

Elektronika

Przetwarzanie analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe

PRZETWARZANIE AD (AC)

Świat jest fizyczny = analogowy:
temperatura, ciśnienie, położenie, prędkość, siła, światło, drgania,
itp., itd.

Sterownik/mikrokontroler działa cyfrowo.

Dlatego (przede wszystkim) potrzebujemy
przetworników analogowo-cyfrowych - AC
(ADC - *analog to digital converters*).

Weźmy przykład...

Mikrokontroler nie widzi płynnego napięcia - on musi dostać liczbę, np.:

- $0\text{ V} \rightarrow 0$,
- $2.5\text{ V} \rightarrow 512$,
- $5\text{ V} \rightarrow 1023$.

dla przetwornika 10-bitowego.

$$2^{10}=1024$$

W tym momencie warto się zastanowić:

- jaki będzie realny zakres pomiaru?
- czy 10 bit nam wystarczy?
- może warto dołożyć jakieś układy zewnętrzne?

Najważniejszy wzór dotyczący przetworników AD:

- $$\Delta U = \frac{V_{REF}}{2^N}$$

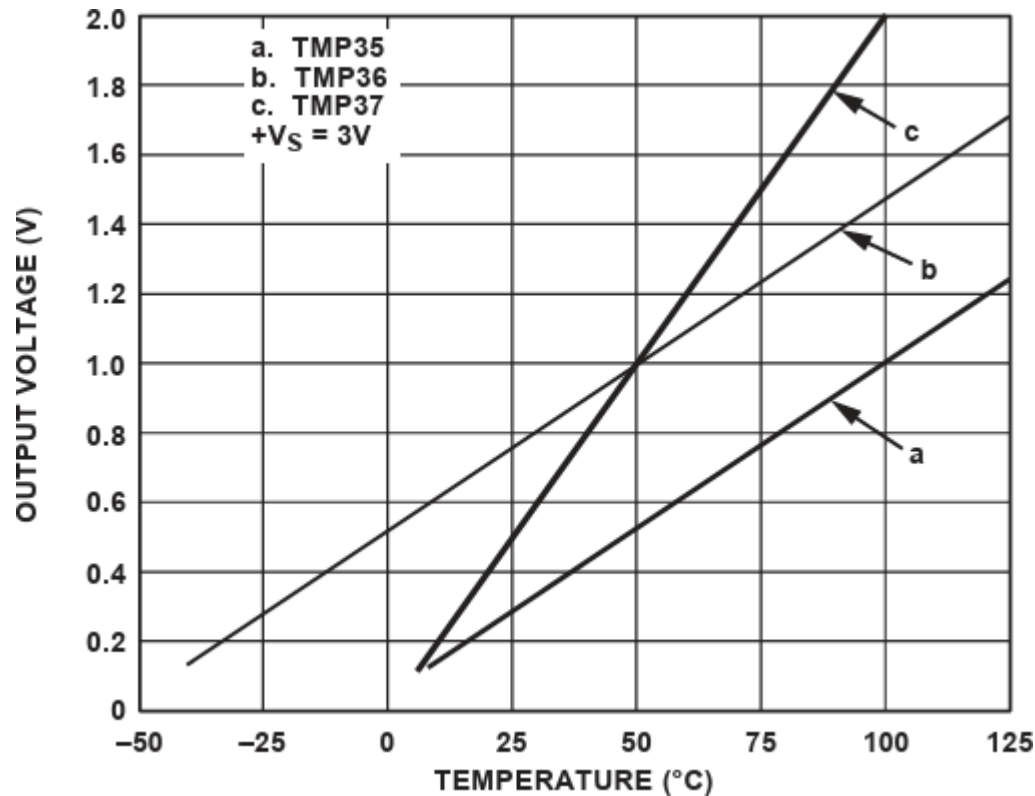
Np. dla 10 bitów i 5 V:

- $$\Delta U = \frac{5V}{1024} \approx 4,88mV$$



Low Voltage Temperature Sensors

TMP35/TMP36/TMP37



FEATURES

Low voltage operation (2.7 V to 5.5 V)

Calibrated directly in °C

10 mV/°C scale factor (20 mV/°C on **TMP37**)

±2°C accuracy over temperature (typ)

±0.5°C linearity (typ)

Stable with large capacitive loads

Specified -40°C to +125°C, operation to +150°C

Less than 50 µA quiescent current

Shutdown current 0.5 µA max

Low self-heating

Qualified for automotive applications

APPLICATIONS

Environmental control systems

Thermal protection

Industrial process control

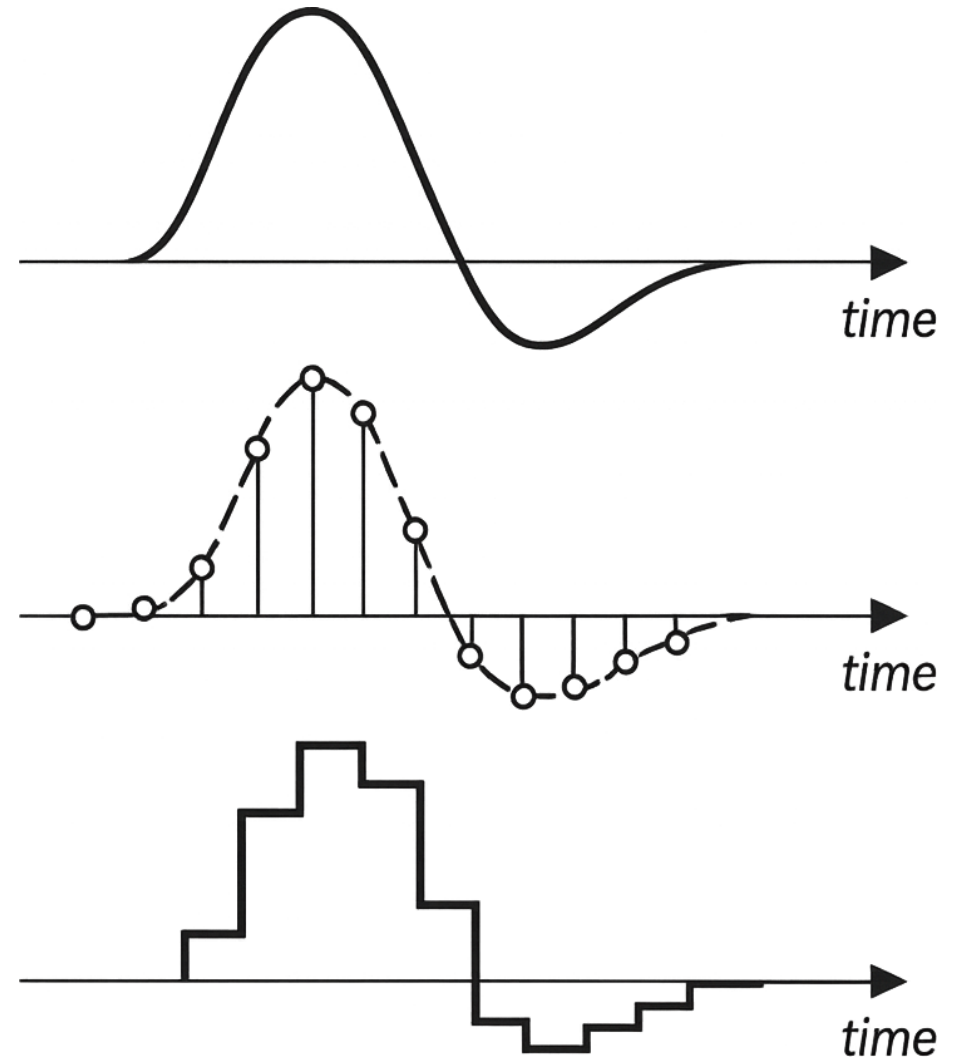
Fire alarms

Power system monitors

CPU thermal management

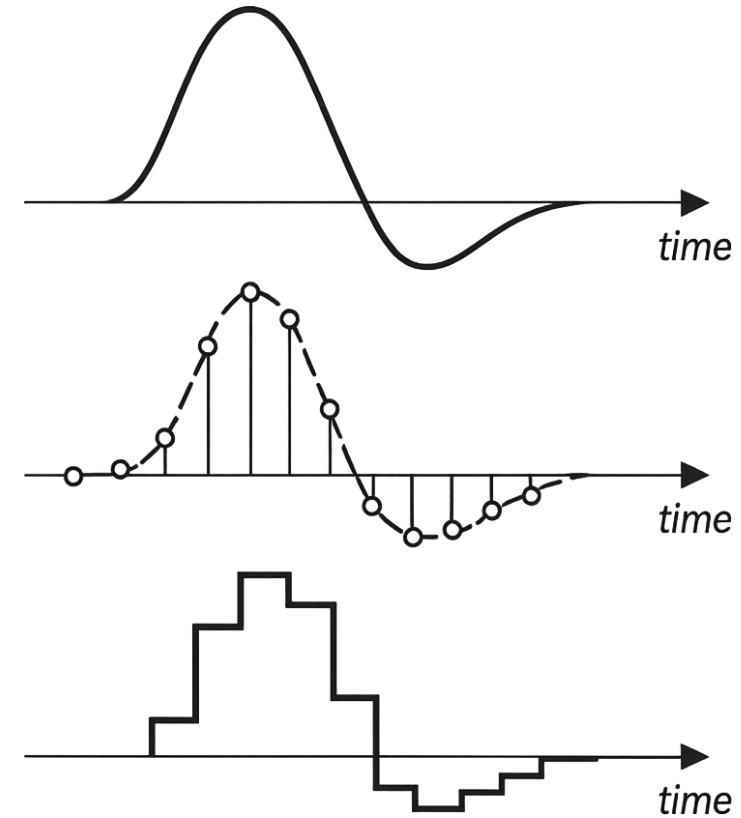
Zamiana sygnału analogowego na postać cyfrową polega na **próbkowaniu i kwantyzacji**, czyli mierzeniu wartości analogowej z określoną częstotliwością oraz zapisywaniu jej wartości dyskretyzowanej.

Po takiej operacji analogowy sygnał jest reprezentowany przez zbiór liczb – sygnał ma reprezentację dyskretną.



Przetwarzanie analogowo-cyfrowe wydaje się prostą operacją, ale składa się z dwóch ważnych etapów, czyli właśnie próbkowania i kwantyzacji:

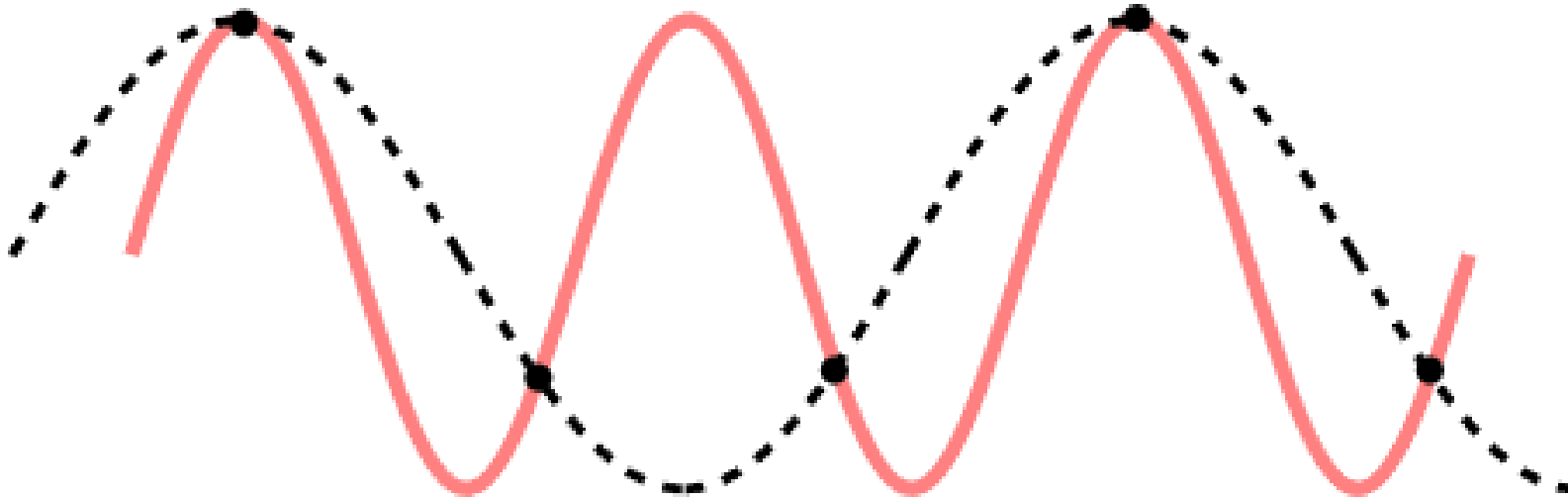
- Próbkowanie:
 - kiedy mierzymy?
co 1 ms, co 10 ms, 1000 razy/s...
- Kwantyzacja:
 - z jaką dokładnością zapisujemy?
8 bitów, 10 bitów, 12 bitów...

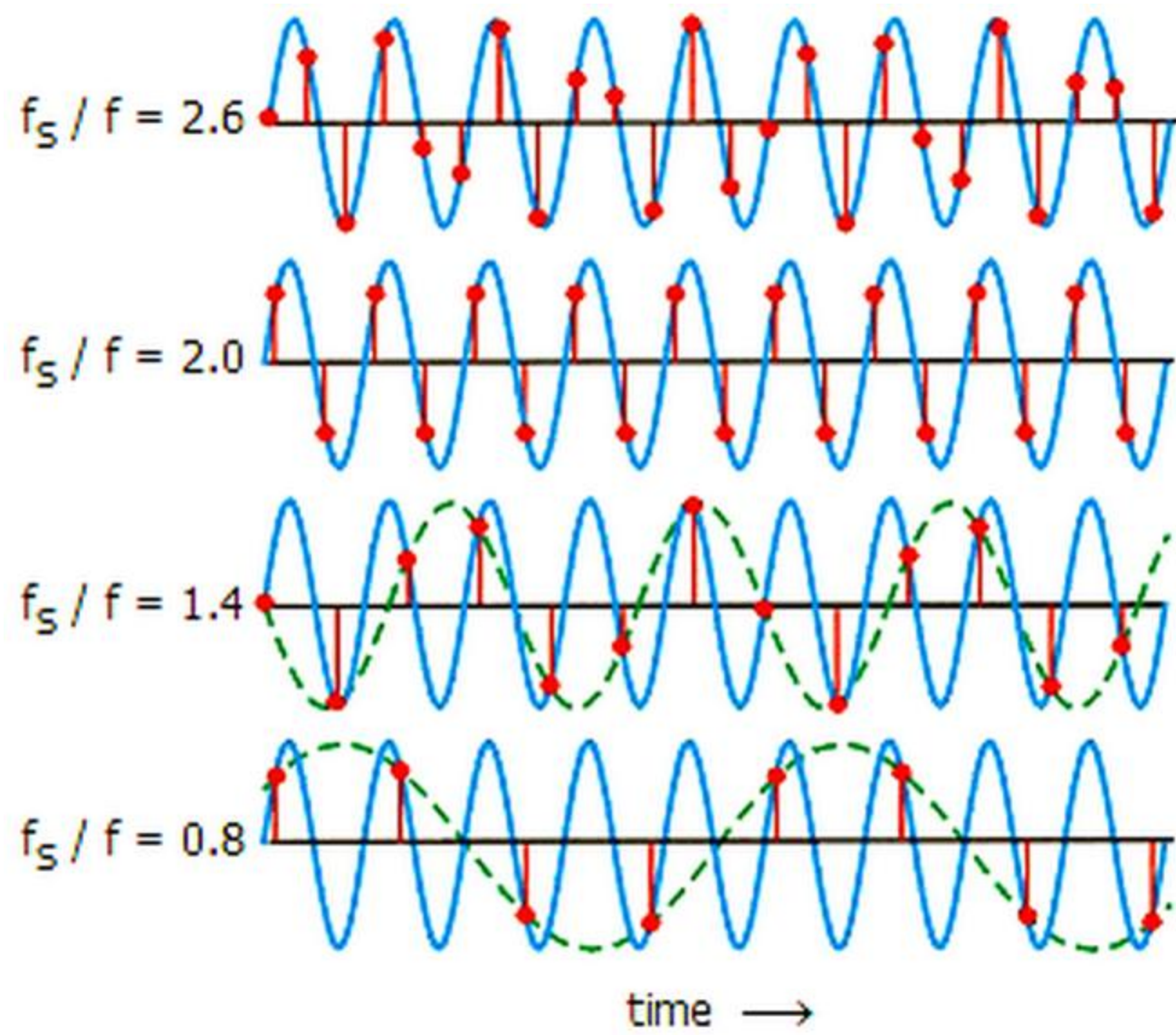


Po pierwsze musimy sobie zadać pytanie - z jaką częstotliwością trzeba próbować, żeby potem z wynikowych danych móc odtworzyć sygnał analogowy bez utraty jego jakości - informacji?

Twierdzenie o próbkowaniu = twierdzenie Nyquista–Shannona

Jeśli sygnał ciągły nie ma składowych widma o częstotliwości większej niż B , może on zostać jednoznacznie odtworzony z ciągu jego próbek tworzących sygnał dyskretny, o ile próbki te zostały pobrane z częstotliwością co najmniej $2B$.





W przetwarzaniu AD zawsze wybieramy kompromis:

- rozdzielczość,
- szybkość,
- koszt,
- pobór mocy,
- złożoność toru analogowego.



ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V

8-bit Microcontroller with 16/32/64KB In-System Programmable Flash

DATASHEET

26. ADC – Analog to Digital Converter

26.1 Features

- **10-bit Resolution**
- **1 LSB Integral Non-linearity**
- **±2 LSB Absolute Accuracy**
- **13µs - 260µs Conversion Time**
- **Up to 76.9kSPS (Up to 15kSPS at Maximum Resolution)**
- **16 Multiplexed Single Ended Input Channels**
- **14 Differential input channels**
- **4 Differential Input Channels with Optional Gain of 10× and 200×**
- **Optional Left Adjustment for ADC Result Readout**
- **0V - V_{CC} ADC Input Voltage Range**
- **2.7V - V_{CC} Differential ADC Voltage Range**
- **Selectable 2.56V or 1.1V ADC Reference Voltage**
- **Free Running or Single Conversion Mode**
- **Interrupt on ADC Conversion Complete**
- **Sleep Mode Noise Canceler**

*Uniwersalnie
i tanio*

ADS127L1x 512kSPS, Quad and Octal, Simultaneous-Sampling, 24-Bit ADCs

1 Features

- Simultaneously measure four or eight channels
- Wideband filter mode: up to 512kSPS
- Low-latency filter mode: up to 1365kSPS
- Power-scalable speed modes:
 - Max speed: 512kSPS
 - 83mW (ADS127L14)
 - 165mW (ADS127L18)
 - High speed: 400kSPS
 - 64mW (ADS127L14)
 - 128mW (ADS127L18)
 - Mid speed: 200kSPS
 - 37mW (ADS127L14)
 - 74mW (ADS127L18)
 - Low speed: 50kSPS
 - 12mW (ADS127L14)
 - 24mW (ADS127L18)
- AC performance with DC precision: (High-Speed Mode)
 - Dynamic range at 200kSPS: 112dB (typical)
 - THD: –118dB (typical)
 - INL: 1ppm of FSR (typical)
 - Offset drift: 10nV/°C (typical)
 - Gain drift: 0.5ppm/°C (typical)
- Precharge buffered signal inputs
- Programmable by pin setting or SPI
- Frame-sync port for output data
- Internal or external clock operation
- Analog supply voltage: 2.85V to 5.5V

2 Applications

- **Test and measurement:**
 - Data acquisition (DAQ)
 - Shock and vibration instruments
 - Acoustics and dynamic strain gauges
- **Factory automation and control:**
 - Condition monitoring
- **Aerospace and defense:**
 - Sonar
- **Medical:**
 - Electroencephalograms (EEG)
- **Grid Infrastructure:**
 - Power quality analyzers

3 Description

The ADS127L14 (quad) and ADS127L18 (octal) are 24-bit, delta-sigma ($\Delta\Sigma$), analog-to-digital converters (ADCs) based on the single-channel [ADS127L11](#). The devices provide simultaneous sampling of four or eight channels with data rates up to 512kSPS (wideband filter mode) and 1365kSPS (low-latency filter mode).

Package Information

PART NUMBER	PACKAGE ⁽¹⁾	PACKAGE SIZE
ADS127L1x	RSH (VQFN, 56)	7mm × 7mm

(1) For more information, see the [Mechanical, Packaging, and Orderable Information](#).

*Dokładnie,
„pomiarowo”*

HIGH SPEED MULTI-MODE 8-BIT 30 MSPS TO 1 GSPS A/D CONVERTER

Features

- 8-bit High Speed Single/ Dual/ Quad ADC
 - Single Channel Mode: FSmax = 1000 MSPS
 - Dual Channel Mode: FSmax = 500 MSPS
 - Quad Channel Mode: FSmax = 250 MSPS
- Integrated Cross Point Switches (Mux Array)
- 1X to 50X Digital Gain
 - No Missing Codes up to 32X
- 1X Gain: 49.8 dB SNR. 10X Gain: 48 dB SNR
- Internal Low Jitter Programmable Clock Divider
- Ultra Low Power Dissipation
 - 710 mW including I/O at 1000 MSPS
- 0.5 μ s Start-up Time from Sleep,
15 μ s from Power Down
- Internal Reference Circuitry with no
External Components Required
- Coarse and Fine Gain Control
- Digital Fine Gain Adjustment for each ADC

- Internal Offset Correction
- 1.8V Supply Voltage
- 1.7 - 3.6V CMOS Logic on Control Interface Pins
- Serial LVDS/RSDS Output
- 7x7 mm QFN 48 (LP7D) Package

Typical Applications

- USB Powered Oscilloscopes
- Digital Oscilloscopes
- Satellite Receivers

Pin compatible parts

- HMCAD1511 is pin compatible with HMCAD1520
- HMCAD1511 is pin compatible and can be configured to operate as HMCAD1510, with functionality and performance as described in HMCAD1510 datasheet

*bardzo szybko,
mniejsza rozdzielczość*

Filtr antyaliasingowy

Przed ADC często daje się filtr dolnoprzepustowy, żeby usunąć zbyt szybkie składowe, których ADC i tak poprawnie nie odtworzy.

Innymi słowy - nie wpuszczamy do ADC częstotliwości, których nie umiemy poprawnie próbkować.

Kondycjonowanie sygnału przed ADC

ADC zwykle ma zakres np. 0–3,3 V albo 0–5 V.

A czujnik może dawać:

- bardzo małe napięcie,
- napięcie ujemne,
- sygnał zaszumiony,
- sygnał z offsetem,
- sygnał prądowy.

Dlatego właśnie przed ADC stosuje się często:

- wzmacniacz,
- filtr,
- bufor,
- przesunięcie poziomu,
- konwersję prąd–napięcie.

Przykłady:

Czujnik daje za mały sygnał

Na przykład mostek tensometryczny daje miliwolty.

- Trzeba użyć wzmacniacza.

Czujnik daje za duży sygnał:

Na przykład 0–10 V, a ADC ma 0–3,3 V.

- Trzeba dać dzielnik napięcia lub wzmacniacz o odpowiednim wzmacnieniu.

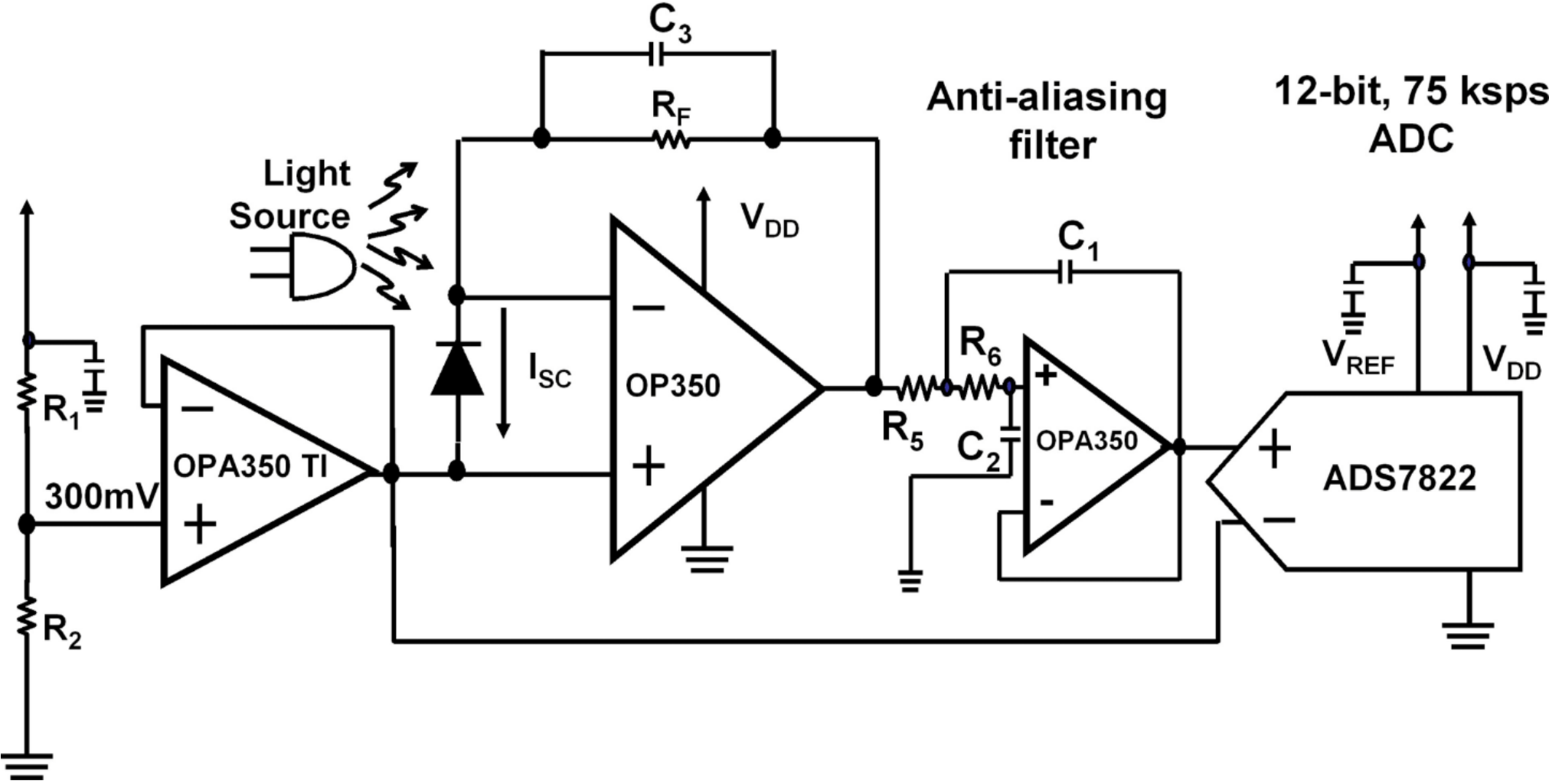
Sygnał jest zaszumiony

- Należy dodać filtr dolnoprzepustowy.

Sygnał jest ujemny lub przemienny:

- Trzeba przesunąć poziom - dodać offset.

Photodiode pre-amp
plus one pole for the
anti-aliasing filter



Rozdzielczość a dokładność

Rozdzielczość mówi, jak mały krok ADC potrafi rozróżnić.

Dokładność mówi, jak blisko prawdy jest wynik.

Przykład: ADC może mieć 12 bitów, czyli teoretycznie bardzo drobne kroki, ale jeśli napięcie odniesienia jest niestabilne albo układ jest zaszumiony, wynik nadal może być niedokładny.

**Więcej bitów nie oznacza automatycznie lepszego pomiaru.
Oznacza tylko więcej możliwych kodów.**

Błąd kwantyzacji

ADC zaokrągliła napięcie do najbliższego kodu.
Dlatego pojawia się błąd kwantyzacji.

Np. jeżeli jeden „schodek” ma 4,88 mV, to ADC nie wie, gdzie dokładnie w tym schodku było napięcie. Wynik może się różnić maksymalnie o około pół schodka.

Czyli:

$$e_q \approx \pm \frac{1}{2} LSB$$

Dla 10 bitów i 5 V:

$$e_q \approx \pm 2,44 mV$$

Napięcie odniesienia V_{REF}

ADC nie mierzy napięcia „absolutnie”.

ADC mierzy napięcie **względem napięcia odniesienia:**

$$k = \frac{U_{IN}}{V_{REF}} (2^N - 1)$$

czyli kod zależy nie tylko od U_{IN} , ale także od V_{REF} .

O czym warto pamiętać:

- można użyć V_{CC} jako odniesienia, ale wtedy pomiar zależy od stabilności zasilania,
- można użyć wewnętrznego źródła odniesienia,
- można użyć zewnętrznego precyzyjnego V_{REF} ,
- **w pomiarach dokładnych stabilność V_{REF} jest równie ważna jak liczba bitów ADC.**

Oversampling i uśrednianie

Uśrednianie kilku pomiarów zmniejsza wpływ losowego szumu, ale spowalnia reakcję układu.

Przykład:

1 próbka → szybka reakcja, większy szum

16 próbek → pewniejszy wynik, wolniejsza reakcja

Wygładzanie sygnału zmniejsza szum, ale dodaje opóźnienie.

Case study:

- **tor pomiarowy z czujnikiem temperatury.**

Założenia systemu:

- Pomiar temperatury
- Zakres temperatury: 0–100 °C
- Wyjście czujnika: 0–100 mV (liniowo)
- Mikrokontroler: ADC 12-bit
- Zakres ADC: 0–3,3 V
- $V_{REF} = 3,3 \text{ V}$

Czy możemy podłączyć czujnik bezpośrednio do ADC?

Nie

Dlaczego?

- Czujnik daje tylko 100 mV,
- ADC „widzi” zakres 0–3,3 V.

Wykorzystujemy tylko:

$$\frac{0,1}{3,3} \approx 3\%$$

zakresu ADC, czyli większość dostępnych kodów pomiarowych pozostaje niewykorzystana = „marnujemy” rozdzielczość.

Wzmocnienie sygnału (kondycjonowanie)

Chcemy rozciągnąć:

- Z 0–100 mV na 0–3,0 V (z zapasem)

Wymagane wzmocnienie:

$$G = \frac{3,0 \text{ V}}{0,1 \text{ V}} = 30$$

Stosujemy np.:

- wzmacniacz operacyjny,
- filtr dolnoprzepustowy.

Rozdzielczość ADC:

12-bit:

$$2^{12} = 4096$$

Krok napięciowy:

$$\Delta U = \frac{3,3 \text{ V}}{4096} \approx 0,805 \text{ mV}$$

Rozdzielczość w dziedzinie temperatury:

Po wzmacnieniu:

- 0-100 °C = 0-3,0 V

Czyli:

$$1 \text{ } ^\circ\text{C} - 30 \text{ mV}$$
$$0,027 \text{ } ^\circ\text{C} - 0,805 \text{ mV}$$

Teoretyczna rozdzielczość temperaturowa: ~0,03 °C

A co z dokładnością?

- błąd kwantyzacji: $\pm 0,5 \text{ LSB} \approx \pm 0,013 \text{ }^\circ\text{C}$,
ale:
 - szum wzmacniacza,
 - dryft offsetu,
 - stabilność V_{REF} ,
 - zakłócenia zasilania.

Realna dokładność może wynosić np. **$\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$** , mimo „ładnej” rozdzielczości.

Rozdzielczość mówi, jak drobno dzielimy skalę, dokładność mówi, czy ta skala pokazuje prawdę.

Rodzaje przetworników AD - SAR

ADC SAR działa jak algorytm:

- zgaduję wartość napięcia,
- porównuję z napięciem wejściowym,
- decyduję: za duże / za małe,
- poprawiam zgadywanie,
- powtarzam dla kolejnych bitów.

Jeden bit = jedno porównanie.

Przykład

Napięcie odniesienia: $V_{REF} = 8 \text{ V}$

Mierzone napięcie: $U_{IN} = 5,3 \text{ V}$

Krok 1: najstarszy bit (MSB)

Test: Kod próbny = 1000_2

DAC generuje: $U_{DAC} = 4,0 \text{ V}$

Porównanie: $5,3 \text{ V} > 4,0$

Bit zostaje 1

Krok 2: kolejny bit

Test: Kod próbny = 1100_2

DAC generuje: $U_{DAC} = 6,0 \text{ V}$

Porównanie: $5,3 \text{ V} < 6,0$

Bit ustawiony na 0

Rozdzielczość: 4 bity

Liczba poziomów: $2^4 = 16$

Krok 3: kolejny bit

Test: Kod próbny = 1010_2

DAC generuje: $U_{DAC} = 5,0 \text{ V}$

Porównanie: $5,3 \text{ V} > 5,0$

Bit zostaje 1

Krok 4: ostatni bit (LSB)

Test: Kod próbny = 1011_2

DAC generuje: $U_{DAC} = 5,5 \text{ V}$

Porównanie: $5,3 \text{ V} < 5,5$

Bit ustawiony na 0

Wynik konwersji = ostateczny kod:

$$1010_2 = 10_{10}$$

ADC wybrał najbliższy możliwy poziom, napięcie wejściowe nie jest znane dokładnie, tylko przybliżone - to jest kwantyzacja.

A co z błędem kwantyzacji?

Krok kwantyzacji:

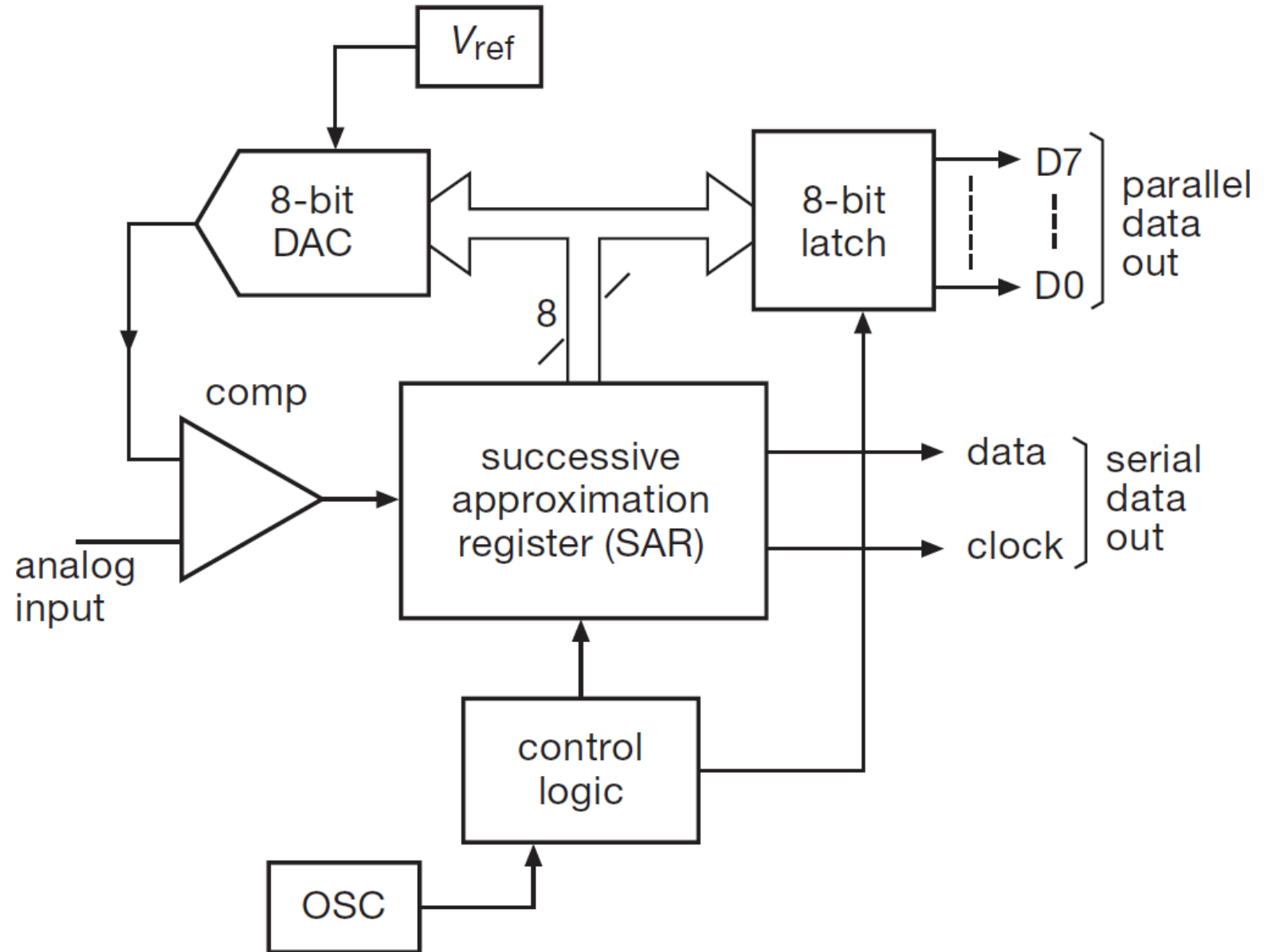
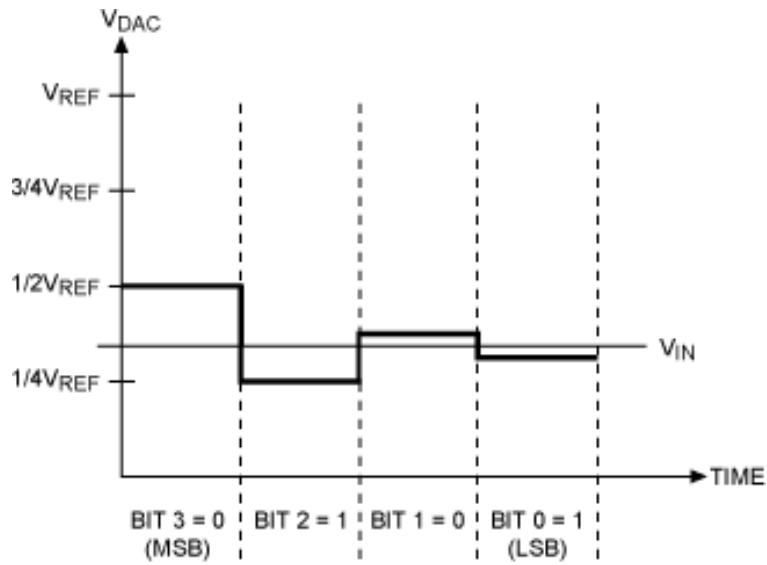
$$\Delta U = \frac{8 \text{ V}}{16} = 0,5 \text{ V}$$

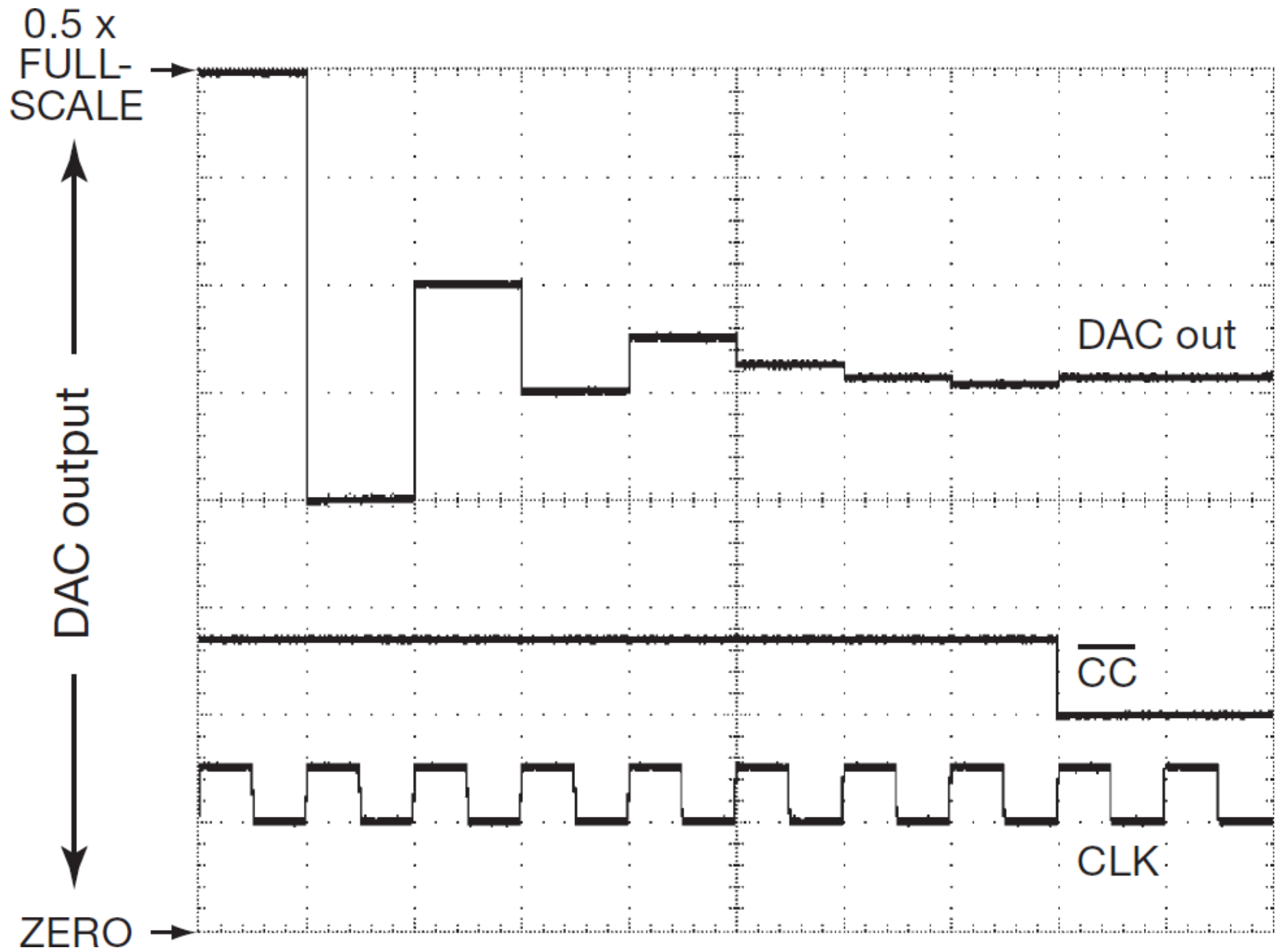
Maksymalny błąd:

$$e_q \approx \pm \frac{1}{2} \text{ LSB} = \pm 0,25 \text{ V}$$

ADC nie wie, gdzie dokładnie w „schodku” było napięcie.

Rodzaje przetworników AD - SAR





ADC SAR podejmuje decyzje binarne:

- liczba bitów = liczba kroków decyzyjnych,
- więcej bitów - większa dokładność teoretyczna, ale i dłuższy czas konwersji...

Jest to najczęściej używany typ ADC.

FEATURES

- 5Mps Throughput Rate
- No Pipeline Delay, No Cycle Latency
- 93.8dB SNR (Typ) at $f_{IN} = 1\text{MHz}$
- 101dB SFDR (Typ) at $f_{IN} = 1\text{MHz}$
- Nyquist Sampling Up to 2.5MHz Input
- Guaranteed 16-Bit, No Missing Codes
- $\pm 0.5\text{LSB}$ INL (Max)
- 8.192V_{P-P} Differential Inputs
- 5V and 2.5V Supplies
- Internal 20ppm/°C (Max) Reference
- Serial LVDS Interface
- 78mW Power Dissipation
- 32-Pin (5mm × 5mm) QFN Package

DESCRIPTION

The [LTC[®]2385-16](#) is a low noise, high speed, 16-bit 5Mps successive approximation register (SAR) ADC ideally suited for a wide range of applications. The combination of excellent linearity and wide dynamic range makes the LTC2385-16 ideal for high speed imaging and instrumentation applications. No-latency operation provides a unique solution for high speed control loop applications. The very low distortion at high input frequencies enables communications applications requiring wide dynamic range and significant signal bandwidth.

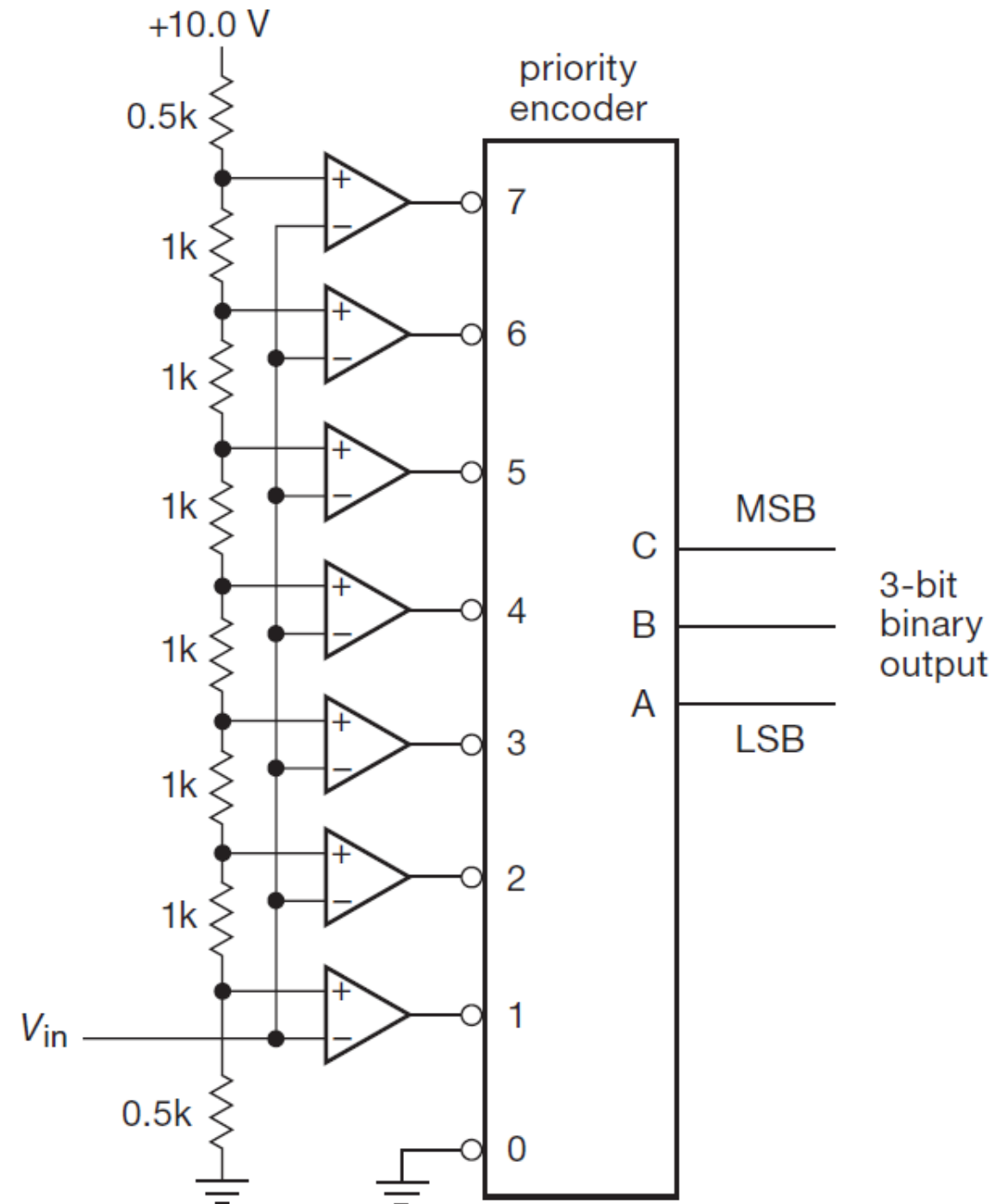
To support high speed operation while minimizing the number of data lines, the LTC2385-16 features a serial LVDS digital interface. The LVDS interface has one-lane and two-lane output modes, allowing the user to optimize the interface data rate for each application.

Rodzaje przetworników AD - FLASH

ADC FLASH działa jednocześnie, a nie krokowo.

Napięcie wejściowe trafia równolegle do wielu komparatorów, każdy komparator sprawdza czy $V_{in} >$ próg

Na rysunku - drabinka rezystorowa dzieli napięcie odniesienia na równe przedziały, a każdy komparator sprawdza, czy V_{IN} je przekroczyło.



Przykład

Założenia:

- $V_{REF} = 8\text{ V}$
- rozdzielczość: 3 bity - 8 poziomów
- progi: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 V
- $V_{IN} = 5,3\text{ V}$

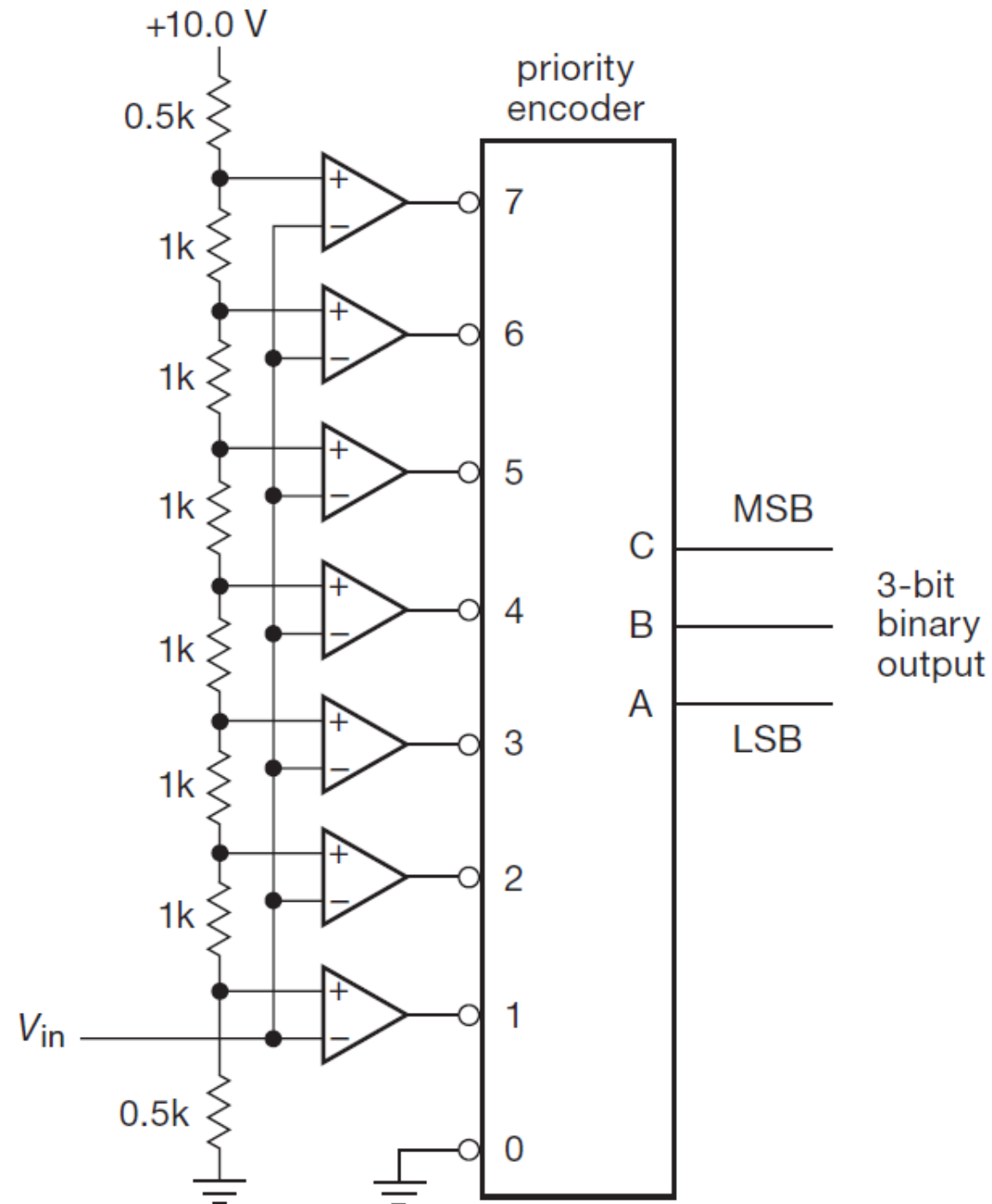
Komparatory:

$V_{IN} > 1,2,3,4,5$ - TAK

$V_{IN} > 6,7$ - NIE

Kod termometryczny - 1111100

Wyjście enkodera - 101_2



- brak iteracji,
- brak kolejnych taktów zegara.

Stąd FLASH ADC charakteryzują się największą możliwą szybkością konwersji - setki MS/s, nawet do GS/s.

Ale jest tego cena...

Liczba komparatorów to $2^N - 1$, więc np.:

- 8 bitów - 255 komparatorów,
- 10 bitów - 1023 komparatory,
- 12 bitów - 4095 komparatorów,

czyli:

- duża powierzchnia,
- duży pobór mocy,
- wysoki koszt.



Dual, 6-Bit, 800MSPS ADC with On-Chip, Wideband Input Amplifier

General Description

The MAX105 is a dual, 6-bit, analog-to-digital converter (ADC) designed to allow fast and precise digitizing of in-phase (I) and quadrature (Q) baseband signals. The MAX105 converts the analog signals of both I and Q components to digital outputs at 800MSPS while achieving a signal-to-noise ratio (SNR) of typically 37dB with an input frequency of 200MHz, and an integral nonlinearity (INL) and differential nonlinearity (DNL) of ± 0.25 LSB. The MAX105 analog input preamplifiers feature a 400MHz, -0.5dB, and a 1.5GHz, -3dB analog input bandwidth. Matching channel-to-channel performance is typically 0.04dB gain, 0.1LSB offset, and 0.2 degrees phase. Dynamic performance is 36.4dB signal-to-noise plus distortion (SINAD) with a 200MHz analog input signal and a sampling speed of 800MHz. A fully differential comparator design and encoding circuits reduce out-of-sequence errors, and ensure excellent metastable performance of only one error per 10^{16} clock cycles.

In addition, the MAX105 provides LVDS digital outputs with an internal 6:12 demultiplexer that reduces the output data rate to one-half the sample clock rate. Data is output in two's complement format. The MAX105 operates from a +5V analog supply and the LVDS output ports operate at +3.3V. The data converter's typical power dissipation is 2.6W. The device is packaged in an 80-pin, TQFP package with exposed paddle, and is specified for the extended (-40°C to +85°C) temperature range. For a lower-speed, 400MSPS version of the MAX105, please refer to the MAX107 data sheet.

Features

- ◆ **Two Matched 6-Bit, 800MSPS ADCs**
- ◆ **Excellent Dynamic Performance**
36.4dB SINAD at $f_{IN} \approx 200\text{MHz}$ and
 $f_{CLK} \approx 800\text{MHz}$
- ◆ **Typical INL and DNL: $\pm 0.25\text{LSB}$**
- ◆ **Channel-to-Channel Phase Matching: $\pm 0.2^\circ$**
- ◆ **Channel-to-Channel Gain Matching: $\pm 0.04\text{dB}$**
- ◆ **6:12 Demultiplexer reduces the Data Rates to 400MHz**
- ◆ **Low Error Rate: 10^{16} Metastable States at 800MSPS**
- ◆ **LVDS Digital Outputs in Two's Complement Format**

Typ ADC	Cechy	Zastosowania
SAR	szybki, popularny, uniwersalny	mikrokontrolery, czujniki
sigma-delta	bardzo dokładny, wolniejszy	pomiary, wagi, tensometry
flash	bardzo szybki, drogi	oscylloskopy, szybka akwizycja
dual-slope	wolny, odporny na zakłócenia	mierniki cyfrowe

Typowe błędy:

- zbyt wysokie napięcie wejściowe,
- niestabilne V_{REF} ,
- zaszumione zasilanie,
- brak filtracji,
- za duża impedancja źródła,
- brak wspólnej masy,
- aliasing,
- zbyt szybkie przełączanie kanałów ADC,
- złe skalowanie wyniku w programie.

W praktyce błędy ADC częściej wynikają z otoczenia przetwornika niż z samego przetwornika.

PRZETWARZANIE DA (CA)

Po co nam DAC?

Mikrokontroler generuje słowa.
Świat zewnętrzny oczekuje napięcia lub prądu.

Np.:
sterowanie silnikiem,
sygnały referencyjne,
regulacja mocy,
przetwarzanie/generacja sygnałów,
systemy audio (np. karta dźwiękowa).

Przykład

Założenia:

DAC 8 bitów

$$V_{REF} = 5 \text{ V}$$

Liczba poziomów:

$$2^8 = 256$$

Krok napięciowy:

$$\Delta U = \frac{5 \text{ V}}{256} \approx 19,5 \text{ mV}$$

Np.:

kod 0 \rightarrow 0 V

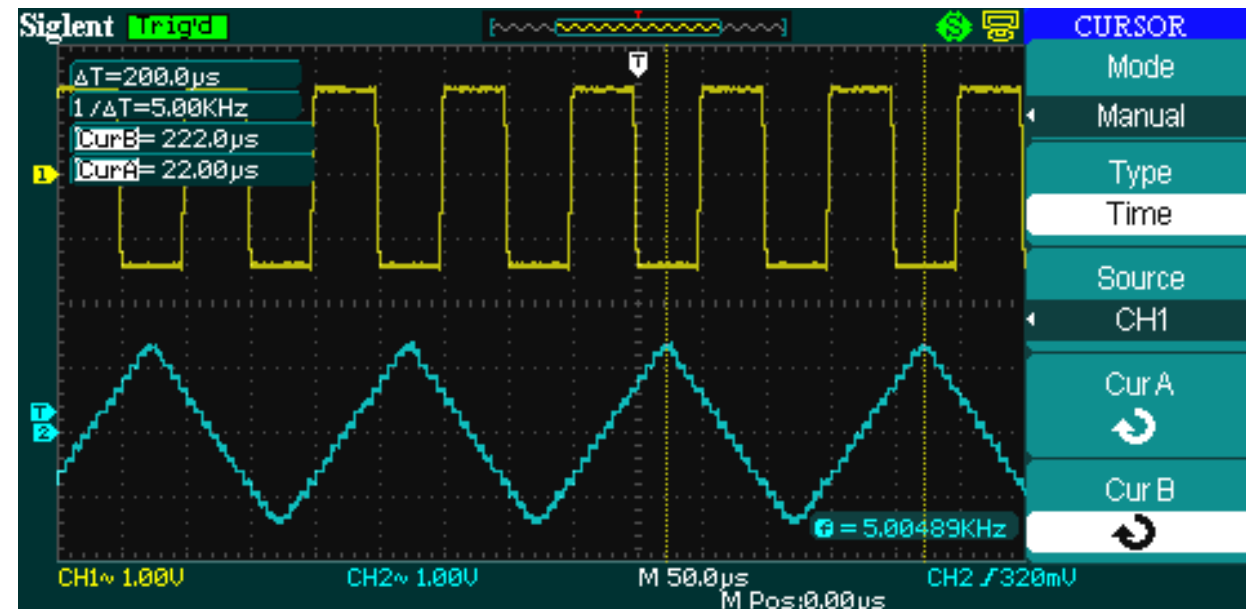
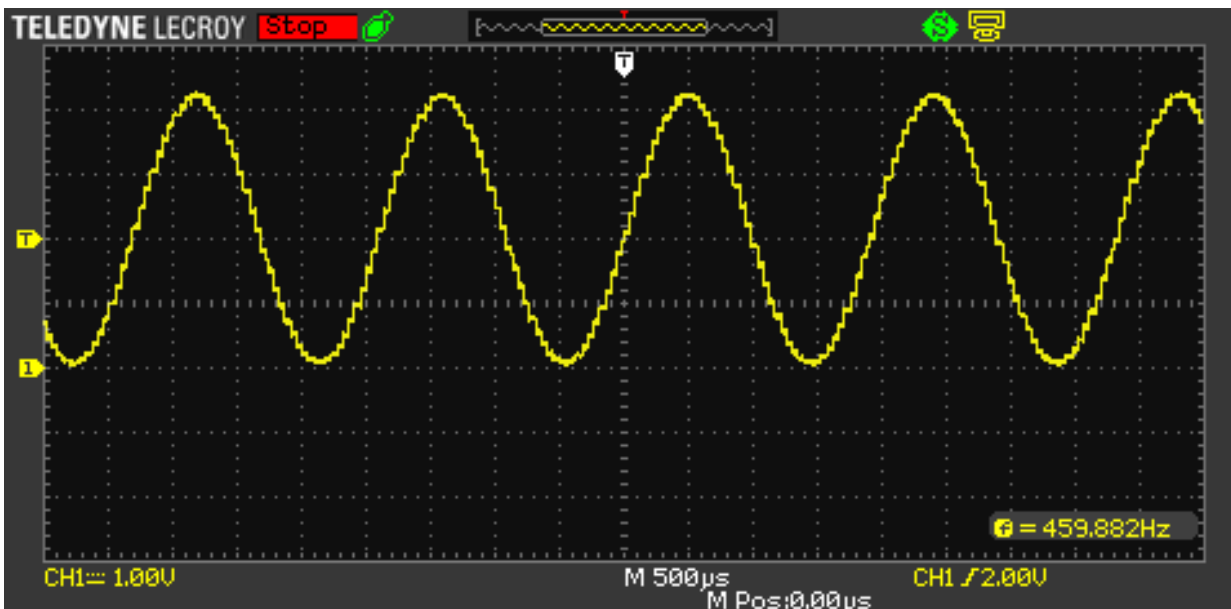
kod 128 \rightarrow \sim 2,5 V

kod 255 \rightarrow \sim 4,98 V

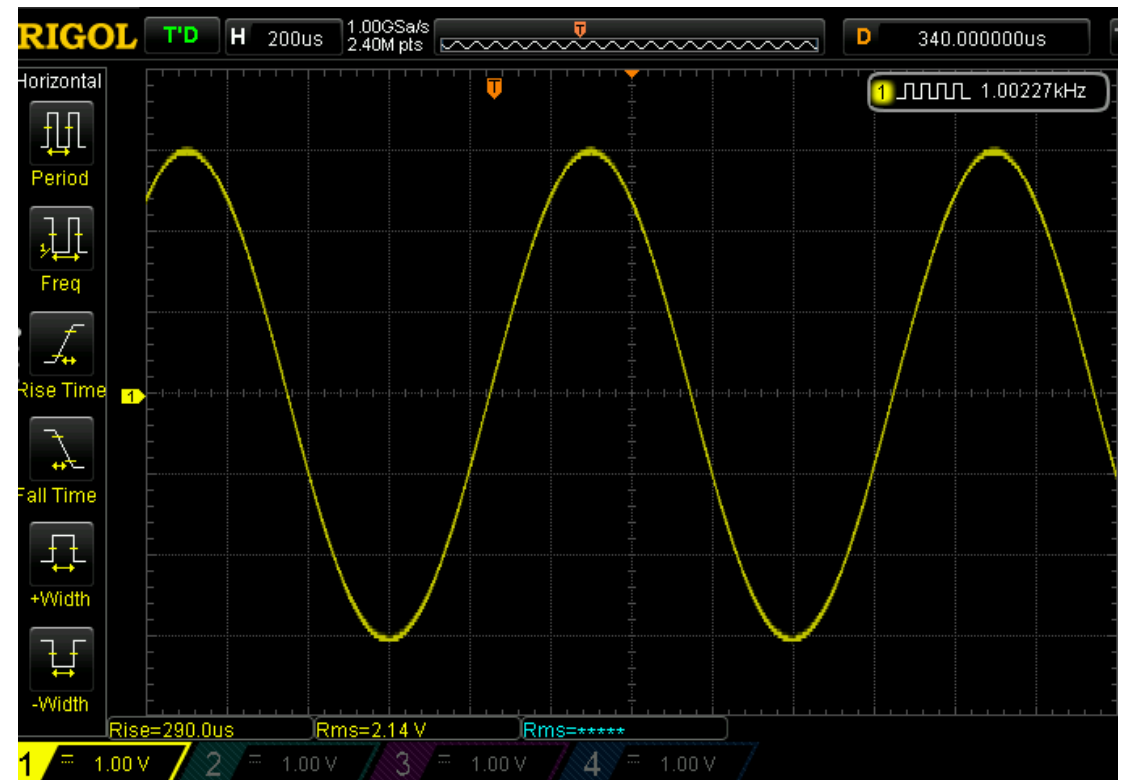
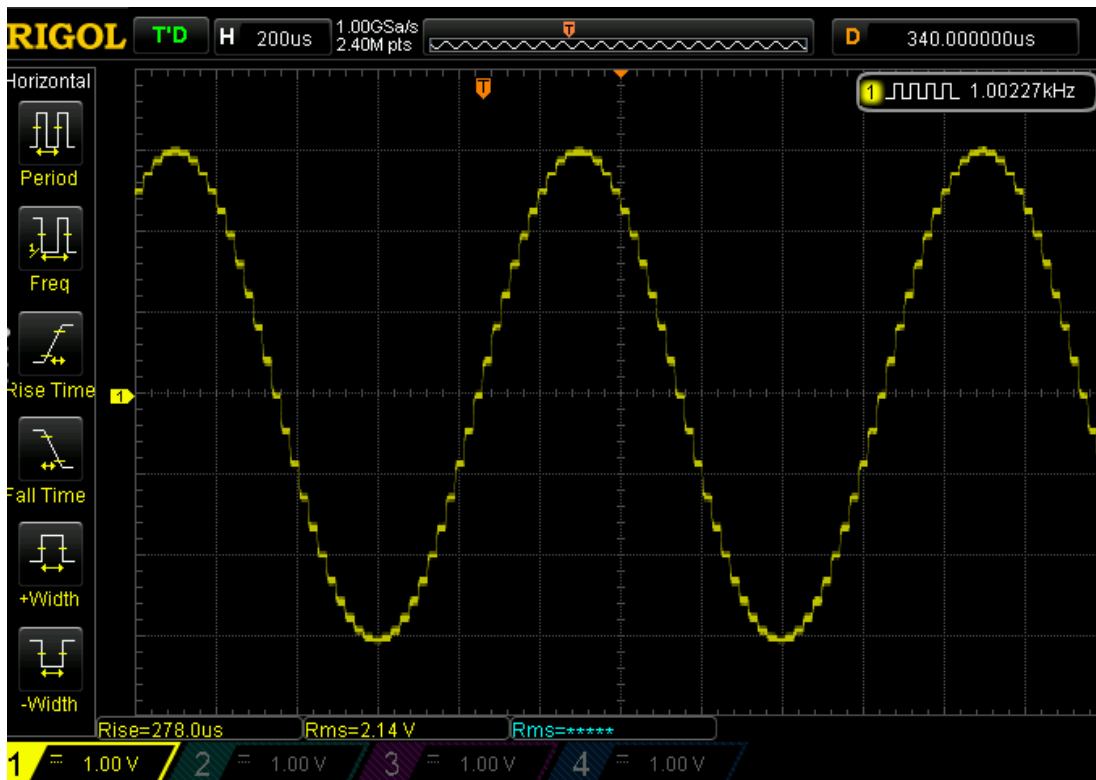
Co DAC naprawdę generuje?

Gdy DAC generuje przebieg zmienny z kolejnych próbek, na wyjściu nie powstaje idealnie gładki sygnał, lecz ciąg poziomów napięcia — „schodki”.

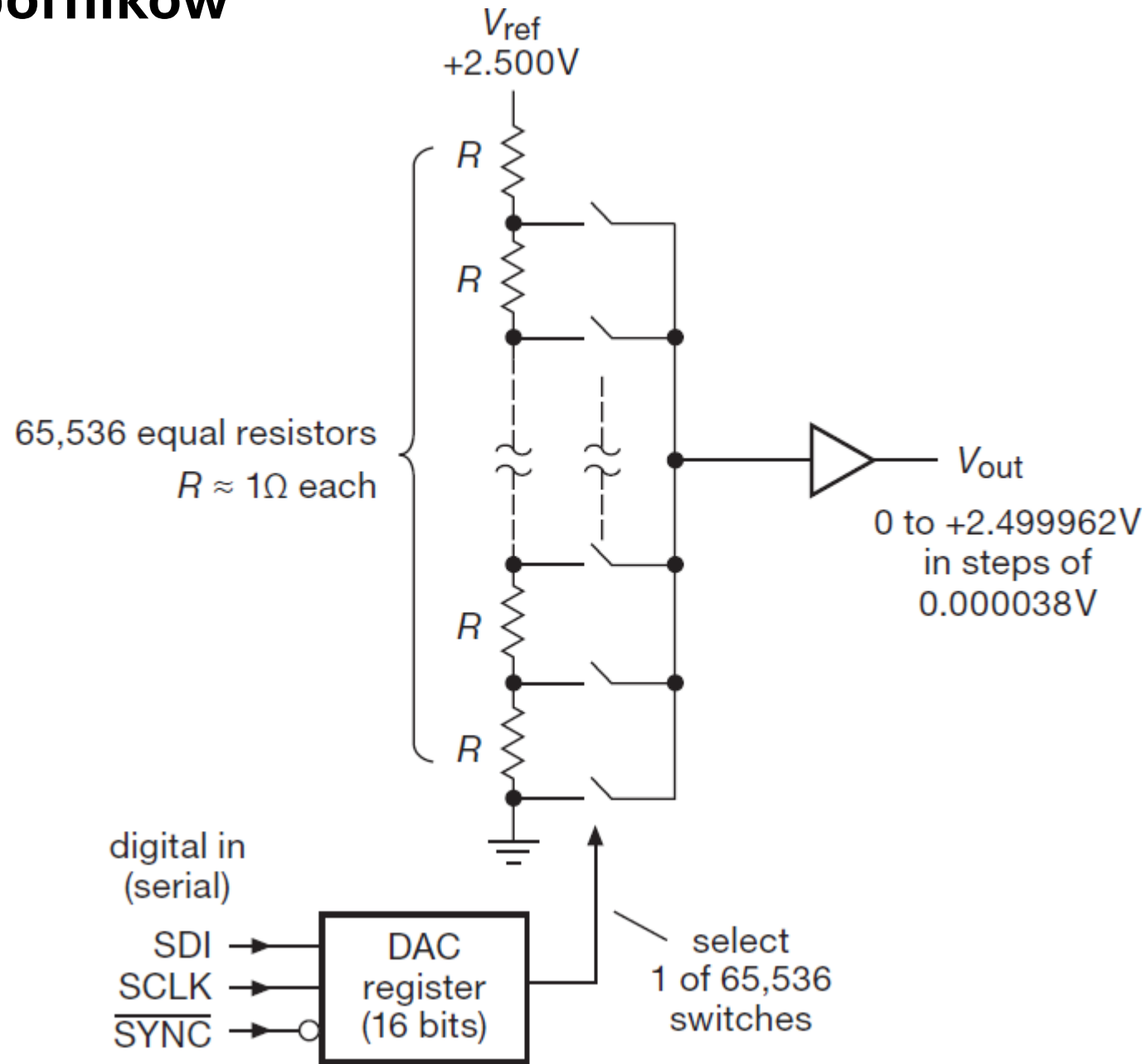
Dlatego czasem potrzebny jest filtr dolnoprzepustowy..



Analogicznie do filtru antyaliasingowego w ADC, filtr na wyjściu DAC jest konieczny, jeśli chcemy uzyskać gładki sygnał analogowy. Jeśli DAC podaje tylko wolnozmienną wartość zadaną, napięcie odniesienia albo statyczną nastawę, filtr może być prosty albo czasem niepotrzebny. Natomiast przy generowaniu sinusa/audio, filtr rekonstrukcyjny jest istotny, lub po prostu niezbędny.



Przykład realizacji – łańcuch oporników





16-Bit, Quad Channel, Ultra-Low Glitch, Voltage Output DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER with 2.5V, 2ppm/°C Internal Reference

Check for Samples: [DAC8564](#)

DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER (DAC)

The DAC8564 architecture consists of a string DAC followed by an output buffer amplifier. [Figure 92](#) shows a block diagram of the DAC architecture.

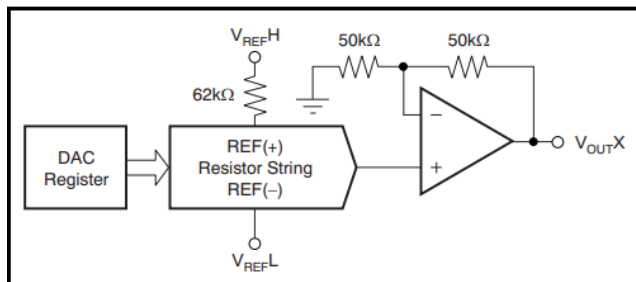
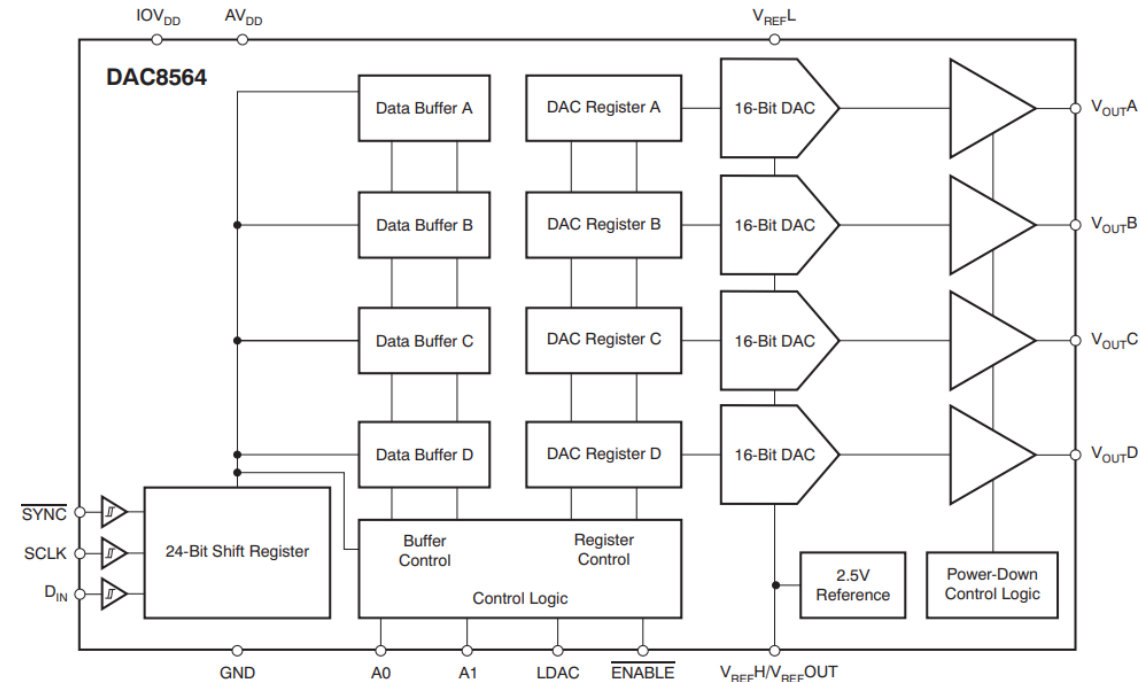
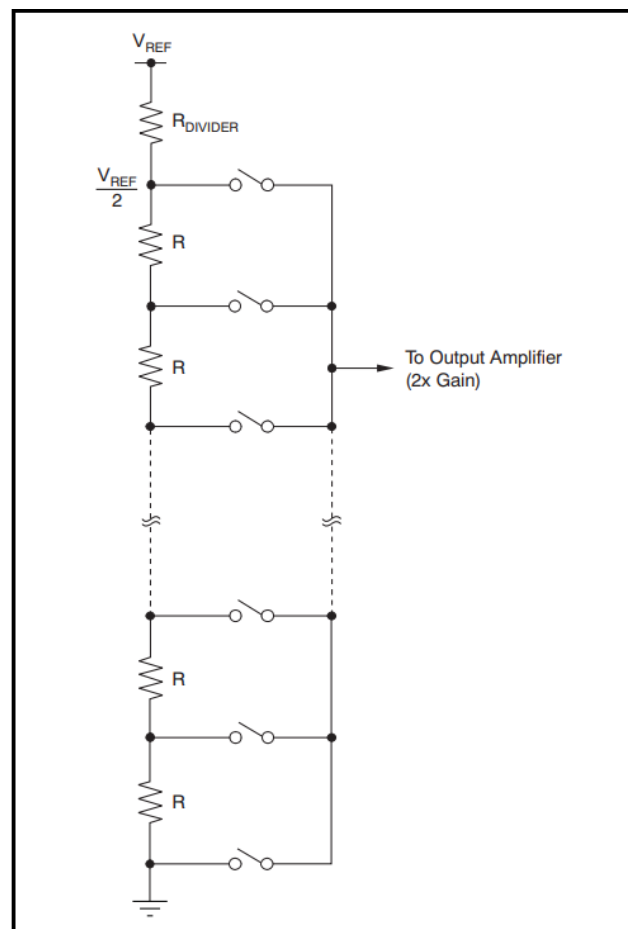


Figure 92. DAC8564 Architecture

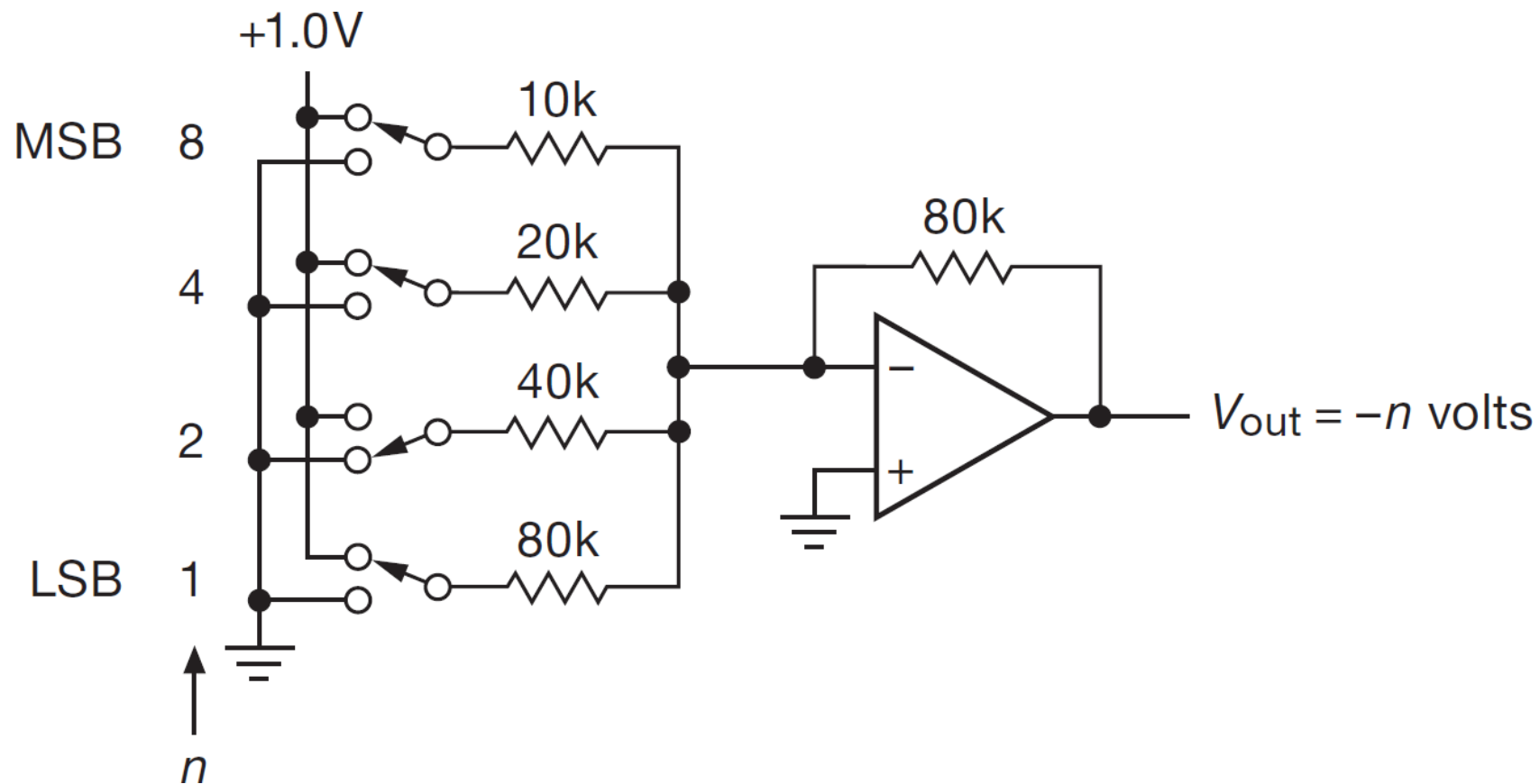
The input coding to the DAC8564 is straight binary, so the ideal output voltage is given by [Equation 1](#).

$$V_{OUTX} = 2 \times V_{REFL} + (V_{REFH} - V_{REFL}) \times \frac{D_{IN}}{65536} \quad (1)$$

where D_{IN} = decimal equivalent of the binary code that is loaded to the DAC register; it can range from 0 to 65535. X represents channel A, B, C, or D.



Przykłady realizacji – z drabinką R/2R/4R/8R...

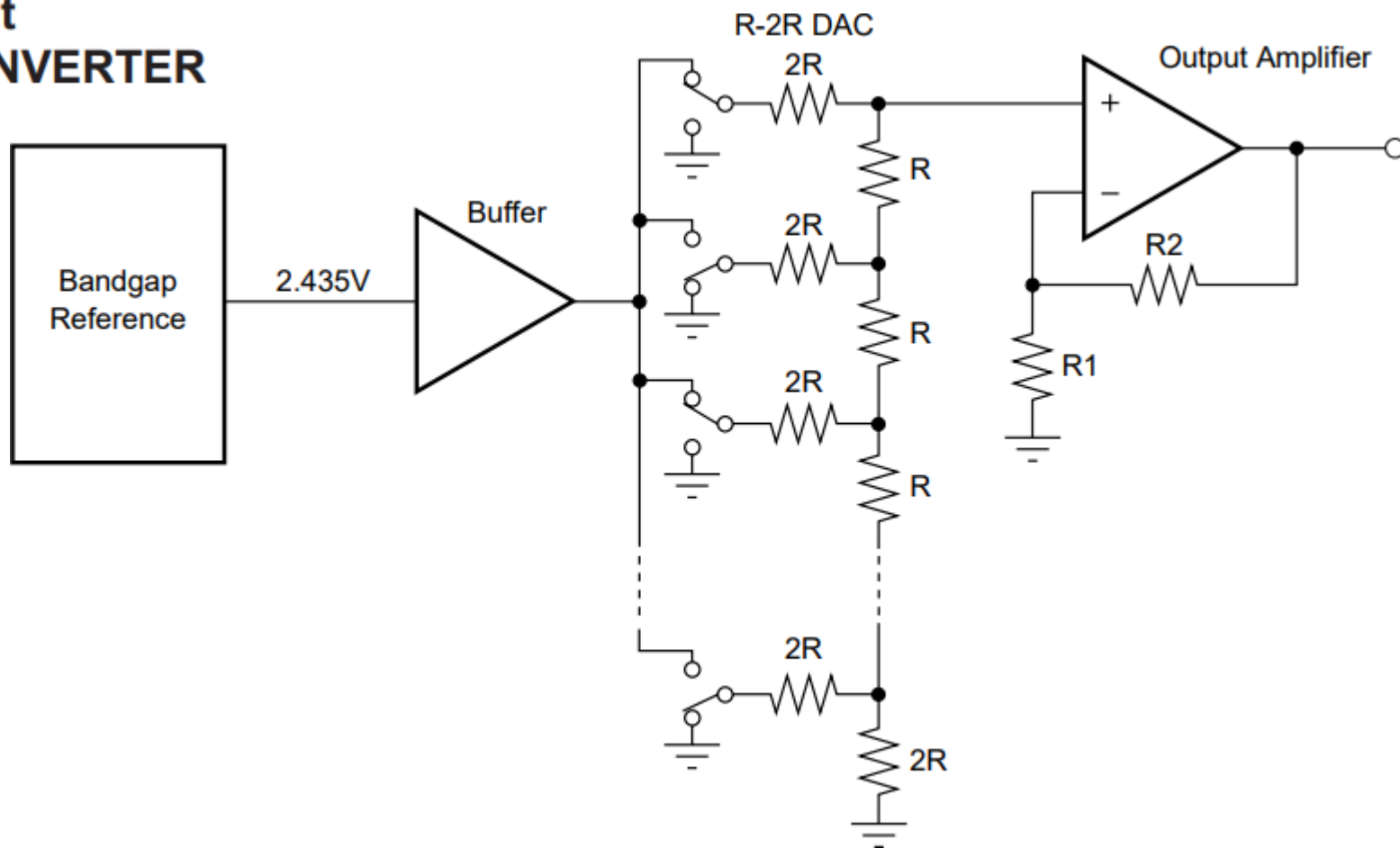


Przykłady realizacji – z drabinką R-2R



DAC7611

12-Bit Serial Input DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTER



DAC a PWM

DAC daje napięcie analogowe.

PWM daje przebieg prostokątny, którego wartość średnia może udawać napięcie analogowe po filtracji.

PWM:

- 0/1/0/1/0/1...

DAC:

- płynne napięcie, np. 1,37 V.

W praktyce:

- do sterowania silnikiem, LED albo grzałką często wystarczy PWM,
- do dokładnego napięcia odniesienia, sygnału audio albo toru pomiarowego - DAC.

Typ	Zalety	Wady	Typowe zastosowania
<u>R-2R</u>	prosta struktura, szybki, tani, popularny	wrażliwy na tolerancję rezystorów, ograniczona dokładność	mikrokontrolery, sterowanie, generacja napięć
Binary-weighted	bardzo szybki, prosta logika	duży zakres rezystancji, trudny do skalowania	niskie rozdzielczości
<u>Sigma-delta</u>	bardzo gładkie wyjście, wysoka rozdzielczość	wolniejszy, większe opóźnienie	audio, pomiar precyzyjne
Current-steering	ekstremalnie szybki	wysoki pobór mocy, złożony	RF, wideo, szybka akwizycja
<u>PWM + filtr</u>	„za darmo” w μC , bardzo elastyczny	ripple, opóźnienie filtru	regulacja mocy (np. silniki)

Elektronika

Izolacja galwaniczna

Izolacja galwaniczna

W sytuacji, gdy coraz więcej urządzeń elektrycznych zawiera elektroniczne sterowanie, izolacja galwaniczna jest nieodzownym elementem współczesnej praktyki projektowej.

Separacja galwaniczna jest stosowana z powodów:

- bezpieczeństwa,
- eliminacji zakłóceń i sprzężeń wynikających ze wspólnej masy.

Klasycznym układem stosowanym do tego celu jest **transoptor**, czyli układ przenoszący sygnały elektryczne w systemach, w których izolacja galwaniczna między źródłem sygnału a odbiornikiem jest konieczna.

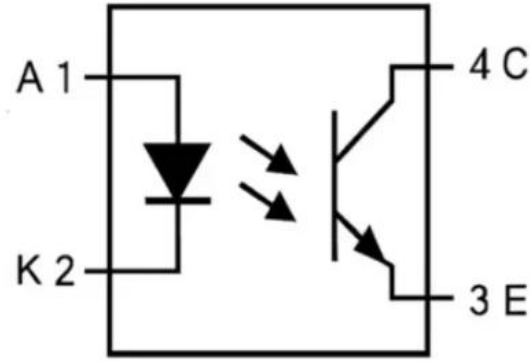
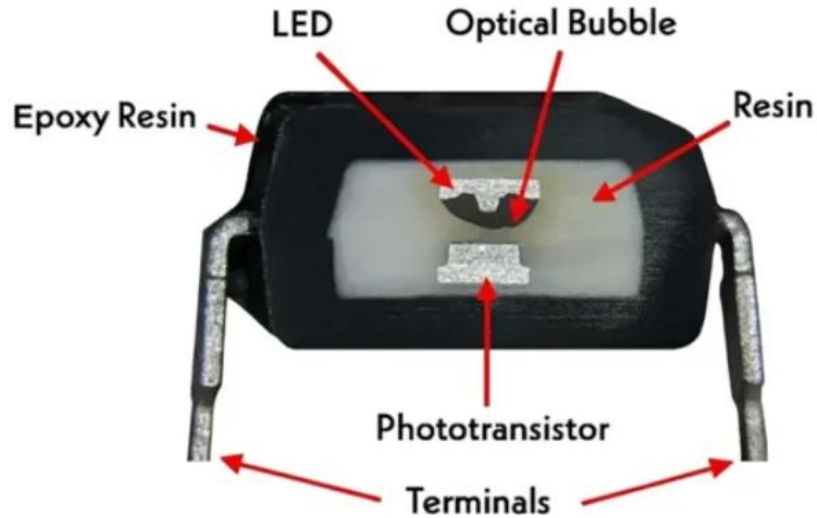
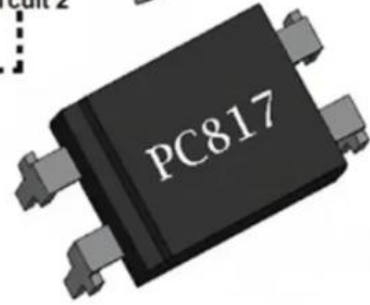
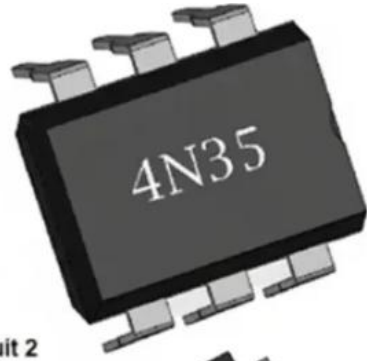
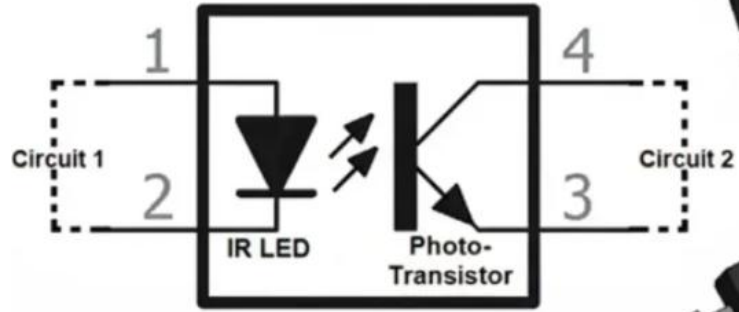
W transoptorach transmisja sygnału odbywa się drogą optyczną.

Po stronie nadawczej sygnał elektryczny jest zamieniany na sygnał optyczny (światło), w tym celu stosuje się podczerwony LED.

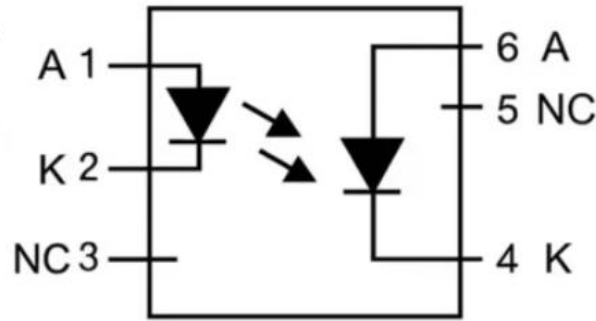
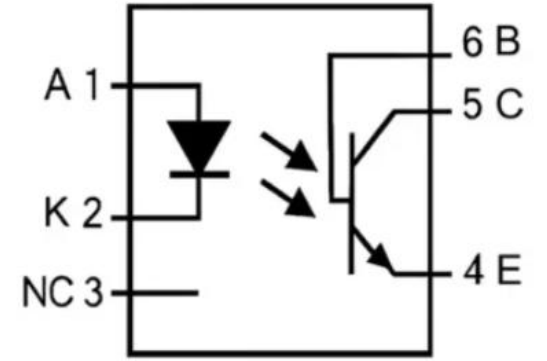
Światło jest przesyłane do detektora, który generuje prąd wyjściowy zależny od prądu pierwotnego, płynącego przez diodę LED.

Odbiornikiem może być fototranzystor, fotodioda, fotofet, fototriak lub zintegrowany detektor, który przetwarza sygnał optyczny z powrotem na sygnał elektryczny.

Photocoupler



Phototransistor Optocoupler



Photodiode Optocoupler

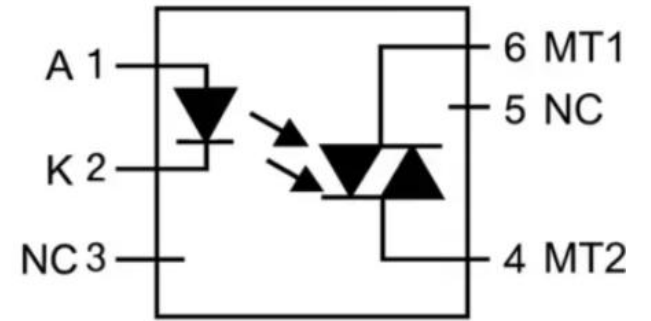
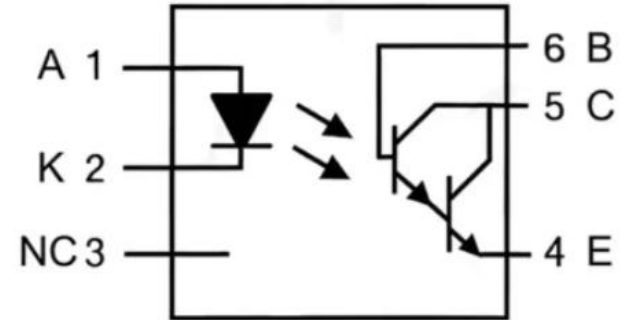
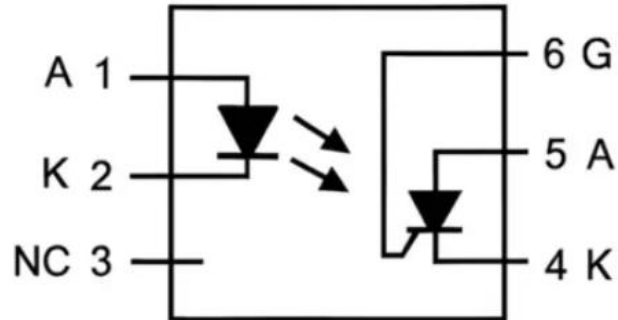


Photo-TRIAC Optocoupler



Kluczowe parametry

- napięcie przebicia izolacji między obwodem wejściowym i wyjściowym – od kilkuset V do kilkudziesięciu kV;
- częstotliwość graniczna przenoszonych sygnałów – od kilkudziesięciu kHz dla fototranzystorów do 100 MHz dla fotodiod PIN;
- wzmacnienie (CTR - Current Transfer Ratio) – stosunek prądu wyjściowego do wejściowego.

PC817X Series

*4-channel package type is also available.
(model No. **PC847X Series**)

DIP 4pin General Purpose Photocoupler



■ Description

PC817X Series contains an IRED optically coupled to a phototransistor.

It is packaged in a 4pin DIP, available in wide-lead spacing option and SMT gullwing lead-form option.

Input-output isolation voltage(rms) is 5.0kV.

Collector-emitter voltage is 80V(*) and CTR is 50% to 600% at input current of 5mA.

■ Agency approvals/Compliance

1. Recognized by UL1577 (Double protection isolation), file No. E64380 (as model No. **PC817**)
2. Package resin : UL flammability grade (94V-0)

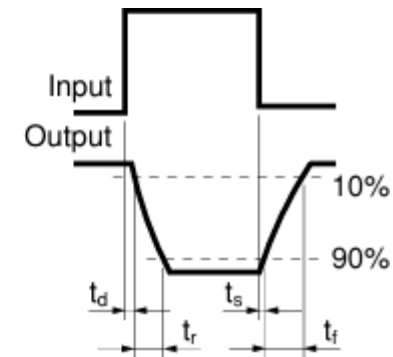
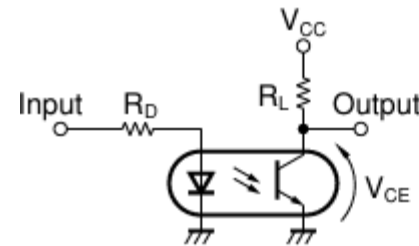
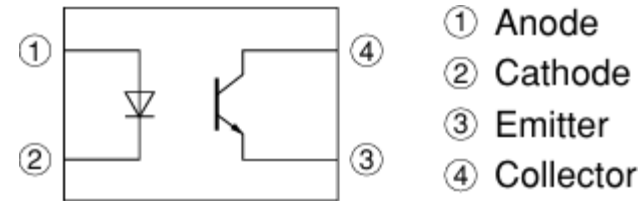
■ Applications

1. I/O isolation for MCUs (Micro Controller Units)
2. Noise suppression in switching circuits
3. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

■ Features

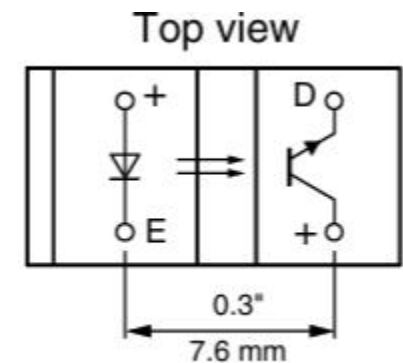
1. 4pin DIP package
2. Double transfer mold package (Ideal for Flow Soldering)
3. High collector-emitter voltage ($V_{CE0}:80V^{(*)}$)
4. Current transfer ratio (CTR : MIN. 50% at $I_F=5\text{ mA}$, $V_{CE}=5V$)
5. Several CTR ranks available
6. High isolation voltage between input and output ($V_{iso(rms)} : 5.0\text{ kV}$)

(*) Up to Date code "P7" (July 2002) $V_{CE0} : 35V$.
From the production Date code "J5" (May 1997) to "P7" (July 2002), however the products were screened by $BV_{CE0}\geq 70V$.



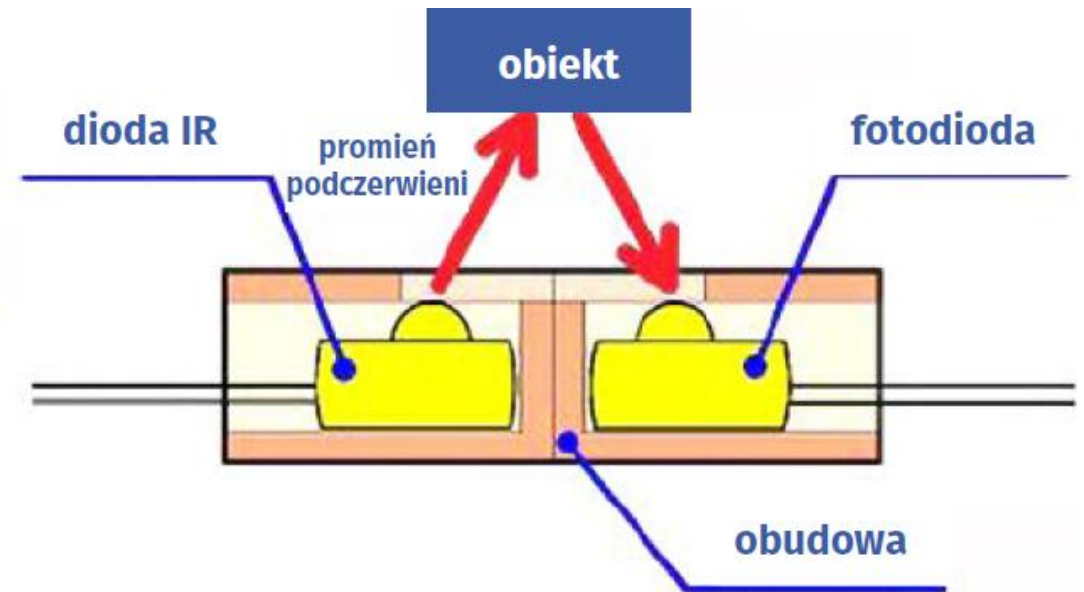
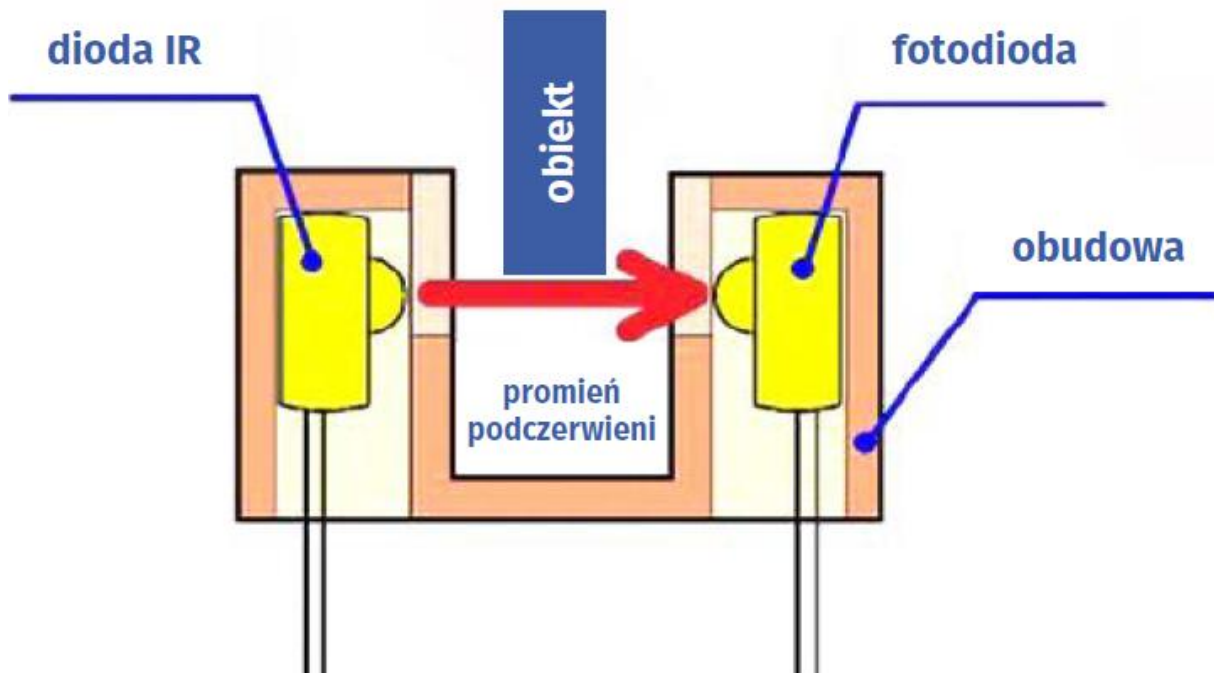
W rodzinie transoptorów istnieje też odnoga zajmująca się bezkontaktowym zliczaniem obiektów/zdarzeń. W tych elementach, sprzężenie optyczne w podczerwieni pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem nie jest ustanowione w samym elemencie, ale zewnętrznie.

Są to tzw. **transoptory szczelinowe/transmisyjne**.



Istnieją dwie podstawowe wersje fotoprzerywacza:

- w jednej należy umieścić zliczany obiekt pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem;
- druga działa poprzez odbicie promieniowania od obiektu.



Dziękuję za uwagę