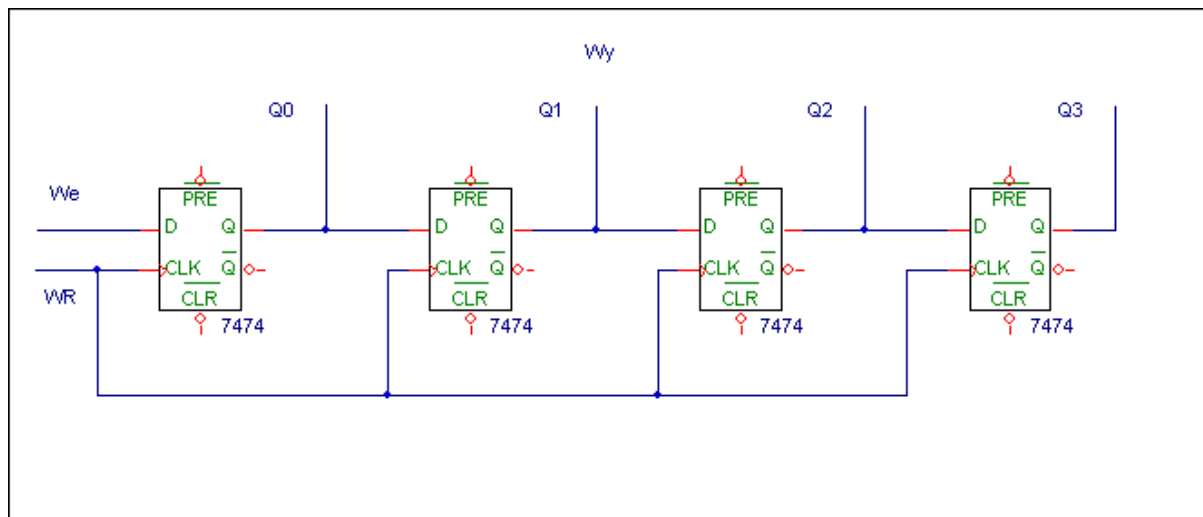
Rys. 4. Realizacja 4 bitowego rejestru szeregowo -szeregowego za pomocą przerzutników typu D

Rejestr szeregowo-równoległy (ang. *serial in – parallel out register*) to taki rejestr, do którego słowo binarne wpisujemy bit po bicie odczyt natomiast jest równoległy. Schemat rejestru szeregowo-równoległego pokazany jest na Rys. 5. Realizacja rejestru szeregowo-równoległego za pomocą przerzutników typu D pokazana jest na Rys. 6.



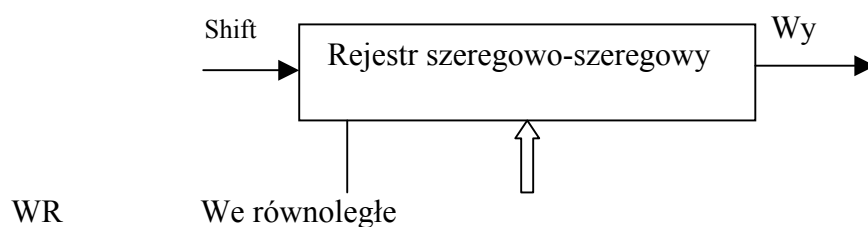
Rys. 5. Typowe oznaczenie rejestru szeregowo – równoległego - rysunek a) i sygnał WR wpisujący pojedynczy bit do rejestru - rysunek b)

Rejestr równoległo-szeregowy (ang. *parallel in - serial out register*). Słowo binarne do rejestru wpisujemy równoległe sygnałem WR, odczyt natomiast jest szeregowy bit po bicie. Do przesunięcia zawartości rejestru o jeden bit tak by był widoczny na wyjściu kolejny bit służy sygnał Shift (przesuń). Schemat rejestru równoległo-szeregowego pokazany jest na Rys. 7.

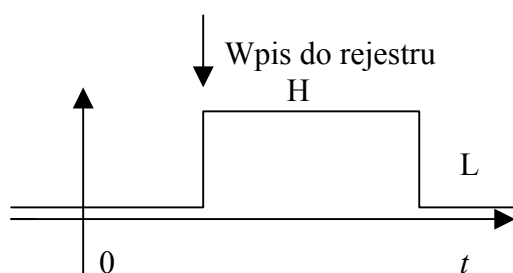


Rys. 6. Realizacja 4 bitowego rejestru szeregowo-równoległego za pomocą przerzutników typu D

a)



b)



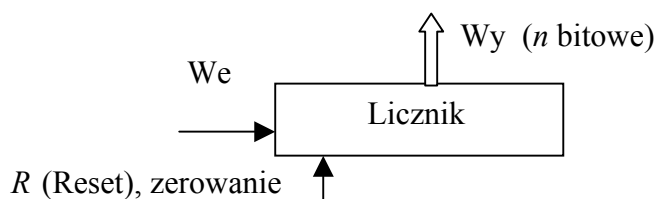
Rys. 7. Typowe oznaczenie rejestru równoległo-szeregowego - rysunek a) i sygnał WR wpisujący pojedynczy bit do rejestru - rysunek b)

2. Liczniki

Licznik (ang. counter lub binary counter) to układ elektroniczny przeznaczony do zliczania impulsów. Licznik ma wejście szeregowe na które podajemy impulsy (na ogół prostokątne) i wyjście równoległe na którym mamy słowo reprezentujące liczbę impulsów zliczonych (w ustalonym kodzie na ogół kodzie NKB). Licznik z reguły ma dodatkowe wejście ustawiające licznik w stanie początkowym tzw. wejście zerujące oznaczane najczęściej symbolem R (od ang. reset).

Liczniki dzielimy na *synchroniczne* i *asynchroniczne*. Jeśli przerzutniki wchodzące w skład licznika zmieniają stan dokładnie w momencie przyjscia opadającego zbocza zliczanego impulsu prostokątnego to taki licznik nazywamy synchronicznym. W sytuacji gdy zmiana stanu licznika wymuszana jest zmianą stanu innych przerzutników a więc z reguły odbywa się z pewnym opóźnieniem (por. opóźnienie bramek) to licznik nazywamy asynchronicznym.

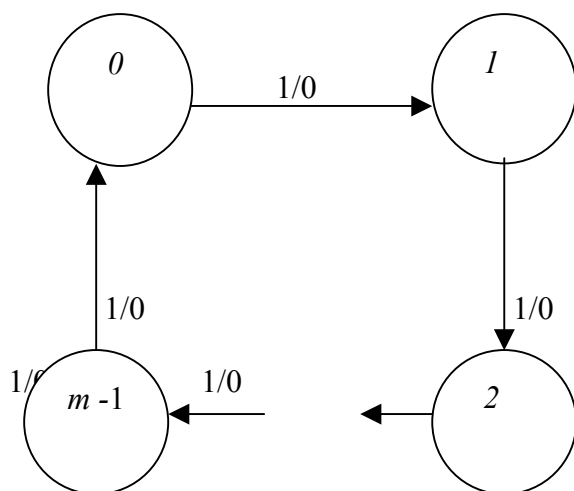
Ważny jest kod numeryczny w jakim liczy licznik. Najczęściej jest to kod NKB, ale można budować liczniki liczące w innych kodach np. kodzie BCD czy kodzie Gray'a.



Rys.8. Licznik, impulsy prostokątne pojawiające się na wejściu układu nie muszą być okresowe choć często na wejście licznika podajemy przebieg zegarowy

Licznik modulo m (gdzie $m \in N, m \geq 2$) to licznik przechodzący po wyzerowaniu przez stany $0, 1, 2, \dots, m-1, 0, 1, 2, \dots$ itd czyli podający na wyjściu liczbę impulsów wejściowych modulo m . Każdy typowy licznik jest licznikiem modulo pewna liczba m .

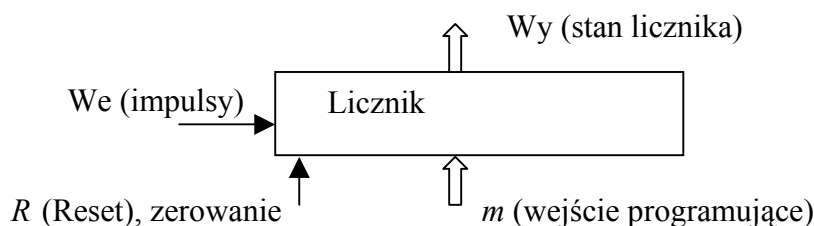
Najczęściej w praktyce wykorzystujemy liczniki modulo 2^n czyli dla $m = 2^n$ i jeśli mówimy licznik binarny to mamy na ogół na myśli taki właśnie licznik



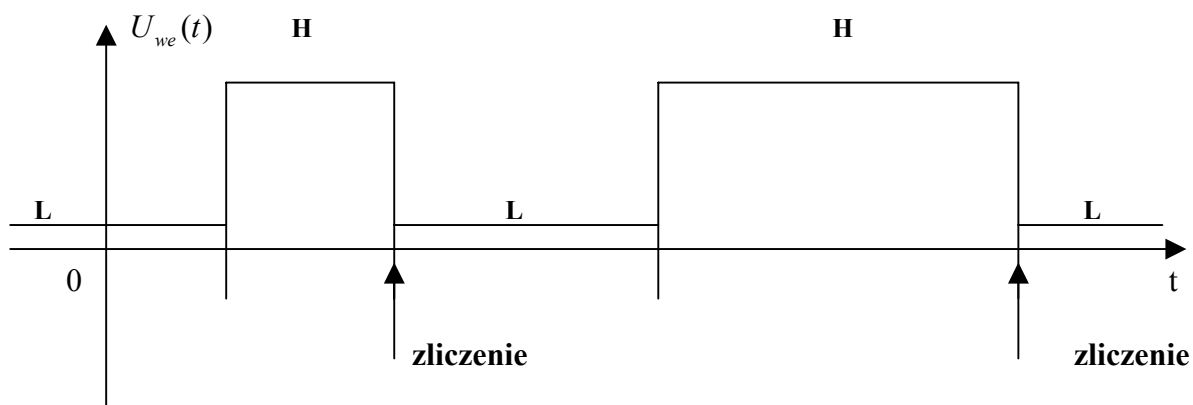
Rys.9. Graf wyjaśniający zmiany stanu licznika modulo m ; pojawienie się opadającego zbocza impulsu wejściowego (zbocze opadające oznaczone jest na rysunku symbolem 1/0) powoduje przejście licznika do następnego stanu (czyli zliczenie impulsu)

Liczniki programowane to liczniki w których liczba m jest podawana (w kodzie NKB) na specjalne wejście programujące.

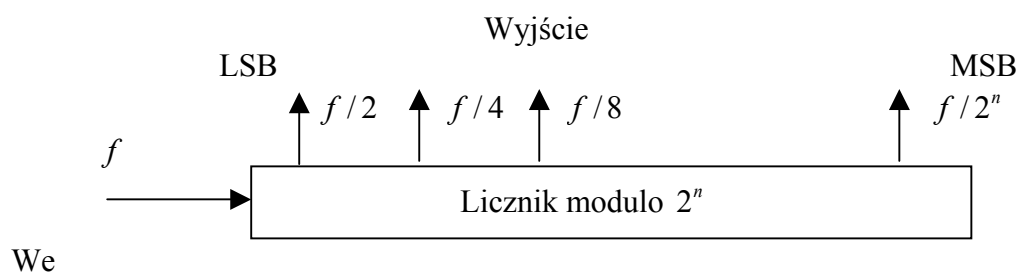
Warto zauważyć, że każdy licznik jest jednocześnie *dzielnikiem częstotliwości*, który częstotliwość f okresowego prostokątnego sygnału podawanego na wejście zamienia na przebieg prostokątny o mniejszej częstotliwości z reguły $f/2, f/2^2, \dots, f/2^k$.



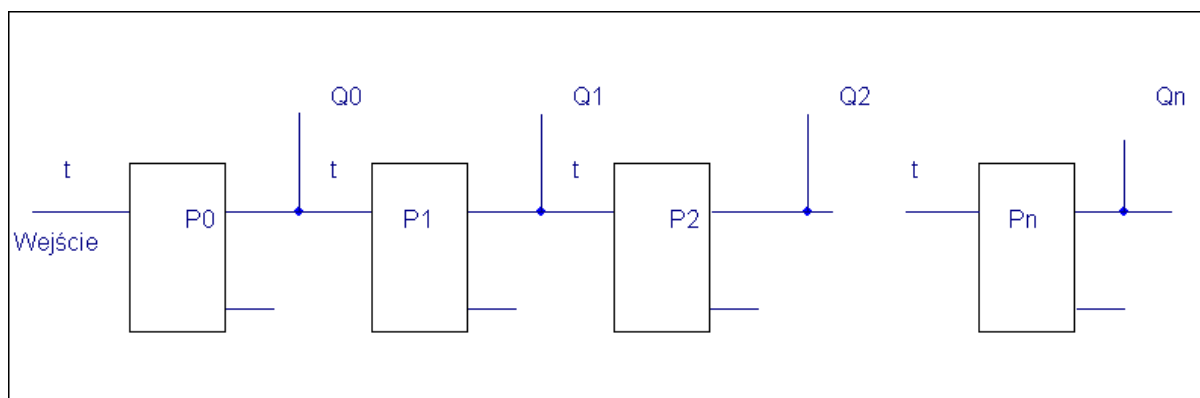
Rys. 10. Licznik programowany, na wejście programujące podawana jest liczba $m, m \in N, m \geq 2$



Rys. 11. Impulsy prostokątne podawane są na wejście licznika; impulsy są rejestrowane po przyjsciu opadającego zbocza impulsu



Rys. 12. Licznik jako dzielnik częstotliwości



Rys. 13. Licznik asynchroniczny modulo 2^{n+1} z budowany z dwójek liczących (przerzutników typu t) P_0, P_1, \dots, P_n

Ogólnie rzecz biorąc liczniki dzielimy na

- liczniki jednokierunkowe
- liczniki dwukierunkowe czyli rewersyjne

Z kolei liczniki jednokierunkowe dzielimy na

- liczące w przód (kolejny impuls zwiększa zawartość licznika)
- liczące wstecz (kolejny impuls zmniejsza zawartość licznika)

Licznik rewersyjny to licznik ze specjalnym wejściem 1-bitowym określającym kierunek zliczania.

Istotnym parametrem licznika jest **maksymalna dopuszczalna częstotliwość impulsów zliczanych**. Dopuszczalna tzn. taka przy której licznik działa jeszcze poprawnie.