

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **223554**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **403397**

(51) Int.Cl.
G01C 3/08 (2006.01)
G01S 17/10 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **02.04.2013**

(54)

Sposób i urządzenie do pomiaru odległości

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

13.10.2014 BUP 21/14

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.10.2016 WUP 10/16

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

GRZEGORZ WIECZOREK, Zabrze, PL

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Urszula Ziółkowska

PL 223554 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do pomiaru odległości. Urządzenie może znaleźć zastosowanie w takich dziedzinach jak geodezja, budownictwo, automatyzacja procesów przemysłowych, inwentaryzacja, systemy zobrazowania przestrzennego.

Znanych jest wiele metod zdalnego pomiaru odległości. Jednymi z najbardziej rozpowszechnionych są metody w których mierzy się czas przelotu krótkiego impulsu świetlnego do mierzonego obiektu i z powrotem do urządzenia pomiarowego. W tego typu dalmierzach laserowych kluczowy jest sposób precyzyjnego pomiaru czasu opóźnienia sygnału.

Znany jest z opisu patentowego US6493653 sposób pomiaru opóźnienia przy pomocy banku komparatorów współpracującego z rejestrem opóźniającym.

Znany jest z opisu patentowego US6466307 układ dalmierza wykorzystujący programowalny układ opóźniający w celu określenia przedziału czasowego w którym mieści się opóźnienie sygnału.

Znane są również rozwiązania, w których wykorzystuje się analogowe konwertery czas-/napięcie, a wynik tej konwersji przetwarza się do postaci cyfrowej przy pomocy dodatkowego przetwornika A/C. Taki układ jest przedstawiony w opisie patentowym US4569599 oraz w US6310682.

Znane są z opisu patentowego US5552878 metody wykorzystujące noniusz elektroniczny oparty na rejestrze opóźniającym.

Urządzenia wykorzystujące pomiar czasu przelotu impulsu świetlnego umożliwiają osiągnięcie znacznych zasięgów, jednakże rozdzielczość takich pomiarów odległości jest ograniczona, ze względu na trudności w uzyskaniu odpowiedniej rozdzielczości pomiaru bardzo krótkich czasów opóźnienia sygnału. W wielu rozwiązaniach rozdzielczość czasowa ograniczona jest do setek ps, co przekłada się na rozdzielczość pomiaru odległości rzędu kilku cm.

Znany jest sposób pomiaru odległości, w którym sygnałem impulsowym wyzwalają się nadajnik sygnałów optycznych, po czym odbity od mierzonego obiektu sygnał odbiera się przy pomocy fotodetektora przekształcającego sygnał optyczny na impuls elektryczny, który porównuje się w układzie komparatora z napięciem progowym, a sygnałem wyjściowym komparatora aktywuje się liczniki binarne.

Znane jest urządzenie do pomiaru odległości, które posiada układ generatora wzorcowego, układ generatora o regulowanej częstotliwości, układ nadajnika sygnałów optycznych oraz układ odbiornika sygnałów optycznych, z którego wyjścia odebrany i przekształcony do postaci elektrycznej sygnał $s_r(t)$ doprowadzony jest do pierwszego wejścia komparatora, a do drugiego wejścia komparatora podłączony jest układ regulacji napięcia progowego, a wyjście komparatora połączone jest z wejściami zezwalającymi liczników binarnych.

Sposób według wynalazku polega na tym, że sygnałem prostokątnym CLK o częstotliwości F_1 z generatora wzorcowego taktuje się m -bitowy licznik pierścieniowy, z którego wyjść Y_0, Y_1, Y_2, Y_3 do Y_m wysterowuje się wejścia zegarowe kolejnych liczników binarnych L_0, L_1, L_2, L_3 , aż do L_m , po czym zliczone przez liczniki wartości N_0, N_1, N_2, N_3 , aż do N_m odczytuje się w nadrzędnym układzie sterująco-wyliczającym, korzystnie układzie mikroprocesorowym, jednocześnie sygnałem CLK z wyjścia generatora wzorcowego taktuje się generator o regulowanej częstotliwości, z którego prostokątny sygnał CLK₂ o częstotliwości F_2 podaje się jako sygnał zegarowy przerzutnika D, którym próbkuje się stan wyjścia Y_0 licznika pierścieniowego, a impulsowym sygnałem wyjściowym IMP pobudza się nadajnik sygnałów optycznych i jednocześnie zlicza się liczbę wygenerowanych impulsów licznikiem binarnym L, którego stan odczytuje się w nadrzędnym układzie sterująco-wyliczającym, korzystnie układzie mikroprocesorowym.

Cykl pomiarowy kończy się po zliczeniu w liczniku L N impulsów, a następnie w nadrzędnym układzie sterująco-wyliczającym, korzystnie układzie mikroprocesorowym, wyszukuje się dwóch największych liczb spośród wartości od N_0 do N_m i na tej podstawie wyznacza się czas opóźnienia sygnału.

Ponadto stosunek częstotliwości F_2 sygnału z wyjścia generatora do częstotliwości F_1 sygnału z wyjścia generatora wybiera się mniejszy od jedności, korzystnie z zakresu 0.9 do 0.99999.

Urządzenie do pomiaru odległości charakteryzuje się tym, że wyjście generatora wzorcowego jest połączone z wejściem zegarowym licznika pierścieniowego, którego kolejne wyjścia doprowadzone są do wejść zegarowych kolejnych liczników binarnych, z których wyjścia połączone są do wejść nadrzędnego układu sterująco-wyliczającego, korzystnie układu mikroprocesorowego, jednocześnie wyjście generatora o regulowanej częstotliwości doprowadzone jest do wejścia zegarowego przerzutnika D, do którego wejścia danych podłączone jest wyjście Y_0 licznika pierścieniowego, a którego wyj-

ście Q podłączone jest do wejścia nadajnika sygnałów optycznych oraz do wejścia zegarowego licznika binarnego.

Przedmiot wynalazku przedstawiono na rysunku, na którym **Fig. 1** przedstawia schemat blokowy urządzenia, **Fig. 2** pokazuje przebiegi czasowe w urządzeniu.

Generator (101) częstotliwości wzorcowej o dużej stałości częstotliwości generuje sygnał CLK o częstotliwości F_1 , który taktuje licznik pierścieniowy (109) i jednocześnie stanowi sygnał odniesienia dla generatora (102) o cyfrowo regulowanej częstotliwości. Przerzutnik D (103) próbkuje sygnał z wyjścia Y_0 licznika pierścieniowego (109) w takt sygnału CLK₂ o częstotliwości F_2 generowanego przez generator (102), przez co na wyjściu przerzutnika D (103) formowany jest impuls IMP o czasie trwania T_{imp} . Sygnał IMP pobudza nadajnik sygnałów optycznych (104) do wygenerowania impulsu świetlnego o identycznym czasie trwania. Powracający, po odbiciu od mierzonego obiektu, opóźniony impuls świetlny jest w odbiorniku sygnałów optycznych (107) konwertowany do postaci elektrycznej i wzmacniany. Sygnał $s_r(t)$ z wyjścia odbiornika (107) jest porównywany w komparatorze (105) z napięciem progowym, które jest sygnałem wyjściowym z układu regulacji napięcia odniesienia (106). Zadaniem układu regulacji napięcia odniesienia (106) jest taki dobór napięcia progowego, żeby jego wartość odpowiadała mniej więcej połowie amplitudy odbieranych impulsów. Sygnał EN z wyjścia komparatora (105) jest sygnałem zezwalającym na zliczanie impulsów w licznikach od L_0 do L_m (110, 111, 112, 113, 114).

Licznik pierścieniowy (109), pracujący w trybie „krążącej jedyńki”, dostarcza sygnały ze swoich wyjść Y_0 do Y_m do wejść zegarowych liczników L_0 do L_m (110, 111, 112, 113, 114). Zliczanie w każdym z tych liczników następuje w momencie, w którym na wejściach zezwalających EN panuje stan aktywny oraz na wejściach zegarowych pojawia się zbocze narastające. Sygnał EN jest w stanie aktywnym, gdy na wyjściu komparatora (105) panuje stan aktywny wywołany pojawieniem się powracającego impulsu świetlnego. W danym takcie sygnału CLK następuje inkrementacja tylko w jednym z liczników L_0 do L_m . Numer licznika, którego wartość uległa inkrementacji, określa zgrubne opóźnienie impulsu odebranego względem nadanego.

Przebiegi czasowe w urządzeniu według wynalazku przedstawiono na **Fig. 2**. Pełny cykl pomiaru czasu opóźnienia sygnału, a tym samym odległości do mierzonego obiektu, składa się z wielu elementarnych cykli pomiarowych. Pierwszy elementarny cykl pomiarowy rozpoczyna się wraz ze zmianą stanu wyjścia Y_0 licznika pierścieniowego (109) z niskiego na wysoki wywołaną narastającym zboczem sygnału zegarowego CLK. Najbliższe narastające zbocze sygnału CLK₂ powoduje spróbkowanie sygnału CLK i tym samym ustawienie na wyjściu przerzutnika (103) stanu wysokiego. Częstotliwość F_2 sygnału CLK₂ jest minimalnie mniejsza od częstotliwości F_1 sygnału zegarowego CLK, więc okres CLK₂ jest dłuższy od okresu CLK, przez co wraz z kolejnym zboczem narastającym sygnału CLK₂ spróbkowany zostanie niski stan sygnału CLK. W ten sposób ukształtowany zostanie impulsowy sygnał IMP, który jest sygnałem kluczującym nadajnik sygnałów optycznych (104). Czas T_{imp} trwania impulsu IMP jest równy okresowi sygnału CLK₂. Takim samym czasem trwania charakteryzuje się impuls świetlny wysłany w kierunku mierzonego obiektu. Odebrany i wzmacniony sygnał $s_r(t)$ jest opóźnioną w czasie kopią impulsu nadanego, która jednocześnie jest zdeformowana przez optyczne sygnały zakłócające i szumy własne układu odbiorczego. Sygnał EN, uzyskany przez porównanie sygnału $s_r(t)$ z napięciem progowym U_p , ponownie przybiera postać impulsów, których czas trwania wynosi T_{imp}' i nominalnie jest równy T_{imp} . Wraz z kolejnymi taktami sygnału wzorcowego CLK zmienia się stan na wyjściach Y_0 do Y_m licznika pierścieniowego (109). Pierwszy elementarny cykl pomiarowy kończy się w momencie, gdy na wyjściu Y_m pojawi się stan wysoki i tym samym trwa on m taktów sygnału zegarowego CLK. W trakcie jednego elementarnego cyklu pomiarowego co najwyżej dwa sąsiednie liczniki spośród liczników L_0 do L_m dokonają inkrementacji swojego stanu. W praktyce w ogromnej większości cykli warunek inkrementacji spełniony będzie tylko dla jednego z liczników. W przypadku przykładowych przebiegów będzie to licznik L_2 , bo tylko na jego wejściu zegarowym zmienił się stan z niskiego na wysoki w trakcie trwania wysokiego stanu sygnału EN.

Nowy elementarny cykl pomiarowy rozpoczyna się wraz z narastającym zboczem sygnału CLK, które powoduje zmianę stanu z niskiego na wysoki na wyjściu Y_0 licznika pierścieniowego. W nowym cyklu ponownie nastąpi wygenerowanie impulsu optycznego. Moment wygenerowania impulsu nastąpi w innej fazie względem sygnału wzorcowego CLK, a jego przesunięcie wynika z różnicy częstotliwości F_1 i F_2 . Tym samym przesunięciu względem sygnału zegarowego ulegnie również impuls zezwalający EN. W drugim przykładowym elementarnym cyklu pomiarowym ponownie licznik L_2 dokona inkrementacji swojego stanu, jednakże w trzecim cyklu inkrementowany zostanie stan licznika L_3 zamiast L_2 .

Pełny cykl pomiarowy kończy się po takiej liczbie elementarnych cykli pomiarowych, po której faza sygnału IMP względem Y_0 wraca do wartości początkowej. Liczba cykli pomiarowych, a tym samym liczbę wygenerowanych impulsów optycznych, zlicza licznik L (108), którego stan jest sprawdzany przez nadrzędny układ sterująco-wyliczającego (115). Po zliczeniu przez licznik L liczby N impulsów odczytywane są wartości N_0 do N_m z wyjść liczników L_0 do L_m (110, 111, 112, 113, 114) i na tej podstawie wyznaczane jest opóźnienie propagacji sygnału optycznego. W przypadku odpowiednio silnego odbieranego sygnału tylko dwa spośród liczników L_0 do L_m będą miały stan zliczeń. Indeksy tych liczników określają zgrubnie zakres czasów w jakim mieści się opóźnienie propagacyjne sygnału. Czas propagacji sygnału, rozumiany jako czas przelotu światła od nadajnika optycznego do obiektu mierzonego i z powrotem do odbiornika, wynosi:

$$T_d = \left[i + \frac{N_{i+1} - N_i}{2N} \right] T_{CLK} - T_o$$

- T_d – opóźnienie propagacyjne sygnału optycznego zależne od odległości do obiektu,
- T_{CLK} – okres sygnału CLK o częstotliwości wzorcowej F_1 ,
- T_o – suma wszystkich pasożytniczych opóźnień występujących w układzie,
- i – indeks pierwszego licznika L_i o niezerowym stanie zliczeń,
- N_i – stan na wyjściu pierwszego licznika L_i ,
- N_{i+1} – stan na wyjściu drugiego licznika L_{i+1} o niezerowym stanie zliczeń,
- N – liczba wygenerowanych impulsów (równa długości cyklu pomiarowego).

Rozdzielczość zgrubnej estymacji czasu propagacji zależy od okresu T_{CLK} sygnału wzorcowego. Maksymalny zasięg pomiarów wynika wprost z najdłuższego możliwego do zmierzenia czasu opóźnienia, który zależy od liczby wyjść m licznika pierścieniowego (109) oraz okresu T_{CLK} i wynosi mT_{CLK} . Długość N cyklu pomiarowego, wyrażająca zarazem liczbę wygenerowanych impulsów świetlnych, zależy od okresu T_{CLK} sygnału zegarowego oraz od arbitralnie założonej rozdzielczości ΔT pomiaru czasu opóźnienia sygnału:

$$N = \frac{T_{CLK}}{\Delta T}$$

Stosunek T_{CLK} do ΔT powinien być liczbą całkowitą.

Częstotliwości, a zarazem okresy sygnałów CLK i CLK_2 powinny być tak dobrane, żeby ich wzajemny stosunek wyrażał współczynnik γ :

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{T_{CLK_2}}{T_{CLK}} = \gamma$$

którego wartość jest opisana zależnością:

$$\gamma = 1 + \frac{\Delta T}{mT_{CLK}}$$

Długość cyklu pomiarowego można wyrazić również liczbą N_{CLK} taktów generatora przebiegu wzorcowego:

$$N_{CLK} = 1 + m \frac{T_{CLK}}{\Delta T}$$

Po zakończeniu jednego cyklu pomiarowego na podstawie stanu liczników wyznaczana jest, w nadrzędnym układzie sterująco-wyliczającym (115), estymowana wartość opóźnienia sygnału, a tym samym odległość do mierzonego obiektu. Następnie układ sterujący (115) wystawia aktywny sygnał zerujący wszystkie liczniki, po czym po jego wyłączeniu rozpoczyna się nowy cykl pomiarowy. Sposób według wynalazku charakteryzuje się tą właściwością, że na podstawie stanu zliczeń liczników N_i oraz N_{i+1} można określić rzeczywisty czas T_{imp} trwania sygnału EN, który nominalnie powinien być równy czasowi T_{imp} trwania impulsu IMP. Czas T_{imp} jest równy:

$$T_{imp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{N} T_{CLK}$$

Wyznaczony czas T_{imp} może być podstawą do wykonania korekty wyniku estymacji czasu propagacji sygnału. Na podstawie tej wartości może być np. korygowana wartość napięcia progowego w układzie (106), żeby rzeczywisty czas T_{imp} trwania odebranego impulsu był jak najbardziej zbliżony do czasu T_{imp} .

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru odległości, w którym sygnałem impulsowym wyzwala się nadajnik sygnałów optycznych, po czym odbity od mierzonego obiektu sygnał odbiera się przy pomocy fotodetektora przekształcającego sygnał optyczny na impuls elektryczny, który porównuje się w układzie komparatora z napięciem progowym, a sygnałem wyjściowym komparatora aktywuje się liczniki binarne, **znamienny tym**, że sygnałem prostokątnym CLK o częstotliwości F_1 z generatora wzorcowego (101) taktuje się m-bitowy licznik pierścieniowy (109), z którego wyjść Y_0, Y_1, Y_2, Y_3 do Y_m wysterozuje się wejścia zegarowe kolejnych liczników binarnych L_0 (110), L_1 (111), L_2 (111), L_3 (113), aż do L_m (114), po czym zliczone przez liczniki wartości N_0, N_1, N_2, N_3 , aż do N_m odczytuje się w nadrzędnym układzie sterująco-wyliczającym (115), korzystnie układzie mikroprocesorowym, jednocześnie sygnałem CLK z wyjścia generatora wzorcowego (101) taktuje się generator o regulowanej częstotliwości (102), z którego prostokątny sygnał CLK_2 o częstotliwości F_2 podaje się jako sygnał zegarowy przerzutnika D (103), którym próbkuje się stan wyjścia Y_0 licznika pierścieniowego (109), a impulsowym sygnałem wyjściowym IMP pobudza się nadajnik sygnałów optycznych (104) i jednocześnie zlicza się liczbę wygenerowanych impulsów licznikiem binarnym L (108), którego stan odczytuje się w nadrzędnym układzie sterująco-wyliczającym (115), korzystnie układzie mikroprocesorowym.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że cykl pomiarowy kończy się po zliczeniu w liczniku L (108) N impulsów, a następnie w nadrzędnym układzie sterująco-wyliczającym (115), korzystnie układzie mikroprocesorowym, wyszukuje się dwóch największych liczb spośród wartości od N_0 do N_m i na tej podstawie wyznacza się czas opóźnienia sygnału.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosunek częstotliwości F_2 sygnału z wyjścia generatora (102) do częstotliwości F_1 sygnału z wyjścia generatora (101) wybiera się mniejszy od jedności, korzystnie z zakresu 0.9 do 0.99999.

4. Urządzenie do pomiaru odległości, które posiada układ generatora wzorcowego, układ generatora o regulowanej częstotliwości, układ nadajnika sygnałów optycznych oraz układ odbiornika sygnałów optycznych, z którego wyjścia odebrany i przekształcony do postaci elektrycznej sygnał $s_r(t)$ doprowadzony jest do pierwszego wejścia komparatora, a do drugiego wejścia komparatora podłączony jest układ regulacji napięcia progowego, a wyjście komparatora połączone jest z wejściami zezwalającymi liczników binarnych, **znamiennie tym**, że wyjście generatora wzorcowego (101) jest połączone z wejściem zegarowym licznika pierścieniowego (109), którego kolejne wyjścia doprowadzone są do wejść zegarowych kolejnych liczników binarnych (110, 111, 112, 113, 114), z których wyjścia połączone są do wejść nadrzędnego układu sterująco-wyliczającego (115), korzystnie układu mikroprocesorowego, jednocześnie wyjście generatora o regulowanej częstotliwości (102) doprowadzone jest do wejścia zegarowego przerzutnika D (103), do którego wejścia danych podłączone jest wyjście Y_0 licznika pierścieniowego (109), a którego wyjście Q podłączone jest do wejścia nadajnika sygnałów optycznych (104) oraz do wejścia zegarowego licznika binarnego (108).

Rysunki

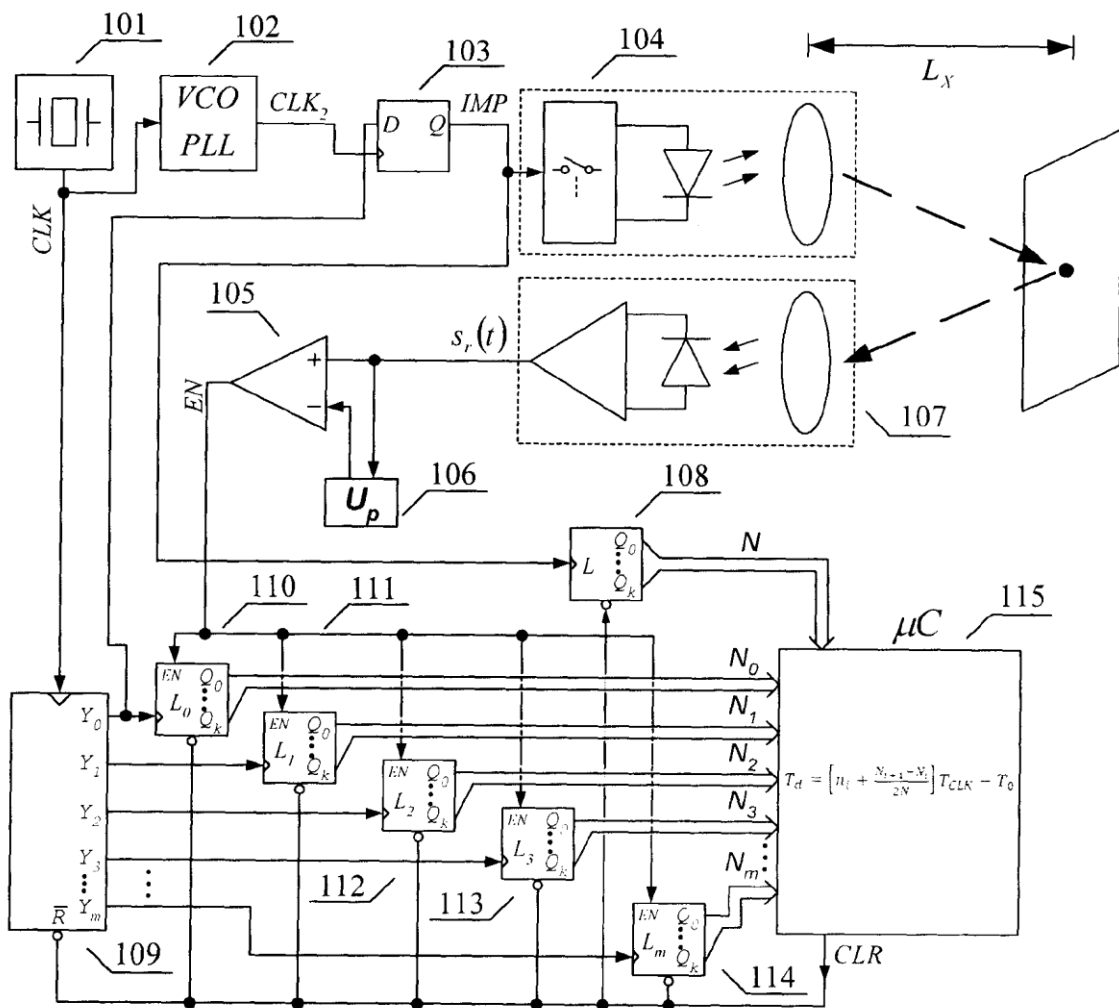


Fig. 1

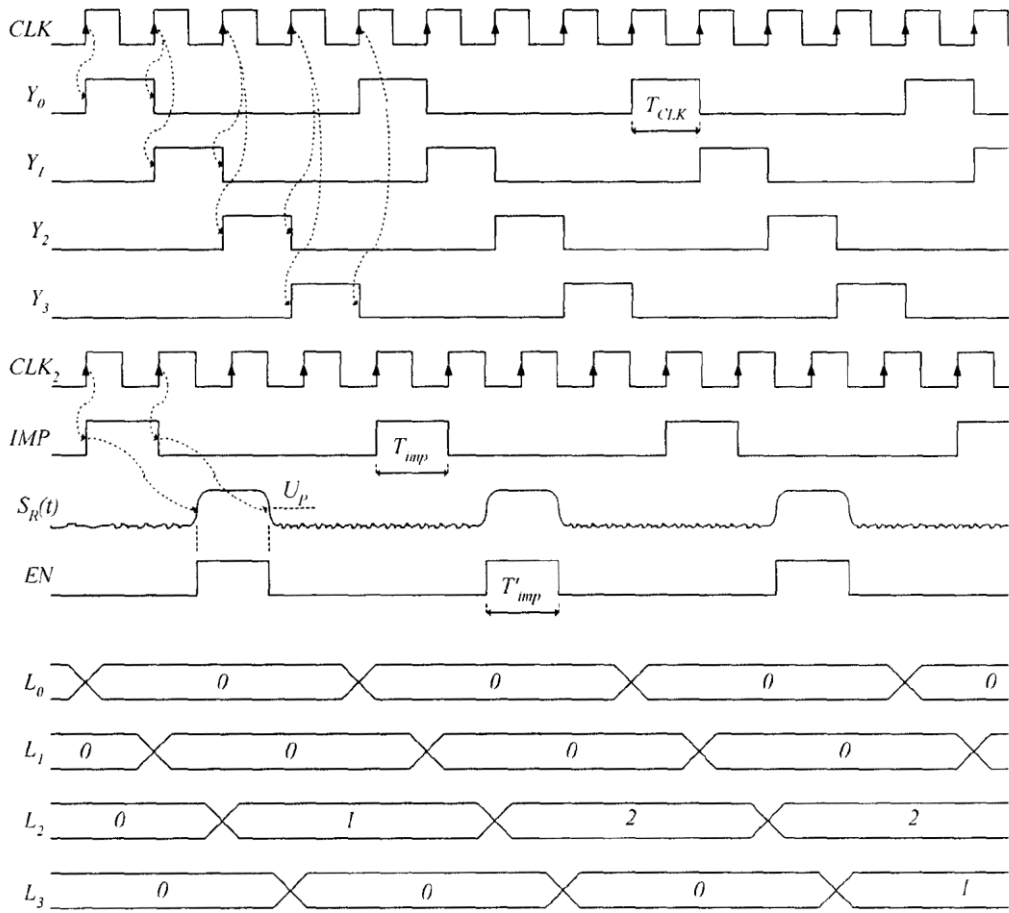


Fig. 2

