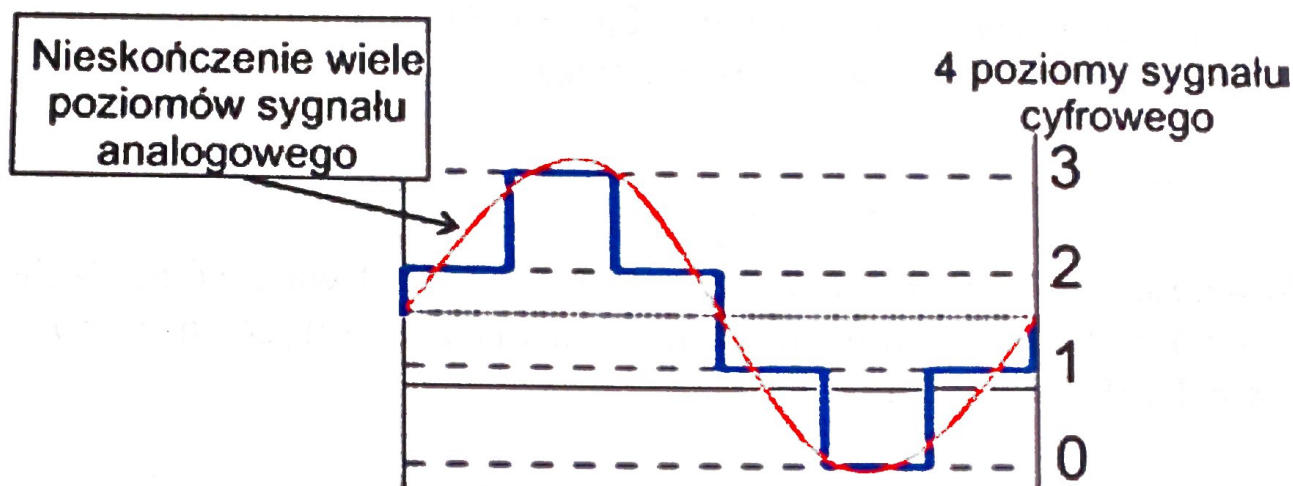


Sygnał cyfrowy – jest to sygnał, który uzyskiwany jest przez obserwację przebiegu sygnału w dyskretnych przedziałach czasowych. Amplituda sygnału mierzonego kwantowana jest do dyskretnych wartości. Inaczej mówiąc, jest to sygnał, który ma określona liczbę stanów opisanych określoną kombinacją wartości cyfr. Najczęściej stosowanym sposobem zapisu sygnału cyfrowego jest system dwójkowy (binarny). Każda liczba zapisywana jest jako kombinacja tylko dwóch stanów logicznych: „0” – stan niski lub „1” – stan wysoki. Każdy pojedynczy stan nosi nazwę bitu danych. W przypadku układów opisujących wartość zmiennej za pomocą n -bitów, liczba możliwych do uzyskania stanów opisujących zmienną wynosi 2^n . Sygnały cyfrowe można uzyskać z sygnału analogowego przez jego kwantowanie. Urządzeniem wykorzystywanym przy zamianie sygnału analogowego w cyfrowy jest przetwornik analogowo-cy-

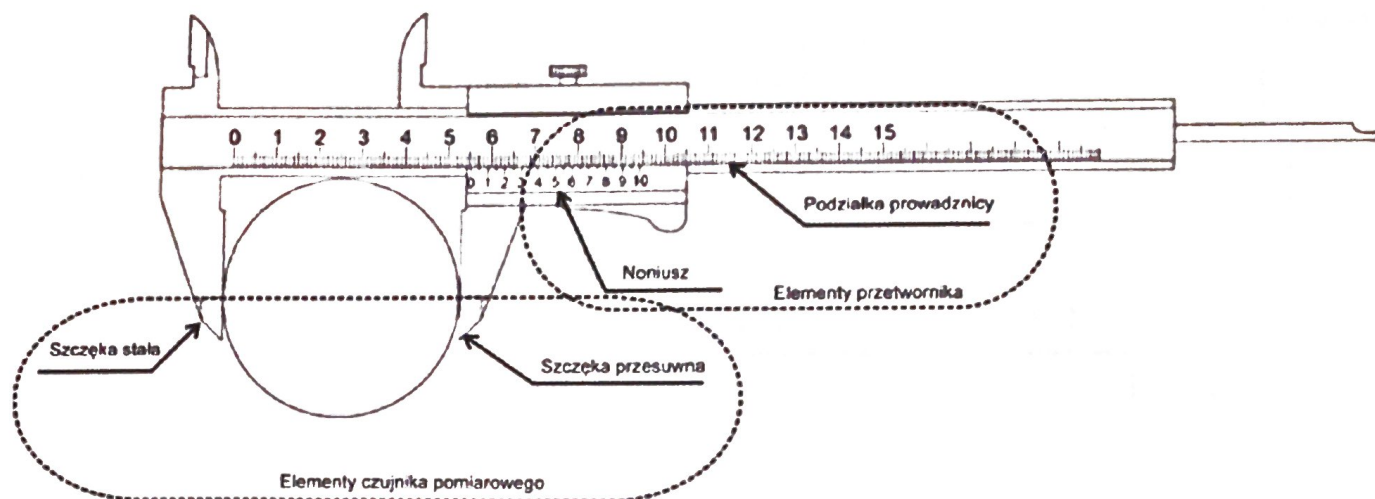
frowy. Na rysunku 2.2.1 przedstawiono przebieg sygnału analogowego i jego interpretację cyfrową. Wartości odczytywane z sygnału analogowego mogą przyjmować wiele stanów, ich liczba zależy od rozdzielczości wykresu i możliwości oka ludzkiego. Sygnał cyfrowy w tym przypadku przyjmuje 4 stany pracy, które mogą być zapisane w systemie dwójkowym. Zatem przebieg sygnału cyfrowego można przedstawić w zapisie dwójkowym, jako ciąg 6 liczb: 10_2 , 11_2 , 10_2 , 01_2 , 00_2 , 01_2 .



Rysunek 2.2.1. Sygnał analogowy i jego interpretacja cyfrowa.

Czujnik – jest fizycznym, chemicznym lub biologicznym urządzeniem reagującym na zmiany wartości wielkości pomiarowych lub na ich obecność. Czujnik jest elementem pomiarowym wysyłającym sygnał w różnej postaci, odpowiadający zmianom wielkości mierzonej. Czujnik przetwarza mierzoną wielkość na sygnał pomiarowy, który może być odebrany przez przetwornik. Czujniki mogą być pasywne lub aktywne. Czujnik pasywny jest urządzeniem obserwującym daną wielkość, takim czujnikiem jest czujnik temperatury w silniku. Czujnik aktywny wysyła sygnał i interpretuje odpowiedź obiektu. Czujnikiem aktywnym jest np. czujnik podczerwieni lub czujnik zawartości chlorofilu w liściach. Czujnik nie powinien wpływać na wielkość mierzoną.

Przetwornik pomiarowy – jest narzędziem służącym do przetwarzania sygnału pomiarowego z określoną dokładnością. Przetwornik pomiarowy może stanowić samodzielne urządzenie lub być zintegrowany z czujnikiem, stanowi wtedy narzędzie lub przyrząd pomiarowy. Przetwornikiem nazywa się również urządzenia przetwarzające jeden rodzaj energii w inny jej rodzaj. Dlatego często pojęcie czujnika pomiarowego jest zamiennie stosowane z pojęciem przetwornika pomiarowego, co jest jednak błędem. Przetwornik pomiarowy może być samodzielnym urządzeniem pomiarowym lub stanowić część układu pomiarowego.

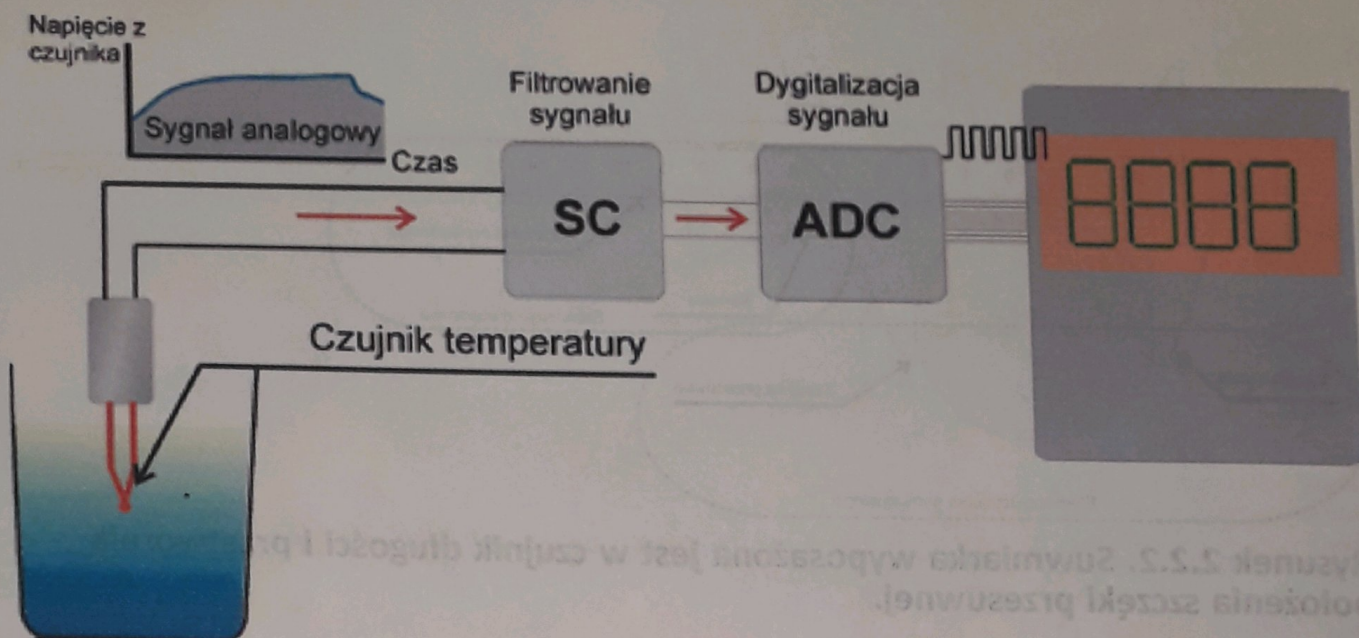


Rysunek 2.2.2. Suwmiarka wyposażona jest w czujnik długości i przetwornik położenia szczęki przesuwnej.

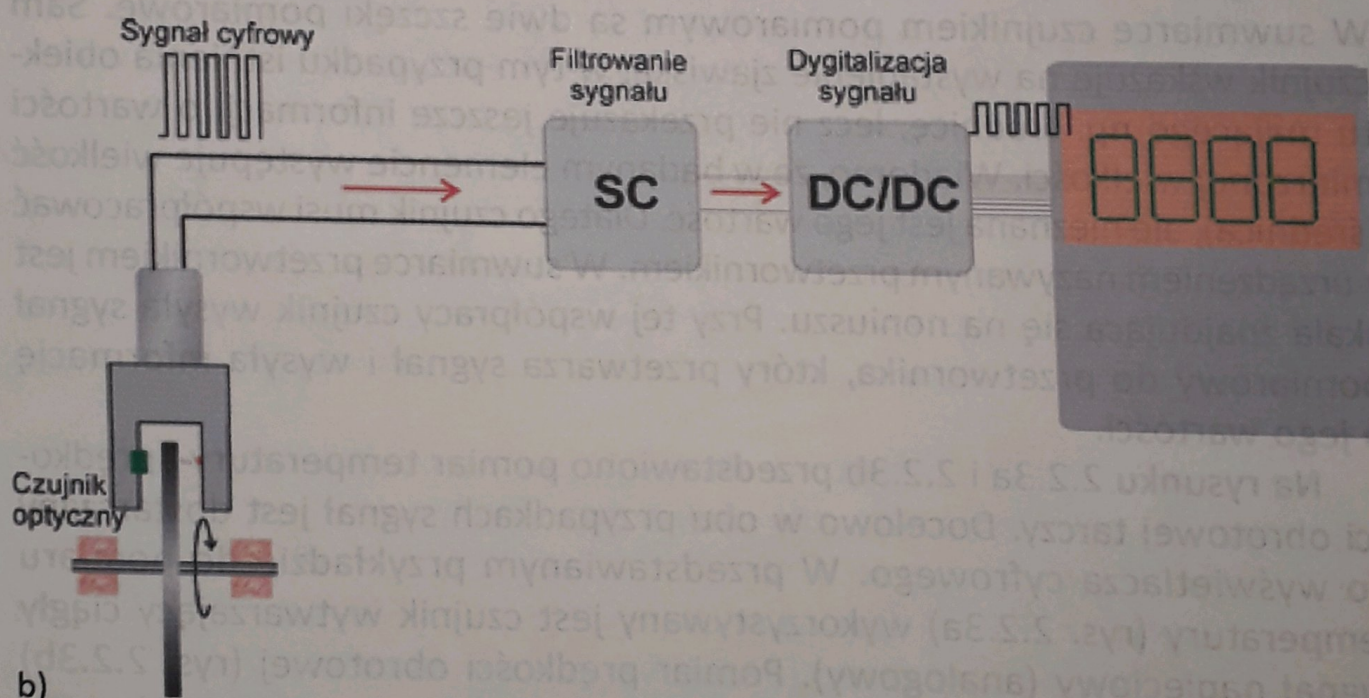
Przykład: Klasyczna suwmiarka jest przyrządem pomiarowym (rys. 2.2.2). W suwmiarce czujnikiem pomiarowym są dwie szczęki pomiarowe. Sam czujnik wskazuje na wystąpienie zjawiska, w tym przypadku istnienia obiektu mającego np. średnicę, lecz nie przekazuje jeszcze informacji o wartości mierzonej wielkości. Wiadomo, że w badanym elemencie występuje wielkość (średnica), ale nieznana jest jego wartość. Dlatego czujnik musi współpracować z urządzeniem nazywanym przetwornikiem. W suwmiarce przetwornikiem jest skala znajdująca się na noniuszu. Przy tej współpracy czujnik wysyła sygnał pomiarowy do przetwornika, który przetwarza sygnał i wysyła informację o jego wartości.

Na rysunku 2.2.3a i 2.2.3b przedstawiono pomiar temperatury i prędkości obrotowej tarczy. Docelowo w obu przypadkach sygnał jest dostarczany do wyświetlacza cyfrowego. W przedstawianym przykładzie do pomiaru temperatury (rys. 2.2.3a) wykorzystywany jest czujnik wytwarzający ciągły sygnał napięciowy (analogowy). Pomiar prędkości obrotowej (rys. 2.2.3b) rejestrowany jest przez czujnik dyskretny (cyfrowy), przekazujący informacje o przemieszczaniu tarczy w formie impulsów elektrycznych o częstotliwości proporcjonalnej do prędkości obrotowej tarczy. W każdym z tych systemów pomiaru należy zastosować inny przetwornik pomiarowy. W przypadku sygnału z czujnika temperatury konieczne jest przetworzenie sygnału analogowego na sygnał cyfrowy (binarny). W przypadku pomiaru prędkości cyfrowej konieczne jest przetworzenie sygnału dyskretnego do standardu cyfrowego.

Kondycjoner sygnału. Jednym z urządzeń widocznych na rysunkach 2.2.3a i 2.2.3b jest układ kondycjonera sygnału, oznaczony jako SC. Zadaniem kondycjonera sygnału jest usunięcie zakłóceń z jego przebiegu oraz w przypadku konieczności – jego wzmocnienie. Najczęściej działanie kondycjonera sygnału sprowadza się do wygładzenia dostarczanego sygnału przez zastosowanie



a)



b)

Rysunek 2.2.3. Schemat analogowego (a) i cyfrowego układu pomiarowego (b).

SC – kondycjoner sygnału, ADC – przetwornik analogowo-cyfrowy, DC/DC – przetwornik standaryzujący sygnał cyfrowy.

zespołu filtrów. Filtr sygnału umieszczony w kondycjonerze współpracuje z systemami znajdującymi się w torze wzmacniacza. Kondycjonery są stosowane zarówno dla sygnałów cyfrowych, jak i dla analogowych. W przypadku, gdy do kondycjonera dostarczany jest zbyt silny sygnał, sygnał wyjściowy z kondycjonera jest wcześniej tłumiony o określoną wartość. Ważnym zadaniem kondycjonera jest zablokowanie zmian innych parametrów sygnału, z wyjątkiem samej amplitudy.

Przetworniki analogowo-cyfrowe (ADC) i cyfrowo-analogowe (DAC). Przetworniki tego typu są niezbędnym wyposażeniem większości systemów pomiarowych, mierzących wielkości fizyczne. Większość czujników pomiarowych reaguje na zmianę mierzonych wielkości zmieniających się w sposób ciągły (sygnały analogowe). Systemy komputerowe pracujące w technice cyfrowej są w stanie przetwarzać tylko sygnały cyfrowe. Rolą przetworników ADC umieszczanych pomiędzy analogową formą sygnału a cyfrową, jest zamiana sygnału ciągłego w dyskretny.

Parametry przetwornika ADC lub DAC są opisywane z trzema wielkościami:

- 1) zakresem zmian amplitudy sygnału doprowadzanego do wejścia analogowego,
- 2) liczbą bitów sygnału wyjściowego, nazywanej rozdzielczością przetwornika,
- 3) częstotliwością próbkowania.

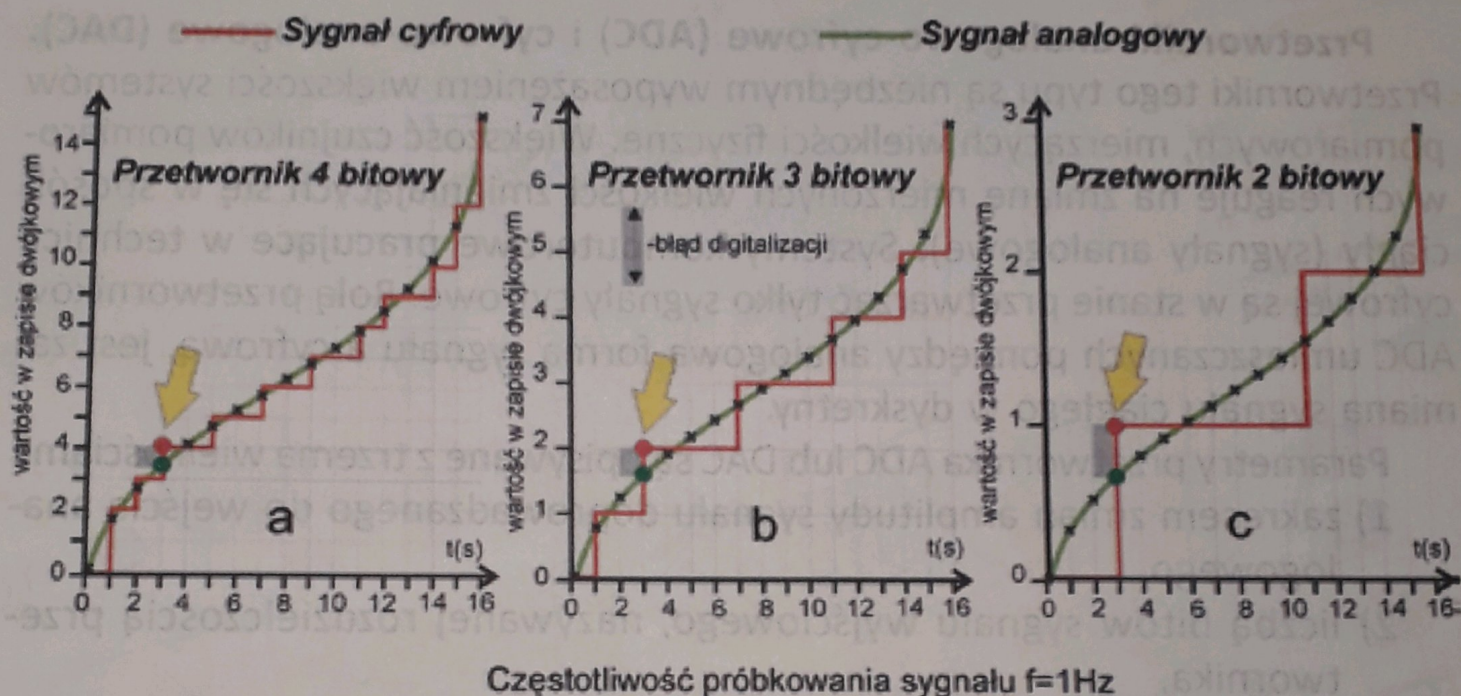
Zakres zmian amplitudy opisuje różnice pomiędzy wartością maksymalną i minimalną sygnału doprowadzonego do wejścia przetwornika.

Rozdzielczość przetwornika k jest związana z precyzją przetwornika ADC lub DAC. Rozdzielczość przetwornika określana jest za pomocą liczby n -bitów, jakie opisują przekształcaną wielkość. W przypadku systemu dwójkowego za pomocą n -bitów można przedstawić $N = 2^n$ wartości. Jeżeli, zatem długość słowa wynosi 2 bity, to słowo to może przyjmować 4 wartości – od najmniejszej 00_2 do największej 11_2 . Rozdzielczość przetwornika może być wyliczona jako wartość jednego bita informacji wyrażona w wartości wielkości mierzonej. Jeżeli przetwornik 12-bitowy przystosowany jest do pomiaru napięcia w zakresie od 0 do 4,096 V ($\Delta V = 4,096$), to jego rozdzielczość wynosi:

$$k = \frac{\Delta V}{2^n} = \frac{4,096}{2^{12}} = 1 \text{ mV/bit}$$

Przykładowe różnice i błędy przy przekształcaniu sygnału analogowego w cyfrowy (błędy kwantyzacji) przedstawiono na rysunku 2.2.4. Analogowy sygnał dostarczony przez czujnik, należy przekształcić w sygnał cyfrowy, mając do dyspozycji trzy przetworniki AC o różnej rozdzielczości. Każdy z przetworników ma inną rozdzielczość, opisaną liczbą bitów opisujących analogową wartość wejściową. Przetwornik 2-bitowy zapisuje sygnał cyfrowy przy pomocy 2 bitów, wobec tego sygnał analogowy może być opisany tylko za pomocą czterech stanów. Przetwornik 4-bitowy jest przetwornikiem, na którego wyjściu pojawia się liczba będąca jednym z 16 możliwych stanów wyjściowych przetwornika.

Proces kwantowania polega na zaokrągleniu zmierzonej wartości do takiej, jaka może być zapisana w postaci zadanej liczby bitów. Na rysunku 2.2.4c



Rysunek 2.2.4. Przykład wpływu rozdzielczości przetwornika ADC na dokładność odwzorowania sygnału analogowego, za pomocą przetwornika: a) 4-bitowego, b) 3-bitowego, c) 2-bitowego.

przedstawiono proces przetwarzania za pomocą przetwornika 2-bitowego. W przetworniku 2-bitowym, sygnał cyfrowy osiąga tylko 4 wartości (stany dozwolone). W prezentowanym przypadku w 3 sekundzie pomiaru wartość analogowa znajduje się bliżej wartości stanu „1” niż „0”, dlatego przetwornik dopasuje sygnał wejściowy do najbliższego stanu dozwolonego opisanego jako „1”. W tym przypadku błąd wprowadzany przez przetwornik ADC przedstawiony jest jako wysokość szarego prostokąta. Większa wysokość słupka oznacza pojawienie się większej wartości błędu. Błąd digitalizacji wynikający z wykorzystania przetwornika 2-bitowego jest znacznie większy niż w przypadku zastąpienia go przetwornikiem 4-bitowym (rys. 2.2.4a).