

Systemy cyfrowe i podstawy elektroniki

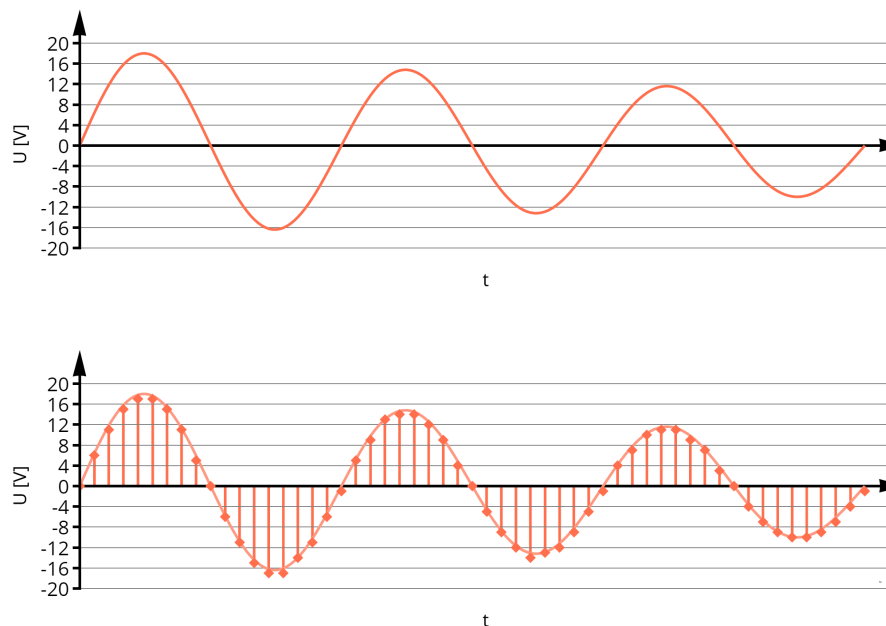
Adam Szmigielski

aszmigie@pjawst.edu.pl

materiały: *ftp(public) : //aszmigie/SYC*

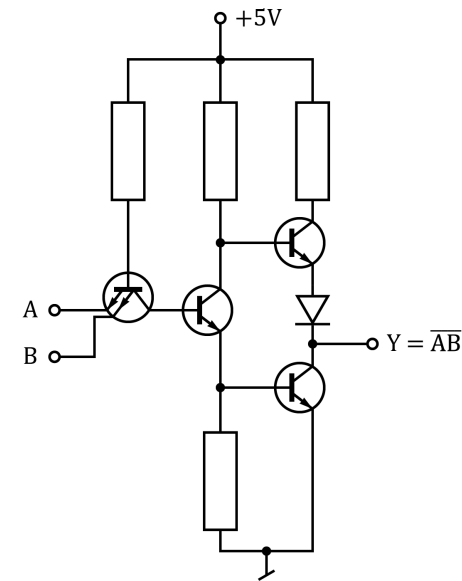
Peryferia mikrokontrolerów - wykład 12

Sygnały analogowe i cyfrowe



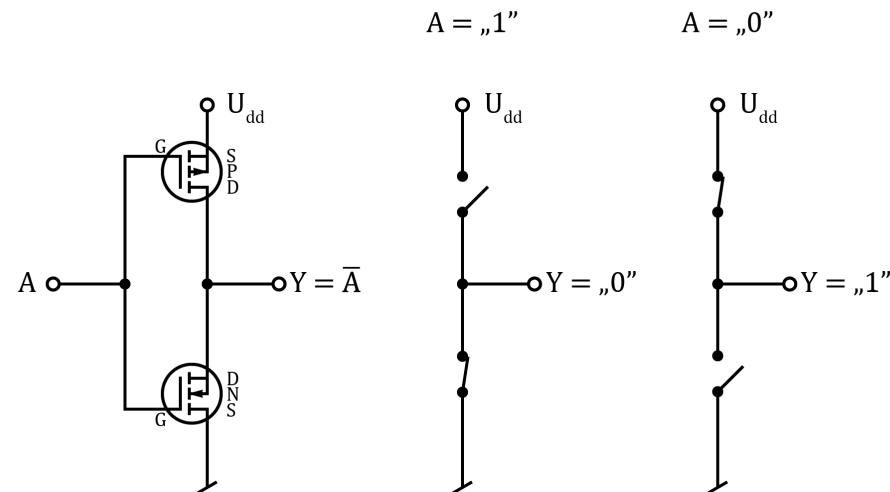
- *Sygnał analogowy* - sygnał, który może przyjmować dowolną wartość z ciągłego przedziału,
- *Sygnał dyskretny* - sygnał powstały poprzez próbkowanie sygnału ciągłego,
- *Reprezentacja binarna* - odczyt próbek zapisany binarnie.

Sygnał cyfrowy - TTL



- Układy TTL zbudowane są z tranzystorów bipolarnych i zasila się je napięciem stałym 5 V.
- Gdy potencjał ma wartość od $0V \div 0,8V$ (w odniesieniu do masy) sygnał TTL jest niski - **logiczne 0**.
- Dla potencjału między $2V \div 5V$ jest stan wysoki - **logiczna 1**.
- Gdy wartość napięcia jest z przedziału $0,8V \div 2V$ - sygnał jest nieokreślony.

Sygnał cyfrowy - CMOS



- Układy CMOS zbudowane są z się z tranzystorów MOS o przeciwnym typie przewodnictwa i połączonych w taki sposób, że w ustalonym stanie logicznym przewodzi tylko jeden z nich,
- Układy CMOS są relatywnie proste i tanie w produkcji, umożliwiając uzyskanie bardzo dużych gęstości upakowania,
- Układy cyfrowe wykonane w technologii CMOS mogą być zasilane napięciem $3 \div 18V$,

- Praktycznie nie pobierają mocy statycznie, tylko przy zmianie stanu logicznego,
- Poziomy logiczne są zbliżone do napięć zasilających (masa - logiczne "0", zasilanie "1"). Czasami stosuje się klasyfikacje procentową - "0" - odpowiadają napięcia z zakresu 0 – 30%, "1" - 70 – 100%.

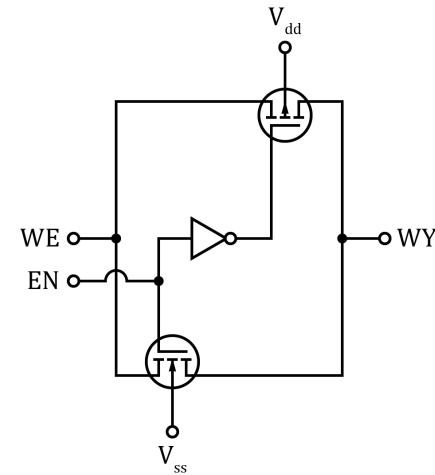
Układy niskonapięciowe (Low Voltage)

- Obecnie istnieje wyraźna tendencja do obniżania napięcia zasilania,
- Produkowane są serie układów cyfrowych CMOS przystosowane do zasilania napięciem 3,3V, 2,5V czy nawet 1,8V,

Trzeci stan logiczny i bramki typu open collector

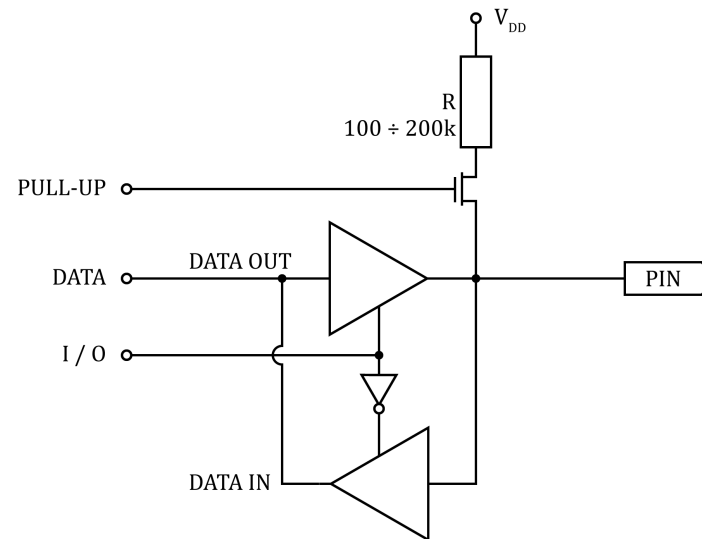
- Oprócz logicznego '0' i logicznej '1' istnieje trzeci stan logiczny - **stan wysokiej impedancji** (ang. high impedance),
- Gdy punkt układu nie jest połączony galwanicznie z układem cyfrowym znajduje się on w **stanie wysokiej impedancji**,
- Aby punkt obwodu będący w stanie wysokiej impedancji mógł być traktowany jako logiczne '0' albo '1' należy poprzez rezystor połączyć go odpowiednio do masy lub zasilania. Rezystory tego typu noszą nazwę **rezystorów podciągających** (ang. pull up resistor),
- Budowane są bramki logiczne, których wyjście pozostawać może w stanie wysokiej impedancji.

Bramki transmisyjne



- Oprócz standardowych bramek w technologii CMOS produkowane są *bramki transmisyjne*, które można traktować jako klucz analogowy,
- Bramka ta składa się z dwóch komplementarnych tranzystorów połączonych równolegle oraz inwertera, zapewniającego sterowanie bramek w przeciwfazie.
- W tej technologii są wykonane multiplexery i demultiplexery, które mogą przełączać również sygnały analogowe - patrz dokumentacje 4051.

Port wejścia-wyjścia - wybór trybu pracy



- Zmiana funkcji z wyjścia na wejście:
 - zablokowanie lub odblokowanie bufora (sygnał I/O),
 - możliwość uaktywnienia obwodu podciągającego (sygnał PULL-UP),
- Możliwe stany wyjścia:
 - stan niski,
 - stan wysoki,

Konfiguracja programowa portu we/wy

- Należy ustawić funkcje poszczególnych pinów:
 - *pinMode(13, OUTPUT);* - ustawienie 13 pinu jako wyjście,
 - *pinMode(14, INPUT);* - ustawienie 14 pinu jako wejście,

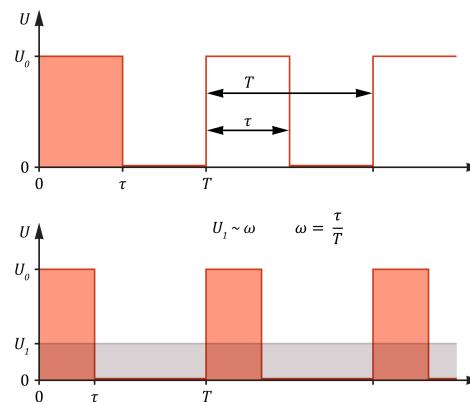
Pin może pełnić tylko jedną rolę - albo wejścia albo wyjścia
- Wydajność prądowa pojedynczego pinu wynosi $40mA$ (zarówno dodatnie jak ujemne),
- Jeśli Pin skonfigurowany jest jako wyjście nie można go podłączać bezpośrednio do masy czy zasilania,

Standardy sygnałów sterujących

- Niektóre standardy sygnałów sterujących są obowiązujące (uniwersalne) dla różnych marek sprzętu, lecz niektóre firmy mogą posługiwać się własnymi standardami.
- Najbardziej popularne standardy sygnałów sterujących:
 - PWM (uniwersalny)
 - PCM (uniwersalny)
 - PPM (uniwersalny)
 - *SPI_RX* (uniwersalny)
 - SBUS (Futaba, Frsky)
 - IBUS (Flysky)
 - MSP (Multiwii)
 - inne

Modulacja PWM (ang. Pulse-Width Modulation)

- *Współczynnik wypełnienia impulsu* jest to stosunek czasu trwania impulsu do okresu tego impulsu $\omega = \frac{\tau}{T}$,



- Modulacja PWM poprzez współczynnik wypełnienia określa amplitudę (zazwyczaj) sygnału,
- Poprzez filtr dolnoprzepustowy (całkowanie) zamienia sygnał cyfrowy na analogowy,
- Szeroko stosowany w kontroli prędkości silników, w systemach mikroprocesorowych.

Sterowanie serwami

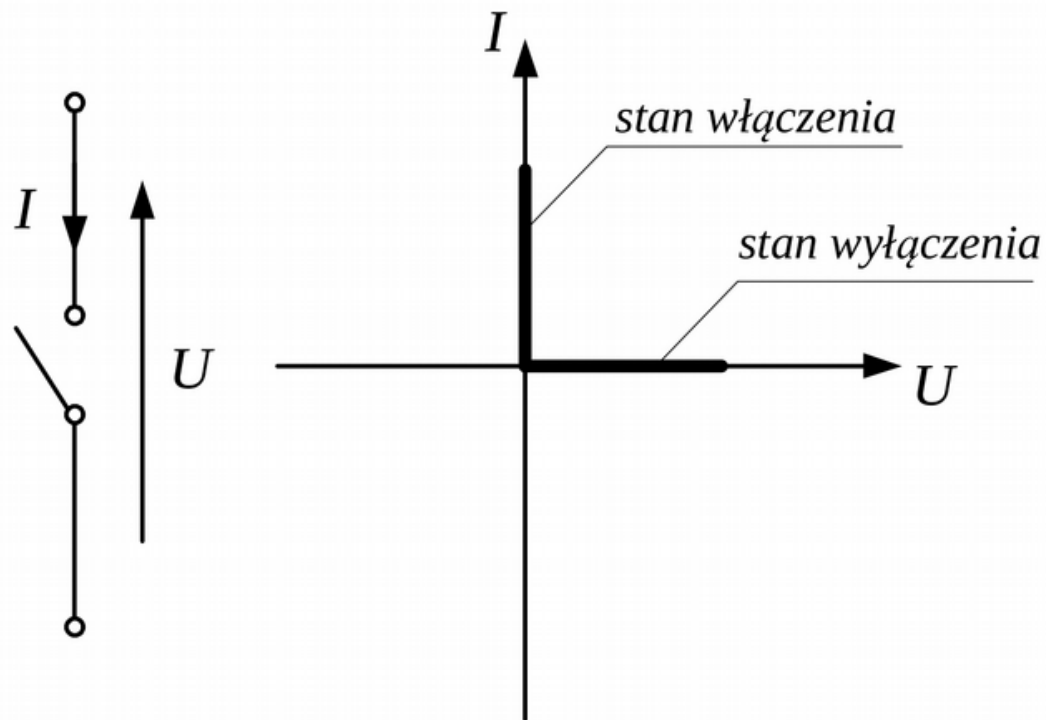


- *Serwo modelarskie* - sterowane jest z wykorzystaniem trzech przewodów: masa (czarny lub żółty), zasilania (czerwony) i sterowanie (brązowy),
- Sterowanie serwem odbywa się impulsowo. Impulsy występują w odstępach $20ms$ (50 Hz) i zmieniają się w zakresie od 1 do 2 m szerokości. Szerokości impulsu odpowiada kątowi obrotu:
 - Szerokość pulsu $1,5ms$ - **pozycja neutralna** (90°),
 - Szerokość pulsu $1,25ms$ - pozycja (0°),
 - Szerokość pulsu $1,75ms$ - pozycja (180°),

Modulacja PPM (ang. Pulse Position Modulation)

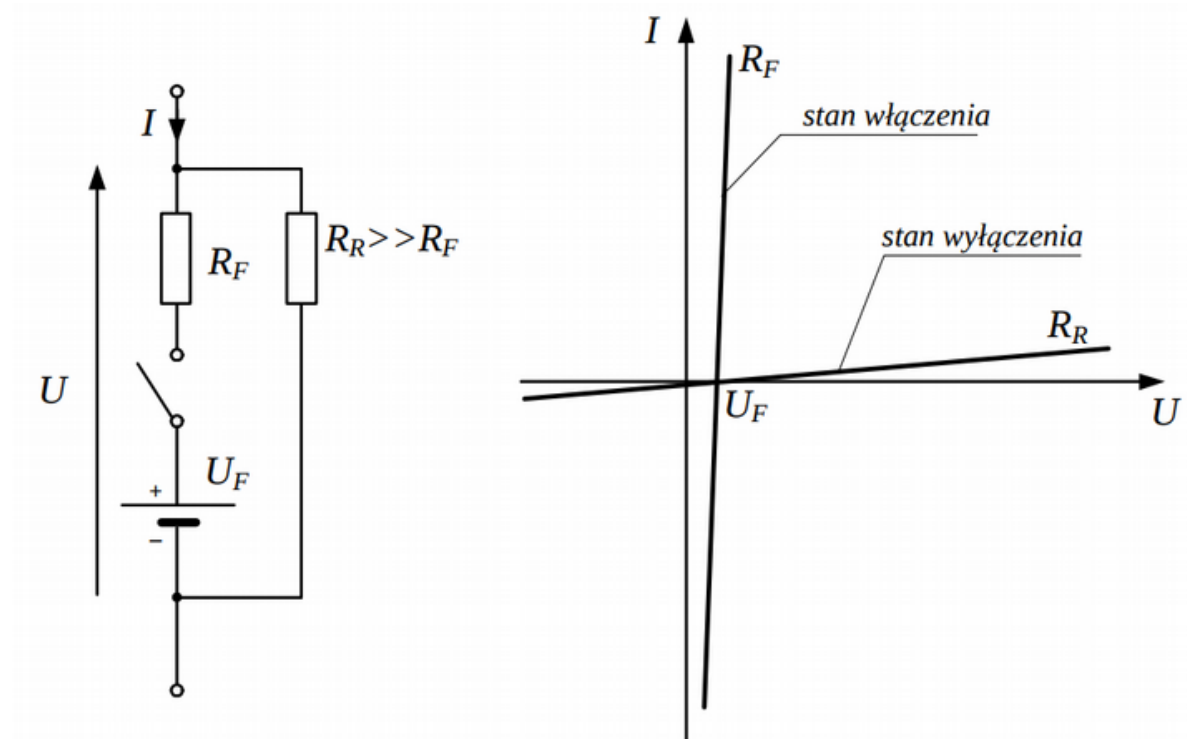
- PPM znany również jako CPPM lub PPMSUM.
- Zaletą PPM jest to, że tylko jeden przewód sygnałowy jest potrzebny dla kilku kanałów (zwykle 8 kanałów maks.) Zamiast wielu pojedynczych przewodów
- podczas gdy sygnał PPM jest analogowy,

Klucz tranzystorowy idealny



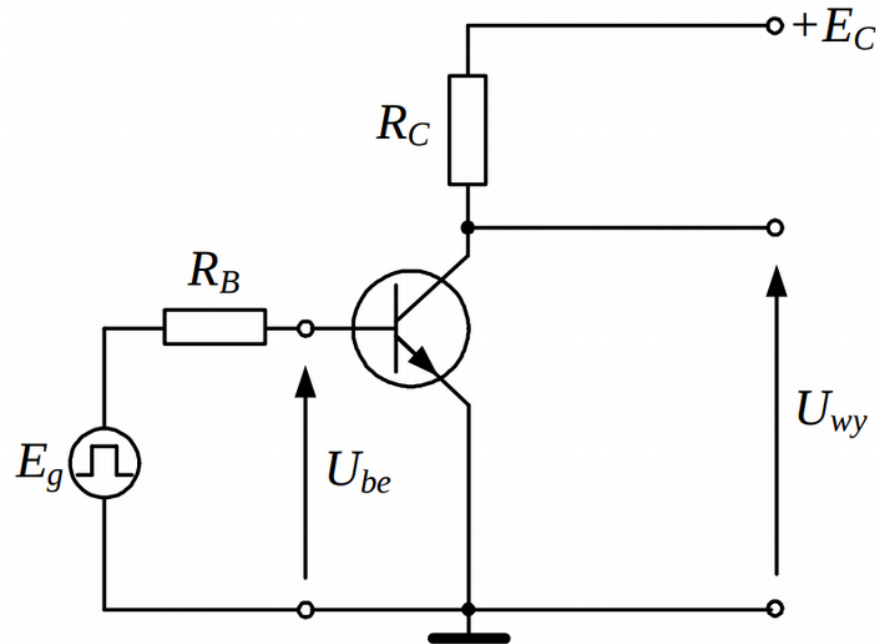
- zerowa rezystancja w stanie włączenia,
- nieskończona rezystancja w stanie wyłączenia

Klucz tranzystorowy rzeczywisty



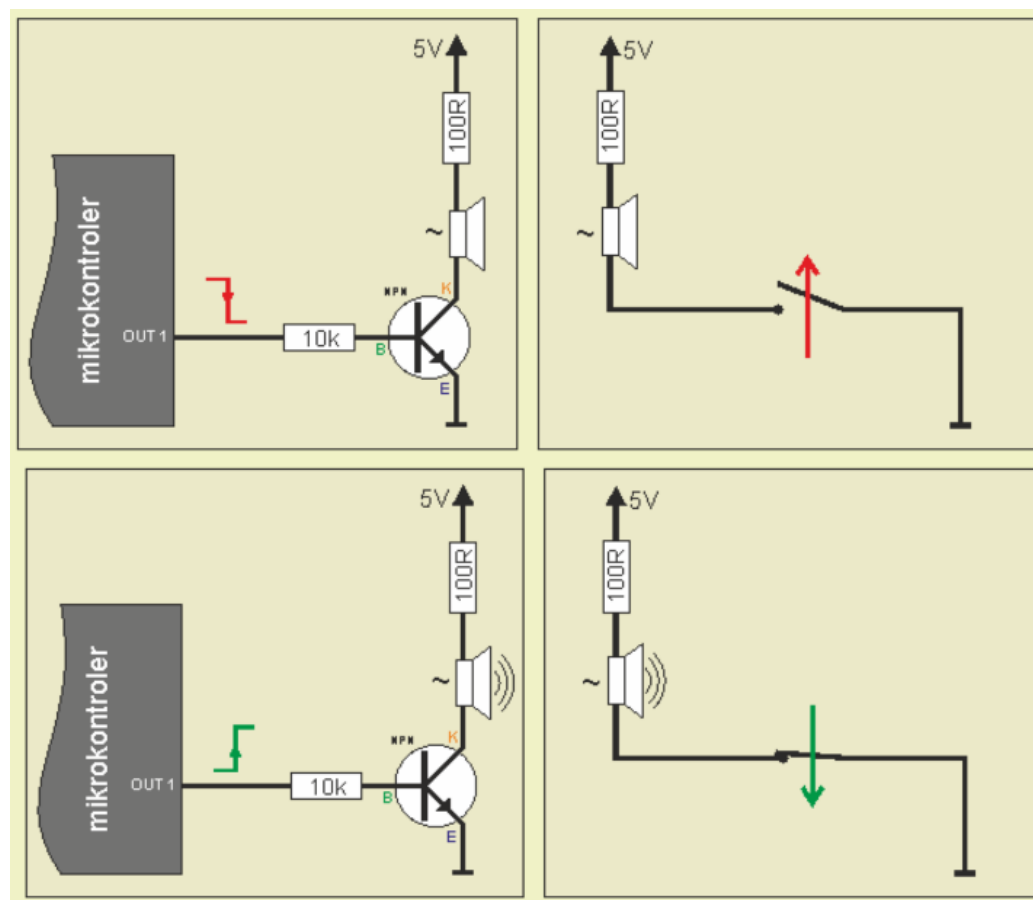
- niezerowa rezystancja w stanie włączenia R_F
- skończona rezystancja w stanie wyłączenia R_R

Tranzystor bipolarny jako klucz

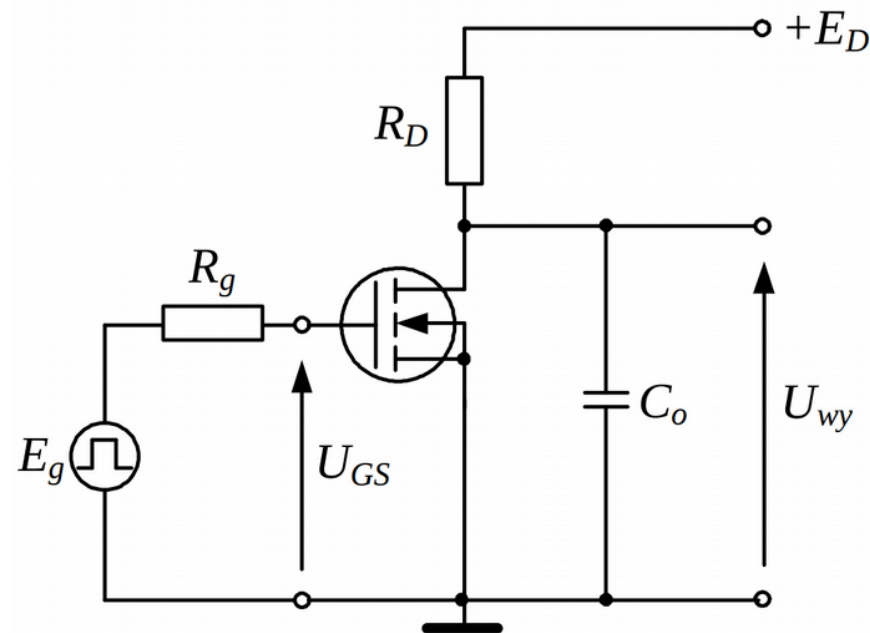


- Tranzystor jest sterowany silnym sygnałem od stanu zatkania do nasycenia.

Tranzystor bipolarny jako przełącznik

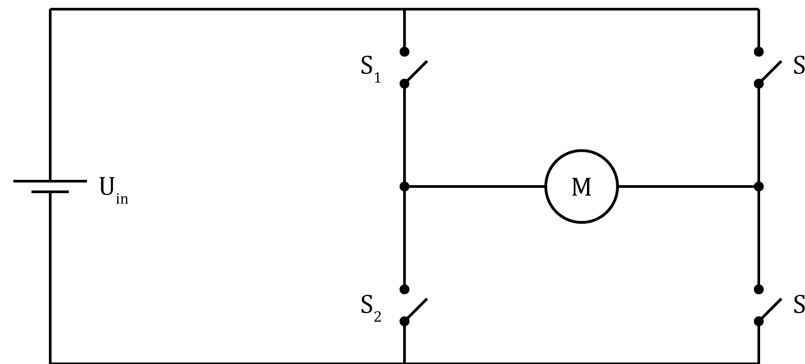


Tranzystor MOSFET jako klucz



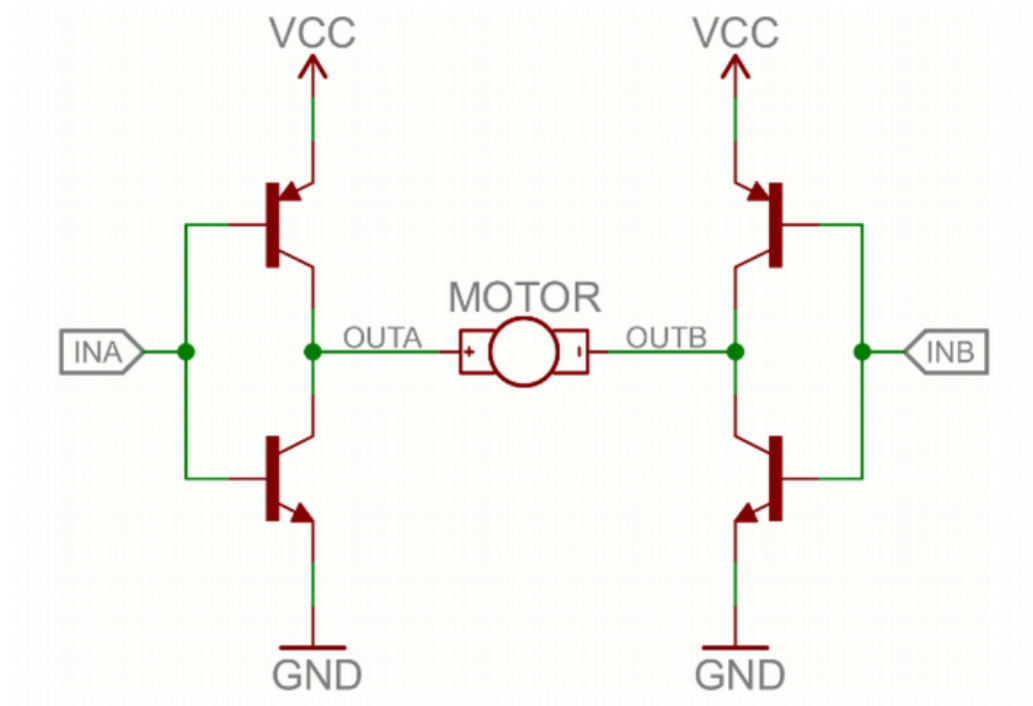
- Układy z MOS stosowane w scalonych układach cyfrowych jak również w układach analogowych.

Sterowanie silnikami DC



- Prędkość silnika reguluje się poprzez współczynnik wypełnienia,
- Kierunek obrotu realizuje się poprzez wybór przełączników:
 - Przełączniki $\{S_1, S_4\}$ - jeden kierunek
 - Przełączniki $\{S_2, S_3\}$ - kierunek przeciwny

Mostek H z tranzystorami bipolarnymi



Sterowanie silnikami bezszczotkowymi



- Silniki te są wykonywane jako miniaturowe silniki trójfazowe,
- Sterownik silnika na wejściu ma standard sygnału serwa, wyjście bezpośrednio steruje silnikiem (trójfazowe)

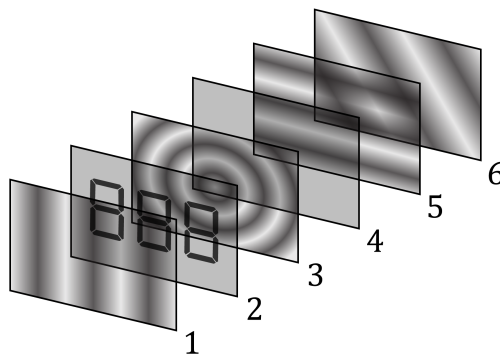
Wyświetlacz LCD

Wyświetlacz ciekłokrystaliczny, LCD (ang. *Liquid Crystal Display*) – urządzenie wyświetlające obraz, którego zasada działania oparta jest na zmianie polaryzacji światła na skutek zmian orientacji cząsteczek ciekłego kryształu.

Wszystkie rodzaje wyświetlaczy ciekłokrystalicznych składają się z czterech podstawowych elementów:

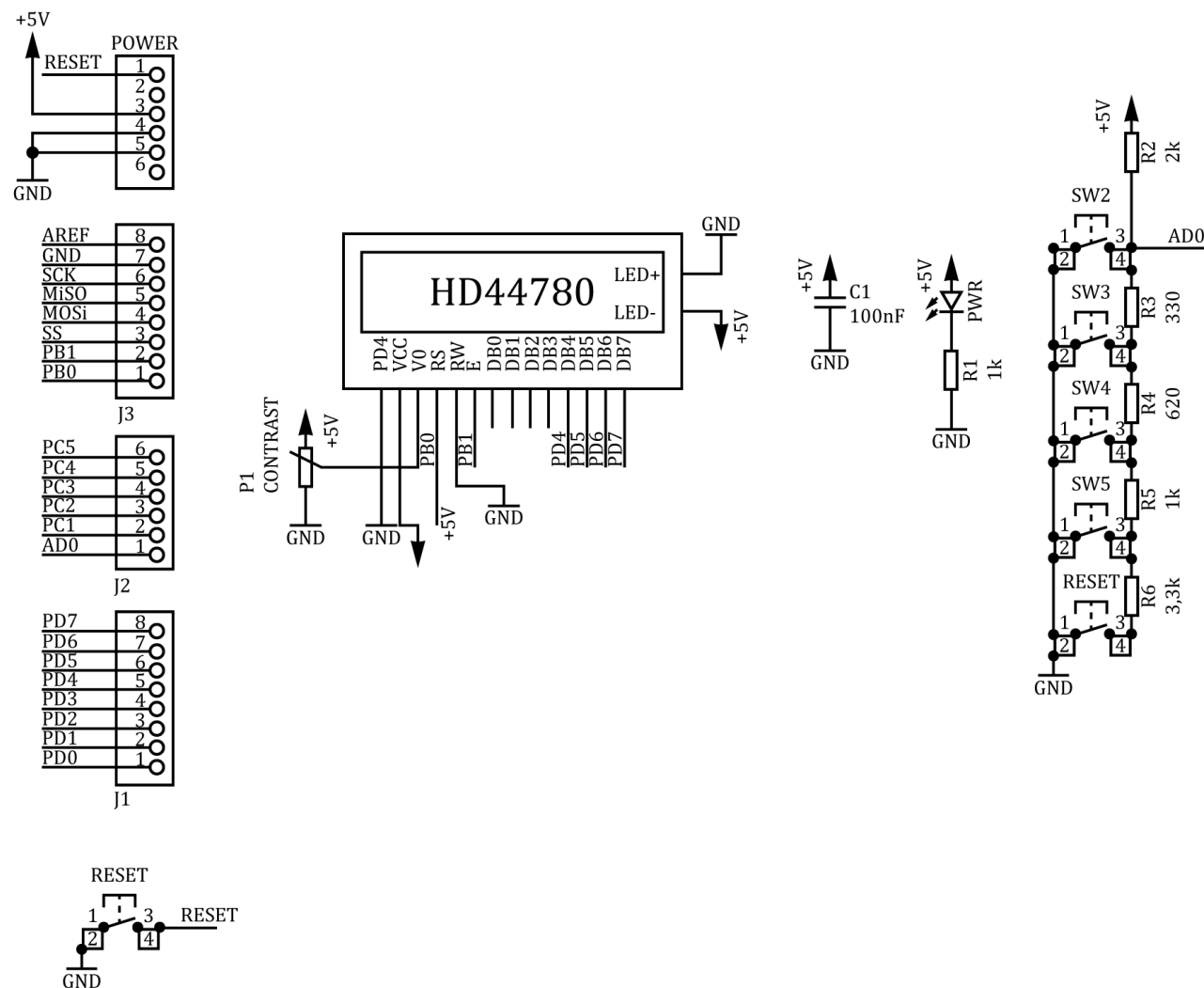
- *komórek*, w których zatopiona jest niewielka ilość ciekłego kryształu,
- *elektrod*, które są źródłem pola elektrycznego działającego bezpośrednio na ciekły kryształ dwóch cienkich
- *folii*, z których jedna pełni rolę polaryzatora a druga analizatora.
- *lustra* - źródła światła.

Wyświetlacz LCD - zasada działania



1. *Filtr pionowy* - do polaryzacji wpadającego światła,
2. *Płytką szklaną z naniesionymi elektrodami*. Wyświetlane obrazy będą miały kształt naniesionych elektrod.
3. *Warstwa ciekłego kryształu*,
4. *Szklana płytką z poziomymi rowkami* do zmiany polaryzacji światła,
5. *Filtr poziomy* - służy do wygaszania odbitego światła,
6. *powierzchnia odbijająca* - służy do odbicia wiązki światła.

Wyświetlacz LCD Arduino

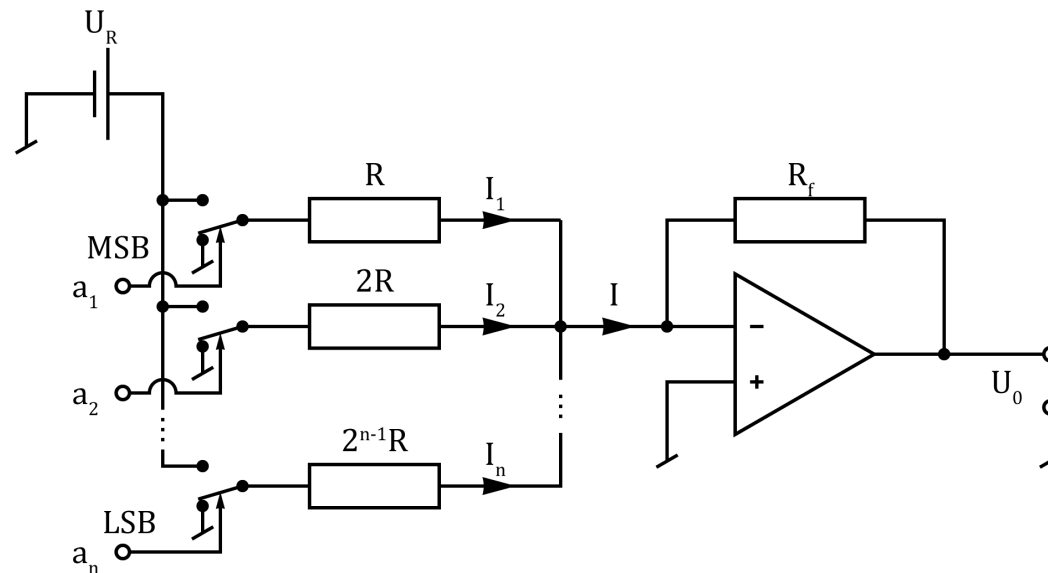


Przetwornik cyfrowo-analogowy

Przetwornik cyfrowo-analogowy C/A (ang. *Digital to Analog Converter, DAC*) urządzenie przetwarzające sygnał w standardzie cyfrowym (liczba binarna) na sygnał analogowy w postaci napięcia, o wartości proporcjonalnej do tej liczby.

- Przetwornik C/A ma n wejść i jedno wyjście.
- Przetworniki C/A pracują w oparciu jedną z trzech metod przetwarzania:
 - równoległą,
 - wagową,
 - zliczania.

Przetworniki C/A z rezystorami ważonymi



- Jeżeli i -ty bit jest równy 1, to przez odpowiadający mu rezystor popłynie prąd $I_i = \frac{U_R}{R \cdot 2^{i-1}}$, w przeciwnym razie $I_i = 0$.
- Wzmacniacz operacyjny pracuje jako sumator.
- Zamiast rezystorów stosuje się również źródła prądowe.

Przetwornik analogowo-cyfrowy

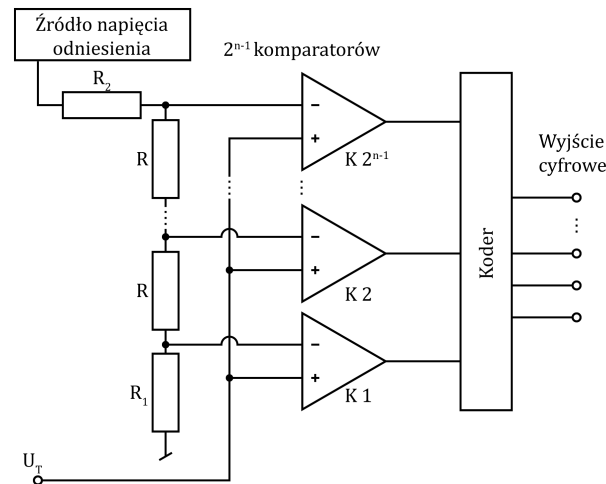
Przetwornik analogowo-cyfrowy A/C (ang. *ADC – analog to digital converter*), to układ służący do zamiany sygnału analogowego (ciągłego) na reprezentację cyfrową (sygnał cyfrowy).

Sygnał analogowy może być przekształcony na ciąg bitów:

- *metoda bezpośredniego porównania*
- *metoda kompensacyjna wagowa (z kolejnym próbkowaniem)*.
- *metoda czasowa z podwójnym całkowaniem,*
- *metoda częstotliwościowa.*

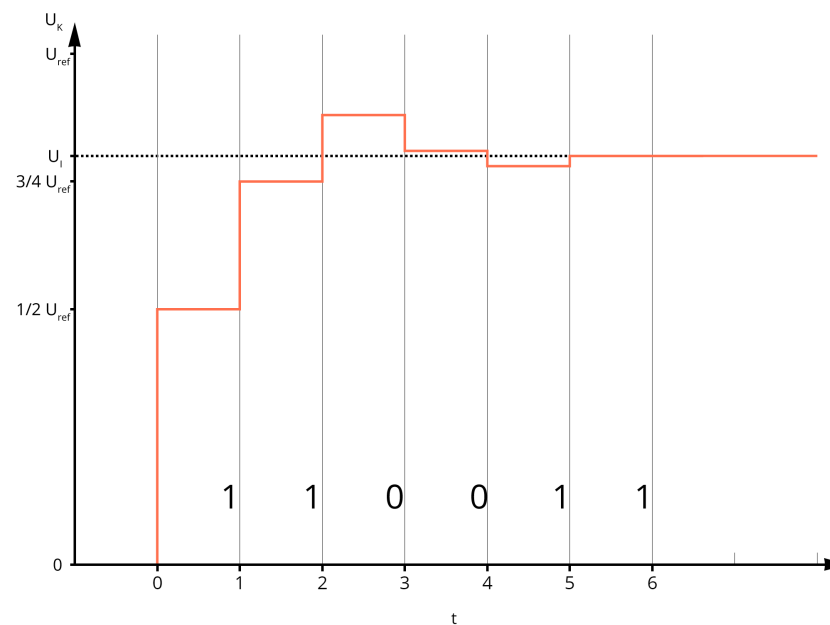
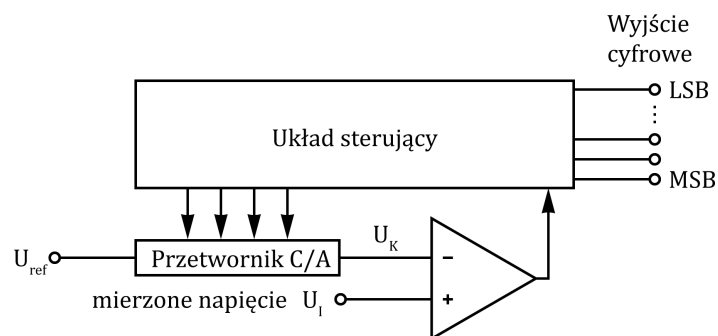
Do budowy przetworników A/C wykorzystuje się przetworniki C/A

Przetwornik A/C oparty na metodzie bezpośredniego porównania



- Napięcie wejściowe porównywane jest przez $2^n - 1$ komparatorów.
- Wyjścia komparatorów są informacją cyfrową w kodzie dwójkowym.
- Zaleta - duża szybkość przetwarzania
- Wada - bardzo duża liczba komparatorów. Są produkowane monolityczne przetworniki o rozdzielczości 6 do 8 bitów i czasach przetwarzania 10 - 20 ns.

Przetwornik oparty na metodzie kompensacji wagowej

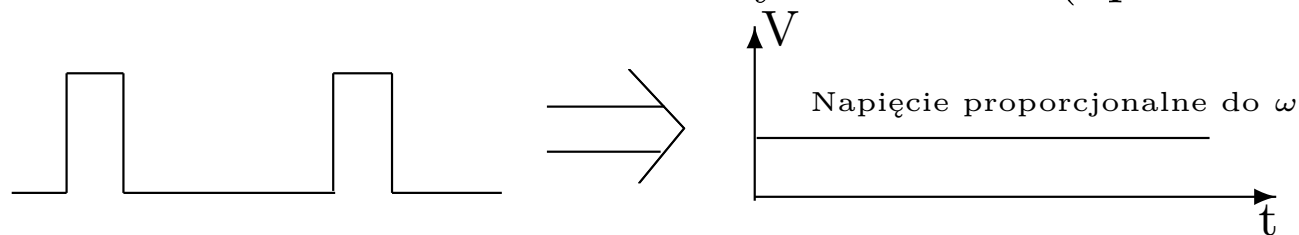


Przetwornik oparty na metodzie kompensacji wagowej

- Przetwarzanie polega na kolejnym porównywaniu napięcia przetwarzanego U_i z napięciem odniesienia U_r wytwarzanym w przetworniku c-a.
- W pierwszej kolejności następuje porównanie napięcia wejściowego z połową napięcia pełnego zakresu przetwarzania.
- W przypadku przetwornika n- bitowego pełny cykl przetwarzania obejmuje n porównań.
- Zaleta - możliwość budowy wielobitowych przetworników, wada - znacznie wydłuża czas próbkowania

Przetworniki A/C i C/A w μC

- *Przetworniki analogowo-cyfrowe* - wbudowany w μC . Sygnał analogowy (nie przekraczający napięcie zasilania) może być dostarczony do kilku wejść μC . Źródła sygnału analogowego są wówczas kluczkowane.
- W μC nie ma bezpośredniego wyjścia analogowego. Sygnał analogowy uzyskuje się poprzez scałkowanie sygnału PWM. Całkowanie można zrealizować poprzez filtr dolnoprzepustowy albo zachodzi ono w kontrolowanym obiekcie (np. silniku).



Zadania na ćwiczenia

1. Wyświetl na wyświetlaczu LCD przewijający się napis *“hello world”*,
2. Napisz program wyświetlający na górnej linii wyświetlacza LCD odczytaną wartość napięcia analogowego z pinu A0 (w woltach) a na dolnej odczytaną wartość logiczną tego pinu.
3. Napisz program wyświetlający na wyświetlaczu LCD dane przesyłane po łączu szeregowym. Parametry łącza ustala prowadzący. Kontroler powinien zwrotnie wysłać kody ASCII odczytanych znaków oddzielone spacją.