

## Podstawy techniki cyfrowej, czyli co poprzedziło powstanie komputerów.

Opracowanie: Andrzej Grodzki

Seria 7400 lub 74xx była jedną z najważniejszych historycznie serii monolitycznych układów scalonych. Oryginalną serię 74xx stanowiły układy typu Transistor Transistor Logic (TTL) o napięciu zasilania 5 V. Jako pierwsza do masowej produkcji wprowadziła te układy firma Texas Instruments w roku 1961. W okresie największej popularności układów TTL, przypadającym na lata 70 i 80 seria ta obejmowała ponad 300 pozycji katalogowych. W późniejszych czasach część układów oryginalnej serii 74xx pojawiła się w seriach pochodnych, wykonywanych w technologiach TTL-LS (o obniżonym poborze mocy) oraz S (o podwyższonej szybkości), opartych na tranzystorach Schottky'ego. W latach 90 układy bipolarne TTL zaczęły ustępować miejsca układom CMOS (Complementary MOS). Częściowo kompatybilne z układami serii 74xx odpowiedniki tych układów serii HC i HCT oraz innych są produkowane do dziś. W obrębie danej serii, poszczególne układy scalone mogą być łatwo łączone ze sobą bez dodatkowych układów dopasowujących. Jest to dużym ułatwieniem dla konstruktorów, którzy mogą skoncentrować się na logicznych aspektach tworzonego układu. Układy TTL działają w logice dodatniej - sygnał TTL jest niski (logiczne "0"), gdy potencjał ma wartość od 0 V do 0,8 V w odniesieniu do masy, wysoki (logiczna "1") przy wartości potencjału między 2 V a 5 V. Pozostawione dowolne wejście nie podłączone do żadnego ze stanów logicznych zawsze w przypadku TTL przyjmuje samoczynnie wartość logicznej jedynki.

### Czterokrotna dwuwejściowa bramka NAND 7400

W pierwszej kolejności zapoznamy się z budową cyfrowego układu TTL o najniższym numerze 7400. Jest to układ, który zawiera w swojej strukturze cztery jednakowe dwuwejściowe bramki NAND. Realizacją operacji NAND w elektronice jest bramka logiczna NAND. Oznaczana jest symbolem:

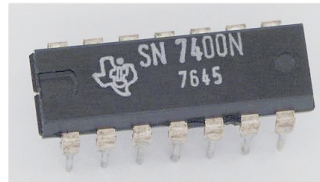
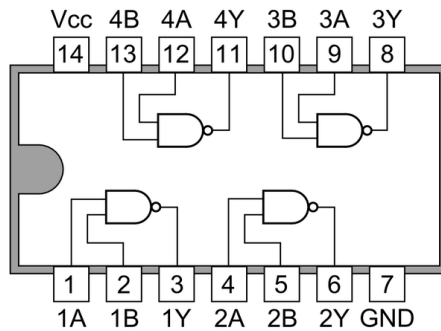


A	B	Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

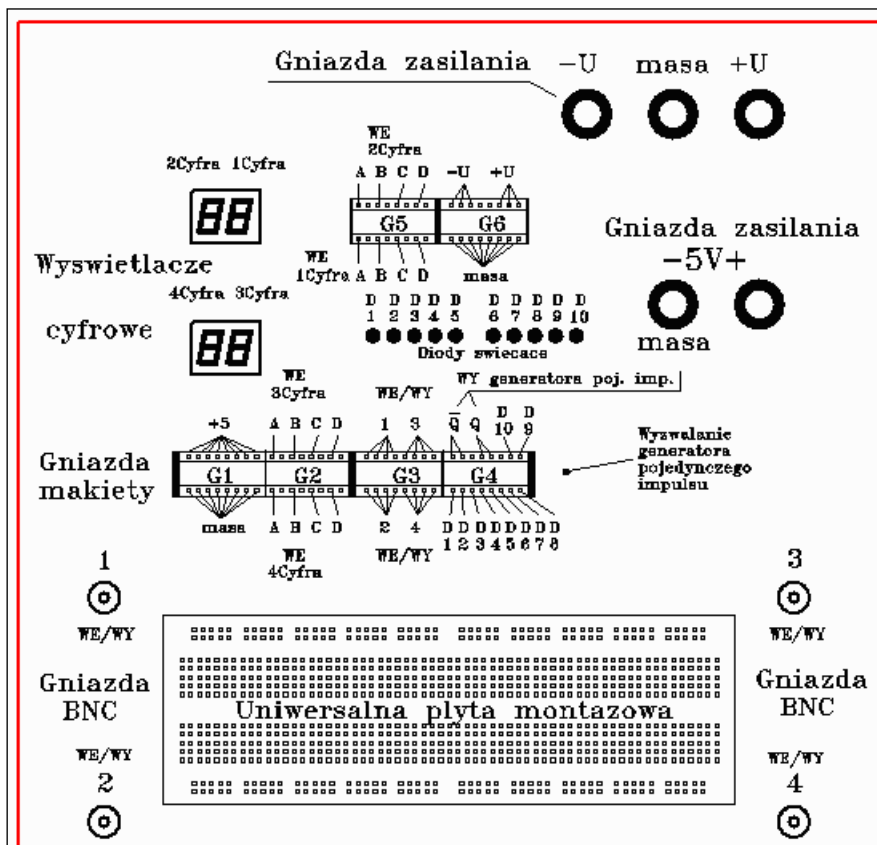
W zależności jakie stany wymusimy na wejściach A i B bramki logicznej NAND, na wyjściu Y bramki pojawi się odpowiedź zgodna z logiką funkcji NAND (NOT AND zaprzeczenie iloczynu). Wszystkie możliwe kombinacje stanów zostały przedstawione w tabeli obok symbolu bramki, taka tabela stanów nosi nazwę „tabeli prawdy”. Warto zauważyć, że w przypadku bramki NAND logiczne "0" na wyjściu pojawia się tylko wtedy gdy na obu wejściach jest jedynka logiczna. W pozostałych przypadkach na wyjściu zawsze jest stan "1". Wykorzystamy tą właściwość w drugiej części badania bramki NAND. Celem pierwszej części ćwiczenia będzie właśnie sprawdzenie czy bramka 7400 zachowuje się zgodnie z tabelą prawdy. Na zdjęciu poniżej mamy przedstawiony widok układu scalonego i symboliczny rysunek co gdzie jest podłączone w układzie.



7400 Quad 2-input NAND Gates



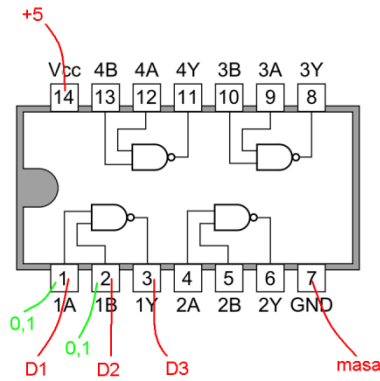
Do badania bramki wykorzystamy uniwersalną makietę, rysunek poniżej



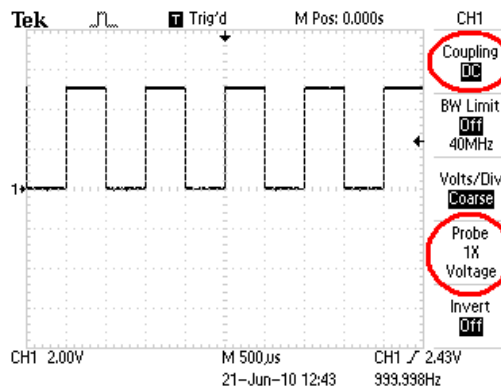
Makieta pracuje prawidłowo po doprowadzeniu do jej zacisków, oznaczonych symbolami (+ 5V -) napięcia ( $5 \pm 0,25$ ) V z zewnętrznego zasilacza. Przed podłączeniem makiety do zasilacza należy za pomocą woltomierza sprawdzić wartość napięcia na zaciskach zasilacza. Prawidłowe zasilanie makiety sygnalizuje świecenie diod  $D_1 \dots D_{10}$ . Układ scalony należy wcisnąć w uniwersalną płytę montażową w makiiecie.

Specjalnymi dołączonymi do makiety przewodami dokonaj odpowiednich połączeń według rysunku poniżej.

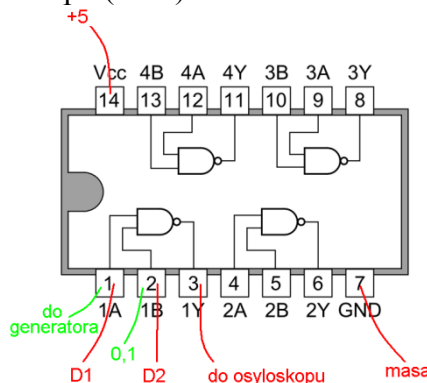




Zielone przewody na rysunku służą do wymuszenia odpowiednich stanów na wejściach bramki. Zero logiczne oznacza podłączenie przewodu do masy, a jedynka logiczna podłączenie do +5V. Wszystkie stany na 1A,1B,1Y, dzięki podłączeniu diod świecących LED D1,D2,D3, są widoczne. Świecenie diody oznacza jedynkę logiczną. Zmieniając stany na wejściach 1A i 1B (wszystkie możliwe kombinacje z tabeli prawdy) prześledź czy stany na wyjściu 1Y zgadzają się z teorią? Zamiast wymuszać stany logiczne teraz zielony przewód 1A podłącz do gniazda WE/WY (wejście/wyjście) makiety. Za pomocą kabla koncentrycznego doprowadź sygnał prostokątny, o wartości międzyszczytowej (p-p) 5V i składowej stałej +2.5V z generatora funkcyjnego znajdującego się na stole. Sygnał ustaw pomagając sobie podglądem na oscyloskopie, tak jak na rysunku poniżej:



Zwróć baczną uwagę, aby kanał pomiarowy w oscyloskopie (CH1) miał prawidłowo ustawione parametry Coupling DC i Probe 1X. W analogiczny sposób jak sygnał z generatora połącz wyjście 1Y z drugim kanałem pomiarowym oscyloskopu (CH2).



Zmieniaj zielonym przewodem stan na wejściu 1B z zera na jedynkę i obserwuj kanał drugi (CH2) na oscyloskopie. Co zmienia się w CH2 ? Czy w działaniu nie przypomina to elektronicznego zaworu ? Spróbuj wytłumaczyć dlaczego tak się dzieje ?

**Nie demontuj układu bramki NAND będzie ona częścią następnych budowanych układów ! Na czas zmian w układzie odłącz zasilanie makiety i połączenie z generatorem zewnętrznym !**

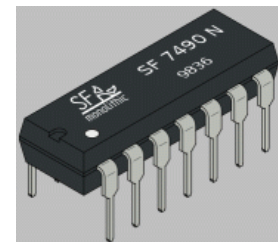
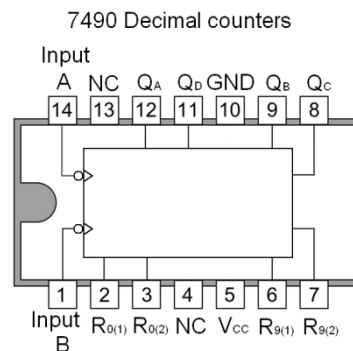
**Scalony licznik dziesiętny 7490 (dekada licząca)**

Układ scalony 7490 zawiera cztery przerzutniki typu *Master-Slave* połączone w ten sposób, że tworzą dwa liczniki: pierwszy liczący do 2 (tzw. modulo 2), i drugi liczący do 5 (modulo 5). Łącząc zewnętrzne wyjście pierwszego przerzutnika  $Q_A$  z wejściem B uzyskuje się licznik dziesiętny liczący od 0 do 9 (modulo 10). Wszystkie przerzutniki mają wspólne wejście ustawiania i wejście zerowania dołączone do wyjść dwóch dwuwejściowych bramek NAND (w strukturze układu). Zatem zerowanie licznika odbywa się przez ustawienie stanów wysokich na obu wejściach zerujących ( $R_{0(1)}$  i  $R_{0(2)}$ ), przy czym co najmniej jedno z wejść ustawiających  $R_{9(1)}, R_{9(2)}$  musi być w stanie niskim), natomiast ustawienie licznika (stan  $Q_A = 1, Q_B = 0, Q_C = 0, Q_D = 1$  odpowiadający cyfrze 9) odbywa się przez ustawienie wejść  $R_{9(1)}$  i  $R_{9(2)}$  w stanie wysokim (niezależnie od stanu wejść zerujących).

Poniżej przedstawiamy tabelę prawdy 7490.

Wejścia ustawiające				Wyjścia			
$R_{01}$	$R_{02}$	$R_{91}$	$R_{92}$	$Q_D$	$Q_C$	$Q_B$	$Q_A$
1	1	0	X	0	0	0	0
1	1	X	0	0	0	0	0
X	X	1	1	1	0	0	1
X	0	X	0	Liczenie			
0	X	0	X	Liczenie			
0	X	X	0	Liczenie			
X	0	0	X	Liczenie			

„X” – stan dowolny



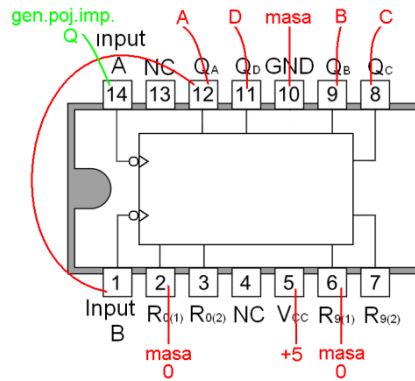
**Opis wyprowadzeń licznika dziesiętnego 7490**

- A – wejście zegarowe licznika modulo 2
- B – wejście zegarowe licznika modulo 5
- NC – nie podłączone
- $Q_A$  – wyjście licznika
- $Q_B$  – wyjście licznika
- $Q_C$  – wyjście licznika

- $Q_D$  – wyjście licznika
- $R_{0(1)}$  – wejście zerujące
- $R_{0(2)}$  – wejście zerujące
- $R_{9(1)}$  – wejście ustawiające
- $R_{9(2)}$  – wejście ustawiające

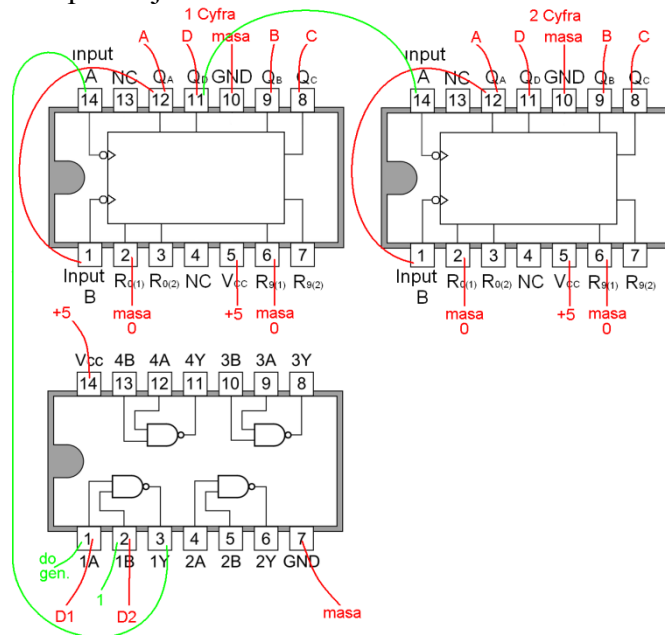
Celem następnej części ćwiczenia jest zbudowanie licznika zliczającego od 0 do 9 (modulo 10), aby tego dokonać należy układ scalony 7490 umieścić w uniwersalnej płytce montażowej obok poprzedniego układu, połączyć wejście B z wyjściem  $Q_A$ . Aby układ mógł zliczać przynajmniej jedno z wejść  $R_0$  i jedno  $R_9$  muszą być w stanie 0. Zliczenie otrzymuje się w kodzie BCD na wyjściach  $Q_A, Q_B, Q_C, Q_D$ . Te wyjścia łączymy przewodami z wejściami A, B, C, D wyświetlacza siedmiosegmentowego w makiiecie. Do wejścia A podłączamy wyjście Q generatora pojedynczych impulsów. Teraz wystarczy jeszcze podłączyć zasilanie Vcc i masę, wszystko tak jak na rysunku poniżej.





Przetestuj pracę licznika dziesiętnego, naciskając mały przycisk wyzwalający generator pojedynczych impulsów, obserwuj jak zmieniają się cyfry na wyświetlaczu. Czy Twój licznik pracuje prawidłowo? Zamiast pojedynczych impulsów z makiety podłącz wyjście poprzednio zbudowanej bramki NAND do wejścia A licznika. Wejście bramki 1B podłącz do 1 logicznej, aby impulsy z generatora zewnętrznego swobodnie docierały do licznika. Ustaw częstotliwość 1Hz na generatorze zewnętrznym. Czy Twój licznik zlicza impulsy z generatora?

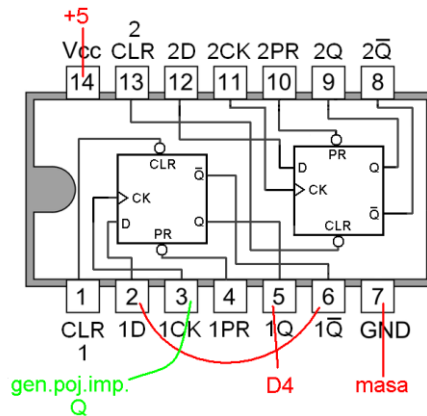
Nie rozłączając licznika dobuduj do niego następnego licznik 7490 połączony z następną cyfrą wyświetlacza, według rysunku poniżej



Czy oba liczniki zliczają impulsy? Do ilu razem liczą? Zwiększ na generatorze częstotliwość do 10 Hz. **Nie demontuj układu jest on częścią następnych budowanych układów! Na czas zmian w układzie odłącz zasilanie makiety i połączenie z generatorem zewnętrznym.**

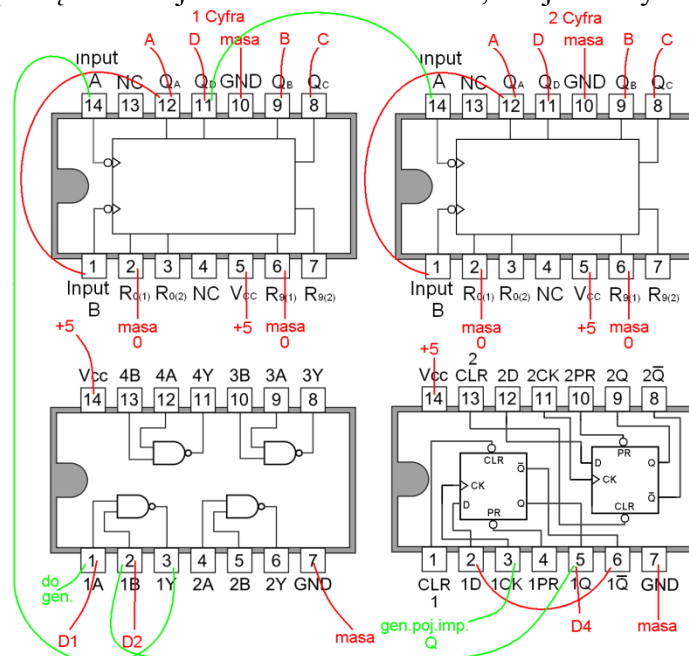
Ponieważ nie mamy za wiele czasu, zbudujemy ostatnią część naszego układu nie badając sposobu działania przerzutnika typu „D” 7474. Jeśli połączymy wszystko zgodnie z rysunkiem poniżej powinniśmy otrzymać coś co nazywa się „dwójką liczącą”.





Po co nam ten układ ? Po każdym impulsie wejściowym przerzutnik w takim układzie zmienia stan na przeciwny i co najważniejsze pamięta ten stan, nie zmieni go aż nie otrzyma następnego impulsu. Efekt zmiany i zapamiętania stanu powinny być widoczne dzięki podłączonej do wyjścia Q diodzie świecącej LED (D4) zgodnie z rysunkiem. Czy może domyślcie się gdzie podłączymy ten przełącznik ? W naszym układzie będzie on pełnił rolę przełącznika START-STOP.

Wyjście Q przełącznika podłącz do wejścia 1B bramki NAND, tak jak na rysunku



Naciskaj przycisk generatora pojedynczych impulsów w makiecie. Co przypomina zbudowany układ ? Tak, właśnie zbudowałeś najprostszy dwu-cyfrowy stoper, jak myślisz czy potrafiłbyś zbudować cały zegar na układach TTL, albo inne urządzenie ? Pomyśl może to nie takie trudne.

**Jeśli po przeczytaniu tej instrukcji nie wszystko jest dla Ciebie jasne, nie wszystko rozumiesz, nie przejmuj się tym. W czasie zajęć będziesz miał do dyspozycji asystentów, którzy będą pomagali w zbudowaniu może pierwszego w Twoim życiu cyfrowego układu elektronicznego.**

