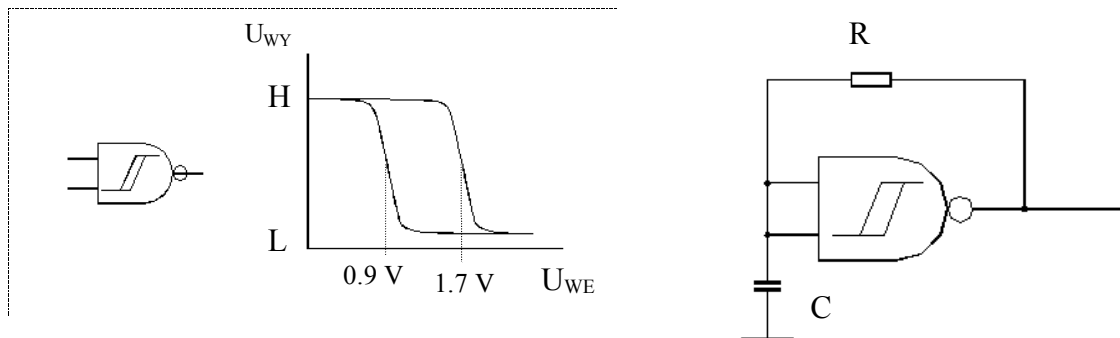


## WYKŁAD 9

### Inne rodzaje bramek cyfrowych.

#### Bramka Schmidta.

Bramka Schmidta (74132) jest niestandardową bramką cyfrową. Służy do wprowadzania sygnałów zewnętrznych do elektroniki cyfrowej. Jej charakterystyka zawiera

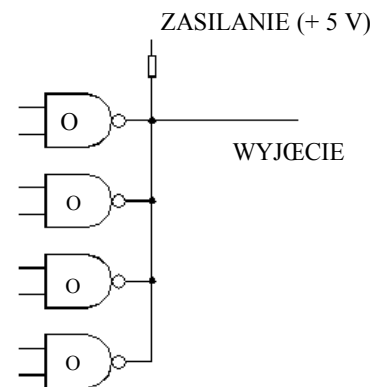


pętlę histerezy:

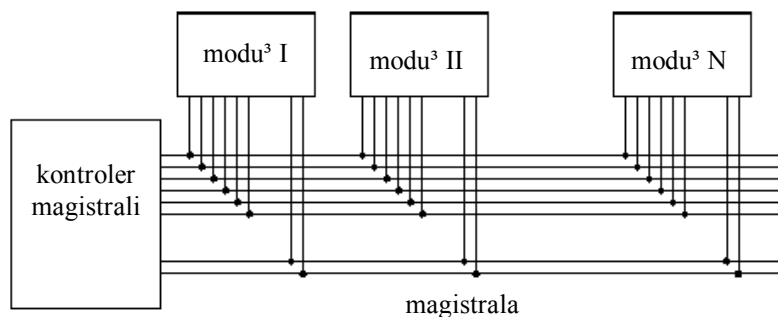
Za pomocą bramki Schmidta można także budować najprostsze generatory przebiegów prostokątnych

#### Bramki z otwartym kolektorem.

W bardziej złożonych układach logicznych istnieje potrzeba równoległego łączenia wyjść bramek cyfrowych. W związku z tym opracowano bramki TTL tzw. „z otwartym kolektorem”, dla których ta przeszkoda nie istnieje. Zwykle są one oznaczane na schematach literą „O”. **Bramki te wymagają dołączenia do wyjścia zasilania przez odpowiedni rezystor.** W układzie przedstawionym obok jedynka logiczna na wyjściu uzyskiwana jest wtedy, gdy wyjścia wszystkich bramek są w wysokim stanie logicznym. Często bramki typu „open collector” wykonuje się z wysokonapięciowymi lub wysokoprądowymi tranzystorami wyjściowymi jako wzmacniacze (drivery) do wyprowadzania niestandardowych sygnałów logicznych, sterowania



wyświetlaczami itd., a także do

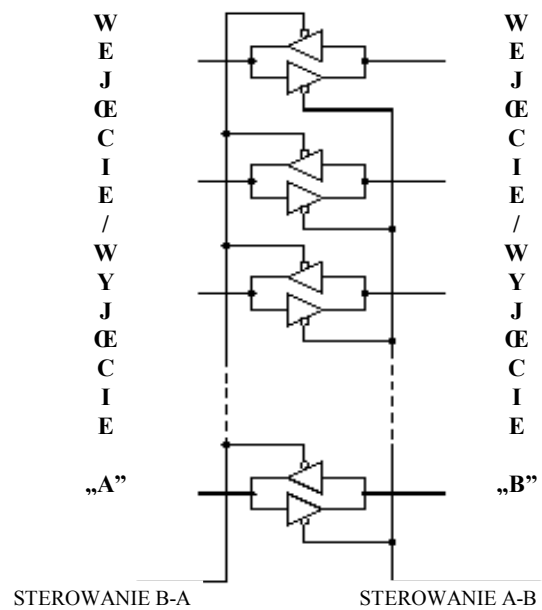
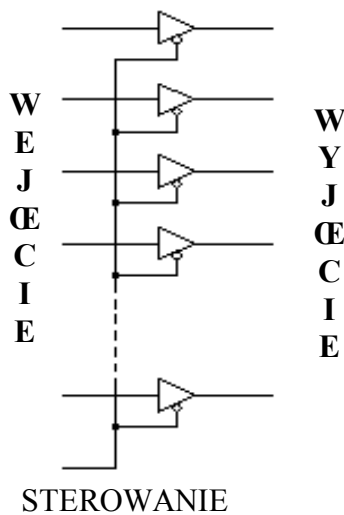


współpracy z magistralami.

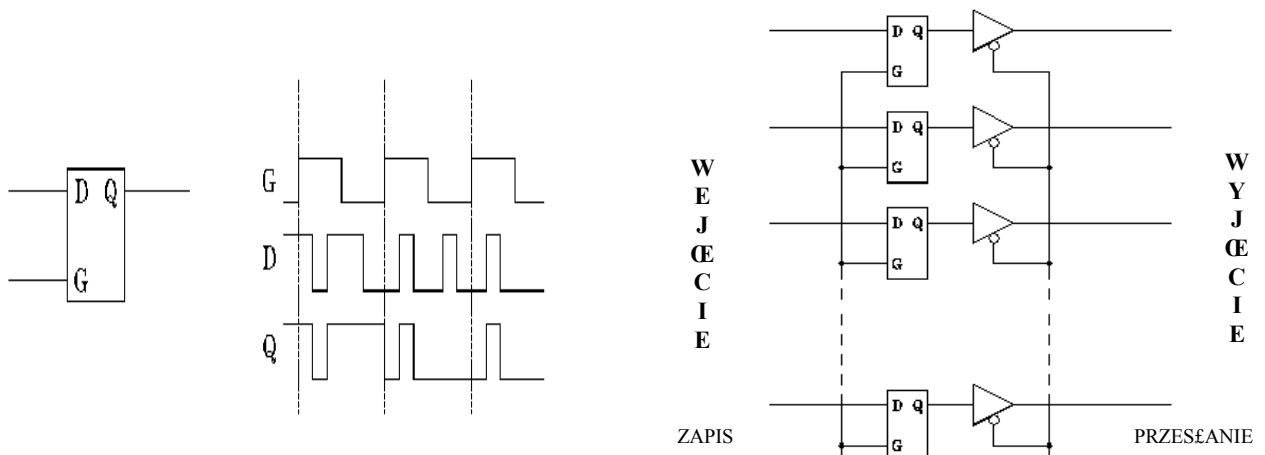
### Bramki trójstanowe.

Trójstanowe bramki logiczne również służą do równoległego łączenia wyjść systemów logicznych. Jeżeli na wejściu sterującym „B” tej bramki jest jedynka logiczna, bramka wykonuje swoją pracę zgodnie z założoną tabelą prawdy. Jeżeli B=0 wyjście bramki znajduje się w stanie odcięcia.

Bramki trójstanowe pozwalają budować tzw. **bufory jedno- i dwukierunkowe** służące do łączenia podukładów cyfrowych z magistralami.

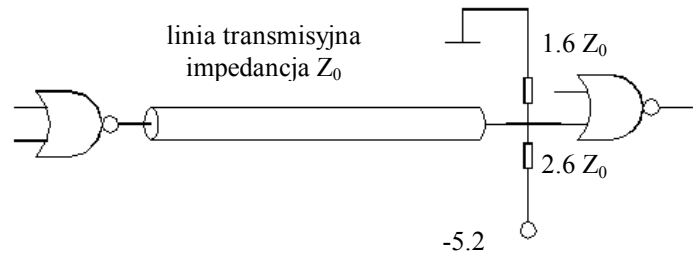


Do komunikacji z magistralą wykorzystuje się także **przerzutniki zatraskowe (latch)**. Jeżeli wejście G tego przerzutnika znajduje się w stanie logicznym „1”, sygnały z wejścia D przechodzą do wyjścia Q. W pozostałym przypadku praca przerzutnika ulega zamrożeniu. Dzięki temu można budować **bufory zatraskowe trójstanowe**, które mogą przyjąć słowo logiczne utworzone przez dany moduł cyfrowy, zapamiętać je, a w odpowiedniej chwili przesłać do magistrali. Pozwala to budować wielomodułowe urządzenia logiczne, których moduły mogą pracować autonomicznie.



## Układy ECL.

Najszybszą rodziną elektroniki cyfrowej, charakteryzującą się subnanosekundowym czasem propagacji przez bramkę i dopuszczalną częstotliwością zegara dla przerzutników  $\sim 1$  GHz, jest ECL (Emitter Coupled Logic). Rodzina ta charakteryzuje się napięciami zasilania  $V_{CC} = 0$  V i  $V_{EE} = -5.2$  V i poziomami logicznymi „1” =  $-0.9$  V i „0” =  $-1.75$  V. Podstawowymi bramkami logicznymi są OR i NOR. Zastosowanie tych układów wymaga zaawansowanej techniki projektowania i montażu elektronicznego, gdyż komunikacja między poszczególnymi układami logicznymi musi odbywać się z zachowaniem reguł dopasowania falowego, by uniknąć zniekształceń sygnałów. Z tego powodu układy ECL używa się zwykle we wstępnych stopniach elektroniki cyfrowej, przyjmujących z zewnątrz do przetworzenia szybkie sygnały logiczne. Gdy to jest tylko możliwe, sygnały ECL za pomocą konwerterów zamienia się na sygnały TTL i poddaje dalszemu przetwarzaniu za pomocą tej techniki. Układy ECL powszechnie stosuje się w elektronice w laboratoriach fizycznych. Wykorzystuje się je np. do szybkiego przetwarzania sygnałów z detektorów promieniowania.



## Pamięci.

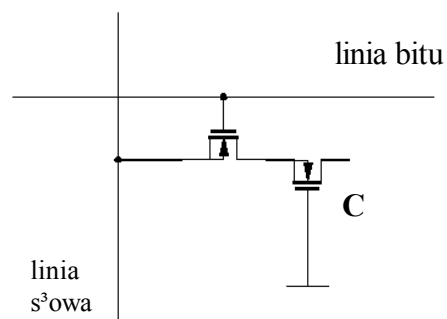
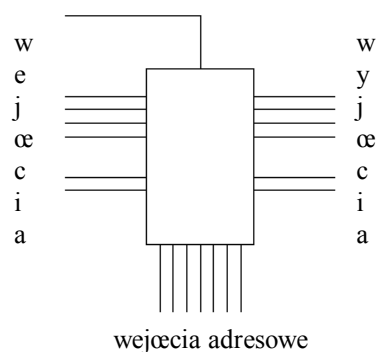
Pamięci służą do przechowywania informacji cyfrowej. Dzieli się na pamięci o dostępie przypadkowym **RAM** (Random Access Memory) i pamięci ze stałym zapisem, przeznaczone do odczytu **ROM** (Read Only Memory). Zazwyczaj w pamięci RAM informacja jest tracona po wyłączeniu zasilania. Pamięci ROM mogą ją przechowywać mimo braku zasilania.

Każda komórka pamięci ma swój adres. Podanie tego adresu (zwykle adresu całego słowa logicznego) powoduje że zawarte w tych komórkach słowo logiczne pojawia się na wyjściach pamięci. W układach RAM po uzyskaniu zezwolenia za pośrednictwem tych samych wejść/wyjść można dokonać zapisu informacji.

Pamięci **RAM** o małej pojemności (kilka bajtów-kilka kilobajtów) buduje się z przerzutników. Charakteryzują się one niewielkim czasem dostępu ( $\sim 1$  ns). Służą one w wyspecjalizowanych układach scalonych do krótkoczasowego przechowywania informacji pojawiającej się np. w układach pomiarowych (tzw. pamięci **FIFO** - First In., First Out). Są to pamięci statyczne, nie podlegające skasowaniu przy odczycie.

Pamięci o wielkiej pojemności - do kilkudziesięciu megabajtów w układzie scalonym - buduje się z tranzystorów polowych. Informacja jest przechowywana w postaci mikroładunków w pojemnościach utworzonych między bramkami i

zezwolenie na zapis



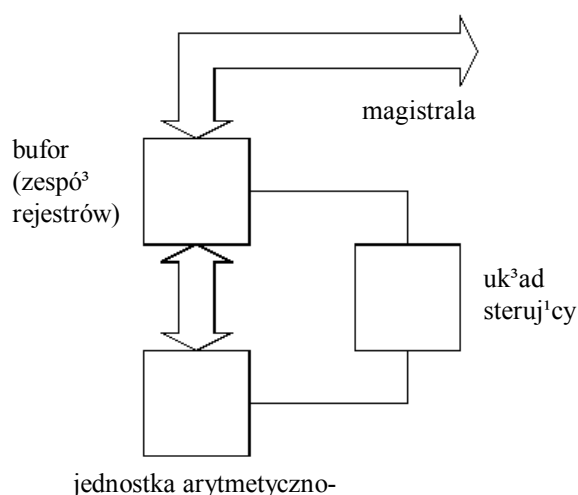
podłożami tranzystorów polowych. Drugi tranzystor służy jako przełącznik, łączący komórkę pamięci z linią informacyjną. Odczyt stanu komórki polega na pobraniu ładunku, w związku z czym pamięć ta jest kasowana przy odczycie. Poza tym miniaturowe pojemności ( $10^{-12}$  -  $10^{-14}$  F) tracą ładunek w wyniku upływności, wymagają więc kilkakrotnie w ciągu mikrosekundy doładowania. Pamięci te nazywa się dlatego **dynamicznymi**.

**Pamięci ROM** służą do przechowywania stałych programów. Starsze typy tych pamięci miały programy kodowane w procesie wytwarzania. Obecnie używa się pamięci **PROM** (Programmable ROM), w których użytkownik umieszcza programy sam, za pomocą odpowiedniego programatora. Inne pamięci **EPROM** (Erasable-Programmable ROM) mogą po zaprogramowaniu być skasowane np. za pomocą promieniowania ultrafioletowego. Proces kasowania dotyczy całości informacji. Inne wreszcie pamięci **EEPROM** (Electrically Erasable PROM) można kasować za pomocą sygnału elektrycznego. W tym przypadku możliwe jest selektywne kasowanie wybranych słów logicznych.

## Mikroprocesory

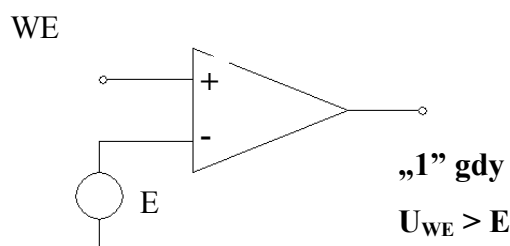
Procesor jest jednostką arytmetyczno-logiczną maszyny cyfrowej. W skład jego wchodzi zwykle zespół rejestrów i układ sterujący z zegarem. Podstawowym zadaniem procesora jest wykonywanie rozkazów według zadanego programu. Po uruchomieniu zegara kolejne jego impulsy zliczane są w liczniku, który generuje kolejne adresy operacji. W celu wykonania operacji dane są pobierane z bufora.

Współczesny mikroprocesor jest zwykle zawarty w jednym układzie scalonym. Pozwala to na stosowanie częstości zegara rzędu setek megaherców. Operują zwykle na słowach 32-bitowych. Mikroprocesory - jak się wydaje - wpłynęły najsilniej na obraz współczesnej elektroniki i pozwoliły na budowę urządzeń „inteligentnych” - dokonujących operacji zgodnie z wysoko złożonym programem.



## Komparator analogowy.

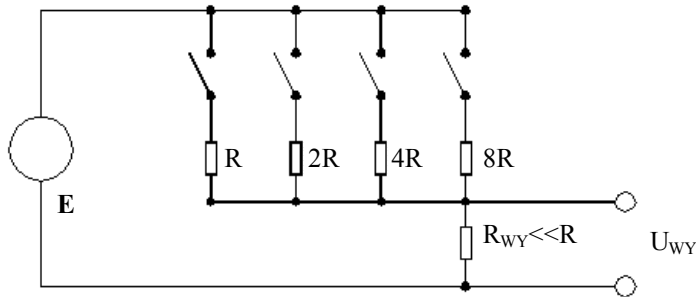
Komparator jest układem pośredniczącym między elektroniką analogową i cyfrową. Jest to specyficzny rodzaj wzmacniacza porównującego dwa napięcia:  $V_+$  (na **wejściu nieodwracającym fazę**) i  $V_-$  (na **wejściu odwracającym fazę**). Komparator odpowiada na pytanie: czy zachodzi relacja:  $V_+ > V_-$ ? W przypadku pozytywnej odpowiedzi jest jedynka logiczna (w standardzie danej techniki cyfrowej) na wyjściu komparatora. Komparator analogowy<sup>1)</sup> służy do porównywania napięć analogowych.



<sup>1)</sup> Komparatora analogowego nie należy mylić z komparatorem cyfrowym, który służy do porównywania słów logicznych.

## Przetwornik cyfrowo-analogowy.

Przetwornik analogowo-cyfrowy (DAC - Digital - Analog Converter) służy do wytwarzania napięcia (lub prądu) o wartości proporcjonalnej do wartości (w danym kodzie cyfrowym) słowa logicznego podanego na jego wejście. Istnieje wiele konstrukcji przetworników analogowo -cyfrowych.

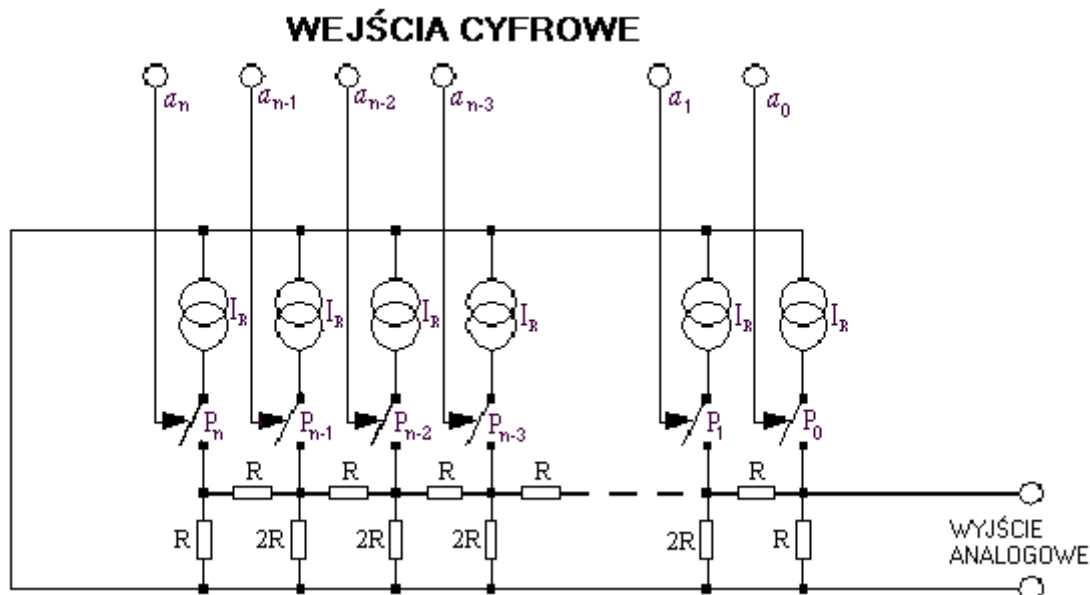


Działanie najprostszyc (2-4 - bitowych) opiera się na zasadzie dzielnika napięcia. Wartości poszczególnych bitów zadawane są przez załączanie kluczy (1 - klucz zamknięty). Dzięki temu do rezystora  $R_{WY}$  jest dostarczany prąd o

wartości odwrotnie proporcjonalnej do oporu gałęzi załączanej danym kluczem. W rezultacie spadek napięcia na wyjściu komparatora jest proporcjonalny do wartości zadanego słowa logicznego w kodzie dwójkowym naturalnym.

Przetwornik taki jest bardzo niedokładny, ze względu na nieliniowe działanie dzielnika napięcia i bezwzględną niedokładność oporów, której wpływ zwiększa się w miarę wzrostu liczby bitów.

Wielobitowe (do 18 bitów) przetworniki cyfrowo-analogowe buduje się w oparciu o drabinki rezystorów zasilane za pomocą wysokostabilnych źródeł prądowych.

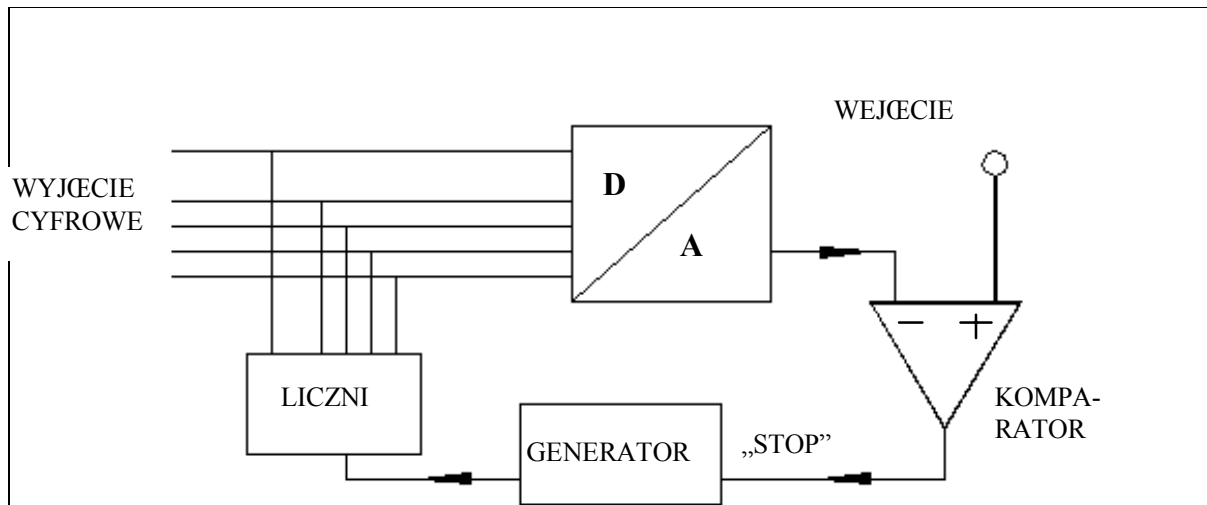


Stosując inny rozkład wartości rezystorów w drabince można budować przetworniki działające w innym kodzie dwójkowym, np. w kodzie BCD

Przetworniki cyfrowo - analogowe wykorzystuje się szeroko w budowie programowalnych generatorów, sterowników, itd.

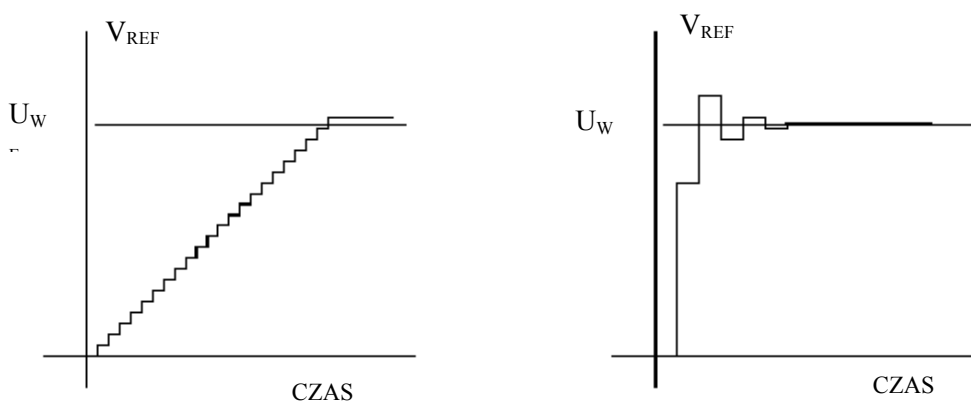
## Przetwornik analogowo - cyfrowy.

Przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC - Analog - Digital Converter) służy do zamiany wartości napięcia (lub natężenia prądu) wejściowego na reprezentującą ją słowo



logiczne.

Jedną z wielu konstrukcji ADC wykorzystuje przetwornik o działaniu odwrotnym, czyli cyfrowo-analogowy oraz licznik i komparator. Działanie tego układu jest następujące: przed rozpoczęciem konwersji, licznik jest wyzerowany. Po podaniu na wejście nieodwracające komparatora napięcia przeznaczonego do analizy uruchamiany jest zegar. Impulsy zegara są zliczane w liczniku, którego wyjścia są sprzęgnięte z wejściami komparatora cyfrowo - analogowego. W miarę więc zwiększania się zawartości licznika,



zwiększa się napięcie na wyjściu przetwornika analogowo-cyfrowego. Napięcie to jest podawane na wejście odwracające komparatora. W momencie, gdy na wejściu odwracającym, wartość napięcia przekroczy wartość napięcia badanego, następuje zatrzymanie pracy zegara, a słowo na wyjściu licznika jest poszukiwaną cyfrową reprezentacją badanego napięcia.

Ten sposób konwersji jest bardzo powolny, gdyż przy  $n$ -bitowym słowie wyjściowym wymaga czasu  $2^n \cdot \tau$ , gdzie  $\tau$  oznacza czas trwania impulsu zegara. Znacznie szybciej działa **przetwornik kompensacyjny**. Po rozpoczęciu konwersji sterujący nim układ logiczny

ustawia próbnie na najstarszym bicie przetwornika cyfrowo analogowego jedynek logiczną, po czym analizuje odpowiedź komparatora, podejmując decyzję czy tę jedynek logiczną pozostawić (gdy  $V_{ADC} < V_{WE}$ ), czy zamienić na zero logiczne (gdy  $V_{ADC} > V_{WE}$ ). Następnie układ logiczny poddaje kolejno analizie coraz młodsze bity, dokonując coraz dokładniejszej aproksymacji napięcia wejściowego. Przetwornik ten jest na ogół szybszy od powyżej opisanego : czas konwersji wynosi tylko  $n \cdot \tau$ .

Rodzaj zastosowanego w powyższych konstrukcjach przetwornika cyfrowo - analogowego decyduje o tym w jakim kodzie pracuje dany przetwornik analogowo - cyfrowy (dwójkowy naturalny, BCD i inne).

Dokładność najlepszych przetworników analogowo-cyfrowych przekracza 18 bitów, przy czasach konwersji rzędu kilkudziesięciu mikrosekund. Im mniejsza dokładność przetwarzania tym większa szybkość konwersji.

Najszybsze są  
**przetworniki**

**analogowo-cyfrowe**

**typu flash.** Podstawą

tej konstrukcji jest

rodzina komparatorów,

na których wejścia

odwracające fazę

podano napięcia z

wielowyjściowego

dzielnika

rezystorowego. Sygnał

wejściowy dostarczany

jest równoległe do

wejść

nieodwracających

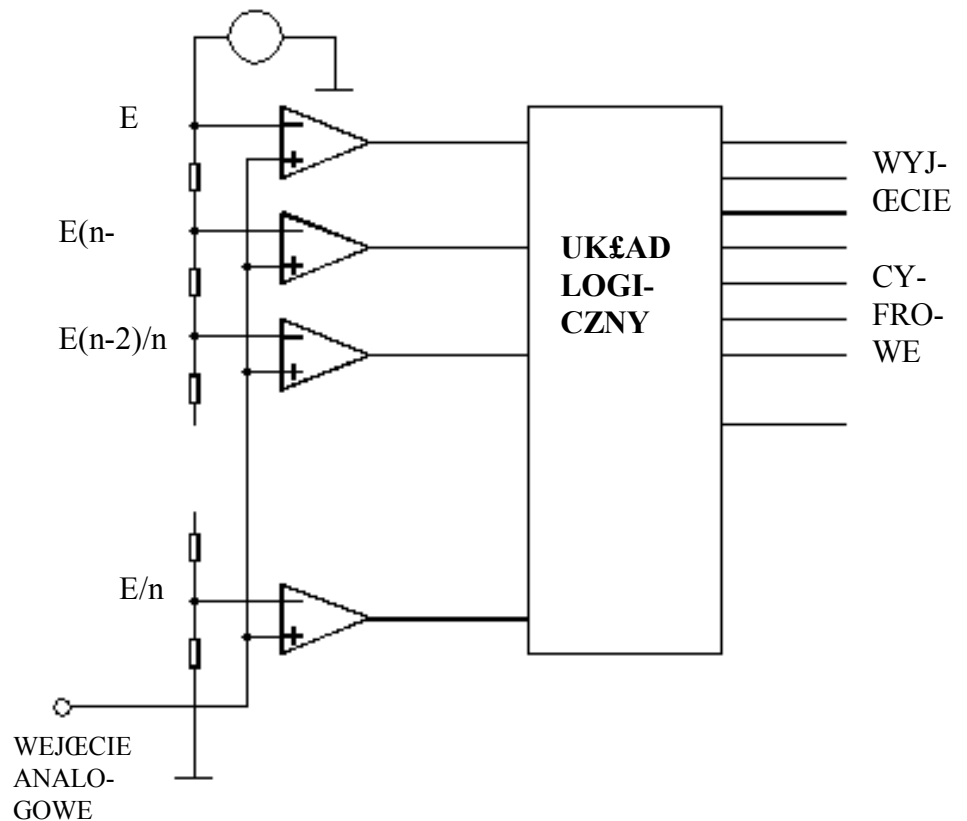
wszystkich komparatorów. Dzięki temu każdy z komparatorów kontroluje, czy wartość

sygnału wejściowego jest większa czy mniejsza niż odpowiednie napięcie odniesienia. Układ

logiczny zamienia otrzymana informację na słowo logiczne w danym kodzie cyfrowym.

Dokładności przetworników tego rodzaju sięgają obecnie 8 bitów przy częstotliwości

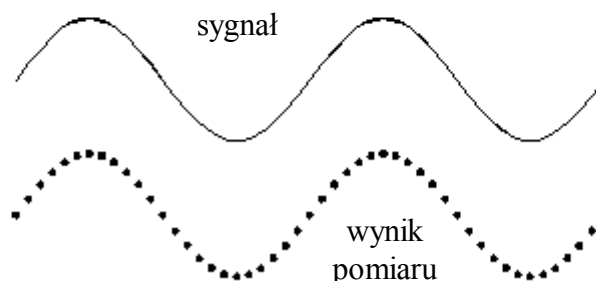
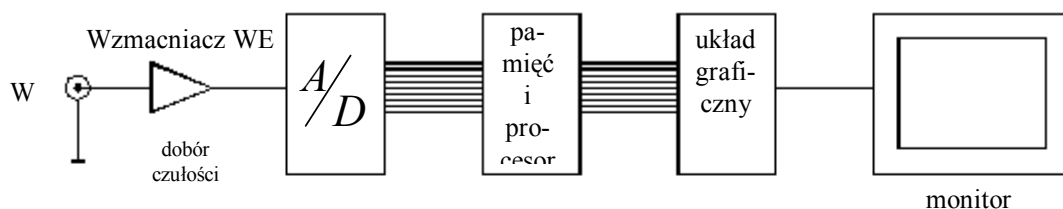
przetwarzania (próbki) 500 MHz (Hewlett-Packard, Tektronix, LeCroy). Możliwe jest



tworzenie układów przetworników pracujących sekwencyjnie, dzięki czemu osiąga się częstotliwości próbkowania sięgającą nawet rzędu 10 GHz. Przetworniki typu „flash” o większej liczbie bitów są wolniejsze : 12 bitów - 100 MHz, 14 bitów - 50 MHz ( firma Ga-Ge).

Szybkie przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe są podstawowymi urządzeniami służącymi do cyfrowego zapisu, przetwarzania i odtwarzania obrazu i dźwięku. Dziedzina ta stanowi obecnie jeden z podstawowych kierunków rozwoju urządzeń komputerowych oraz informatyki i znajduje szerokie zastosowanie we współczesnej technice i eksperymencie przyrodniczym.

Rozwój przetworników analogowo cyfrowych zrewolucjonizował technikę pomiarów elektrycznych. Stały się one podstawą wszystkich urządzeń pomiarowych analizujących sygnały elektryczne. Umożliwiają one digitalizację wyników, bezpośrednie wprowadzanie rezultatów pomiarów do maszyn cyfrowych i przetwarzanie ich za pomocą procedur matematycznych dokonujących uśredniania, eliminacji szumów, analizy Fouriera itp. Jedną z najbardziej uniwersalnych przyrządów pomiarowych - **oscylloskopy cyfrowe**, będące w zasadzie wyspecjalizowanymi maszynami cyfrowymi służącymi do analizy sygnałów analogowych, również działają w oparciu o zespoły szybkich przetworników analogowo-cyfrowych.



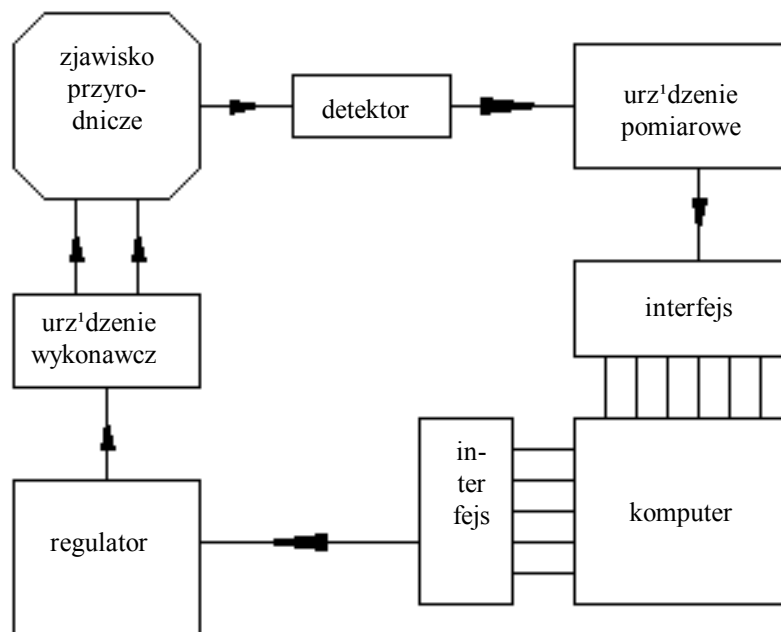
**UPROSZCZONY SCHEMAT OSCYLOSKOPU CYFROWEGO**



W ostatnich latach obserwuje się skuteczne wypieranie oscyloskopów analogowych przez oscyloskopy cyfrowe.

## KOMPUTER W EKSPERYMENCIE

Zastosowanie komputerów w procesach pomiarowych i do sterowania doświadczeniem znacznie rozszerzyło możliwości eksperymentalne, umożliwiając rejestrację wielkich ilości danych, automatyczne przetwarzanie informacji zgodnie z założonym programem, dokonywanie na bieżąco matematycznego ich przetwarzania, a na podstawie otrzymywanych wyników szybkiego dopasowywania (regulacji) parametrów eksperymentu. Rozróżnia się dwa zasadnicze sposoby wykorzystania komputerów w eksperymentach badawczych.:



- z urządzeniami doświadczalnymi za pomocą odpowiednich interfejsów (sprzęgów), za pomocą których odbiera dane doświadczalne i za pośrednictwem których dokonuje regulacji;
- „off line” - wykorzystuje się wtedy, gdy komputer nie nadaje zbierać danych. Zapisu danych dokonuje się za pomocą innych urządzeń zdolnych do szybkiej rejestracji. Następnie dane są przetwarzane w maszynie cyfrowej. W tym przypadku niemożliwe jest sterowanie na bieżąco parametrami doświadczania.

Współczesna aparatura pomiarowa i aparatura regulacyjna jest zwykle wyposażona w jeden ze standardowych interfejsów umożliwiających współpracę z komputerami. Starsza aparatura może być łączona z maszynami cyfrowymi za pomocą :

- **wyjść analogowych** (zamontowanych w aparaturze pomiarowej) i **przetworników analogowo-cyfrowych** (w komputerze);
- **wejść analogowych** (zamontowanych w aparaturze regulacyjnej) i **przetworników cyfrowo-analogowych** (w komputerze).
- prostych **sprzęgów cyfrowych**, (montowanych w komputerach) wykorzystujących wyspecjalizowane układy scalone (jak 8255A, 8253A) umożliwiające wprowadzenie na magistralę komputera (czy też odczytanie z niej ) sygnałów o standardzie TTL. Dotyczy to aparatury pomiarowej wyposażonej w niestandardowe wejścia i wyjścia cyfrowe.

Przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo analogowe (**sprzęgi analogowe**) oraz **sprzęgi cyfrowe** są często sprzedawane (wraz z oprogramowaniem i bibliotekami do standardowych języków) jako dodatkowe wyposażenie w postaci modułów (kart) do komputerów takich jak PC, McIntosh i inne. Zwykle karty te są wyposażone w multipleksery, umożliwiające połączenie z komputerem jednocześnie nawet kilkudziesięciu zewnętrznych przyrządów.

Niekiedy do automatycznego sterowania wykorzystuje się podzespoły standardowych urządzeń komputerowych. Na przykład silniki krokowe ze zużytych drukarek, stacji dysków ploterów itp. stosuje się do napędzania elementów układów doświadczalnych, (np. przesuwania detektorów, obracania polaryzatorów, pryzmatów), podzespoły myszy służą do kontroli obrotów itd. Są to rozwiązania zastępcze, jednak w często sprawdzają się w krótkotrwałych doświadczeniach. Poza prostotą techniczną, zaletą takich rozwiązań jest również możliwość wykorzystania standardowego oprogramowania wykorzystywanych urządzeń.

We współczesnych komputerach wyposażonych w karty multimedialne lub multimedialne płyty główne można wykorzystywać wejścia/wyjścia audio i video do sprzęgnięcia aparatury analogowej, lub wprost do pomiarów fizycznych np. częstotliwości dźwięku, prostej analizy spektralnej itp. Opisy tych rozwiązań i odpowiednie oprogramowanie dostępne jest na stronach edukacyjnych Internetu.

## Interfejsy (sprzęgi).

Interfejsy służą do sprzęgania komputera z urządzeniami zewnętrznymi. Każdy komputer jest zwykle wyposażony w kilka rodzajów sprzęgów, pozostałe typy mogą być w nich montowane jako urządzenia (karty) dodatkowe.

Urządzenie zewnętrzne komunikujące się za pomocą interfejsu jest wyposażone w analogiczny interfejs wraz z „inteligentnym” układem scalonym, w którego pamięci znajdują się program obsługi interfejsu.

### **Sprzęg równoległy Centronix.**

Interfejs równoległy Centronix należy do standardowego wyposażenia komputera i służy w zasadzie do komunikacji z drukarkami (LPT1 i LPT2). Jest to interfejs ośmiobitowy, równoległy, o dopuszczalnej szybkości transmisji danych sięgającej 1 MHz. Poziomy sygnałów są zgodne ze standardem TTL. Centronix umożliwia połączenie dwóch urządzeń za pomocą kabla o długości nie przekraczającej 8 m. Przeznaczony jest przede wszystkim do przesyłania danych z komputera do urządzenia zewnętrznego. Ponieważ jednak przewidziano cztery bity informacji zwrotnej („on line”, „koniec papieru”, „zajęty”, „potwierdzenie”) w niektórych rozwiązaniach, (przy zastosowaniu odpowiedniego oprogramowania), bywa on wykorzystywany do komunikacji dwukierunkowej<sup>2</sup>.

### **Interfejs szeregowy RS 232 C**

Interfejs ten także stanowi standardowe wyposażenie komputera (COM1 - COM4). Został opracowany jako połączenie komputera z pojedynczym **modemem** za pomocą kabla o długości do 15 m. Transmisja informacji odbywa się szeregowo, bit po bicie, przy czym

---

<sup>2</sup> Działanie interfejsów kontroluje oprogramowanie, które obsługuje tzw. porty o adresach przyporządkowanych danym urządzeniom wejścia-wyjścia. Obsługa portów polega na przesyłaniu na nie lub odczytywaniu z nich odpowiednich zmiennych bajtowych. W języku Pascal instrukcja wysyłania zmiennej *A* na port o danym adresie ma postać : *port[adres]:=A* natomiast instrukcja odczytania zmiennej bajtowejz portu : *B:=port[adres]*. Analogiczne instrukcje (*inport*, *inportb*, *outport*, *outportb*, *inp*, *inpw*, *outp*, *outpw*) znajdują się w języku C. Adresy odpowiednich portów można znaleźć w danych konfiguracyjnych komputera. Pozwala to użytkownikowi zmieniać standardowe programy obsługi interfejsów.

możliwa jest komunikacja dwustronna. Istnieje wiele możliwości konfiguracji tego łącza od komunikacji synchronicznej, w takt impulsów zegara, do komunikacji asynchronicznej z pełnym potwierdzeniem. W zależności od jakości linii łączącej ustala się prędkość transmisji danych : od 75 do 56000 bodów (bitów na sekundę). Interfejs ten posługuje się logiką ujemną o poziomach napięć dla „0” od 3 do 25 V dla „1” -3 do -25 V.

### Interfejs równoległy IEEE 488 (GPIB lub HPIB , IEC-625).

Interfejs ten jest zwykle dostarczany jako wyposażenie opcjonalne. Służy do połączenia ze sobą do 15 urządzeń, w tym komputera, który pełni rolę kontrolera magistrali. Każde z tych urządzeń, otrzymuje adres jako nadawca i jako odbiorca. W ten sposób tworzona jest magistrala, której długość nie powinna przekraczać 20 m, przy zalecanej odległości między poszczególnymi urządzeniami do 4 m. Dane przesyła się z pełnym potwierdzeniem, a maksymalne prędkości transmisji mogą przekraczać 3 Mbajty/s.

