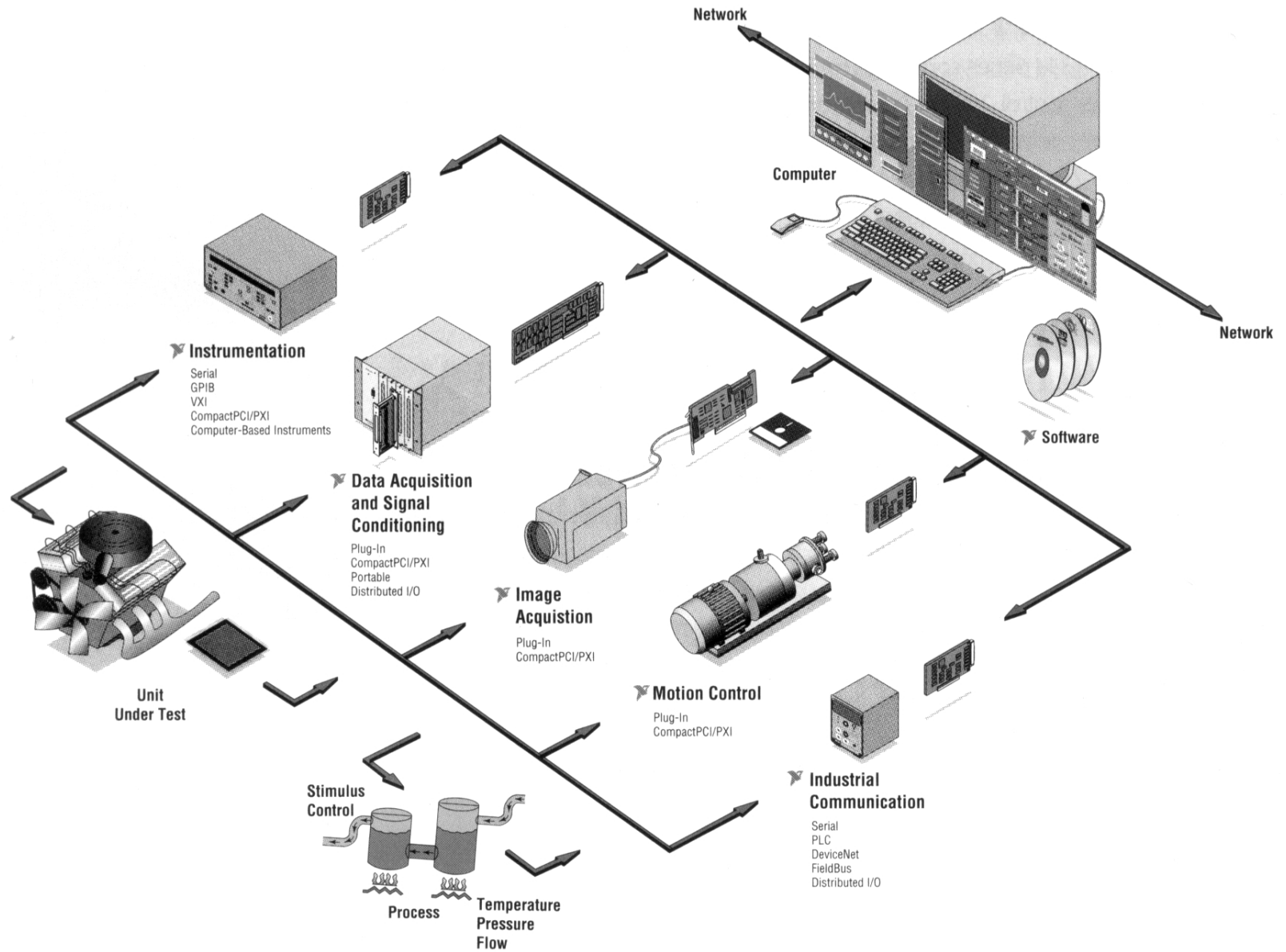


Wykład 5

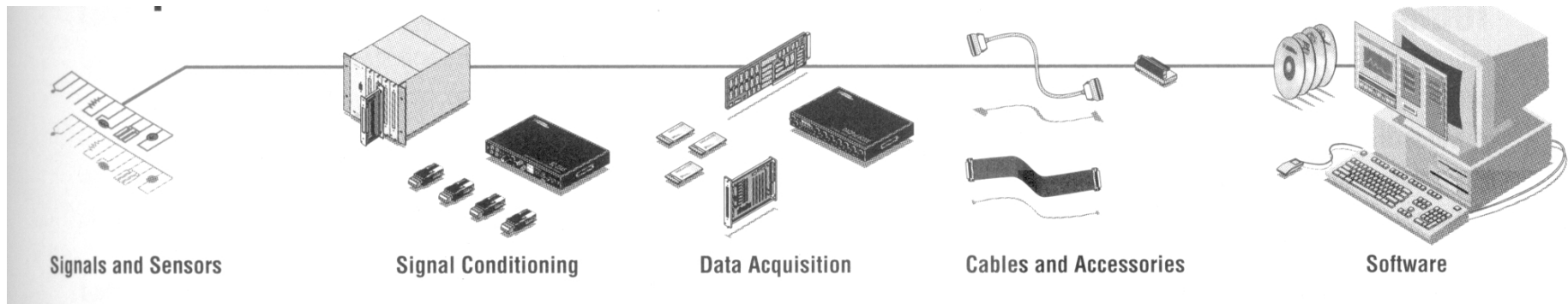
Karty pomiarowe

dr inż. Robert Kazała

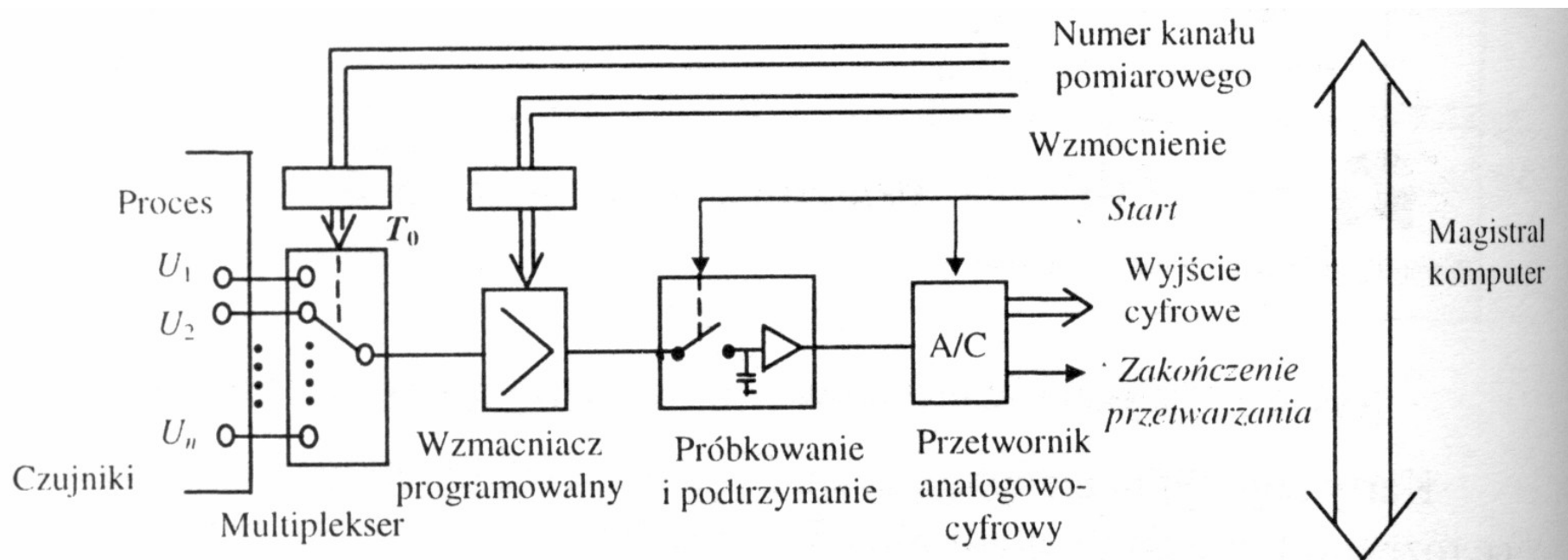
Systemy akwizycji danych



Tor pomiarowy



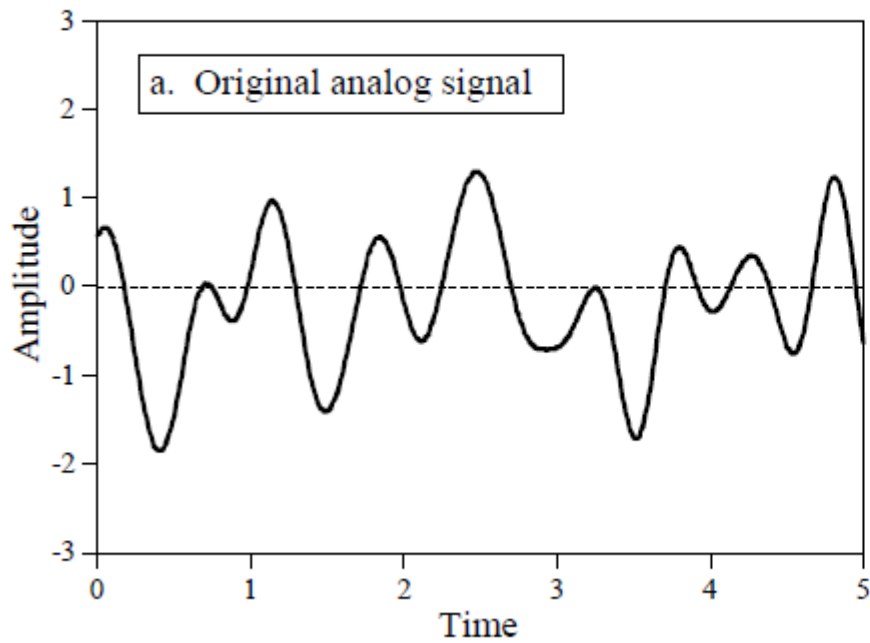
Budowa karty pomiarowej



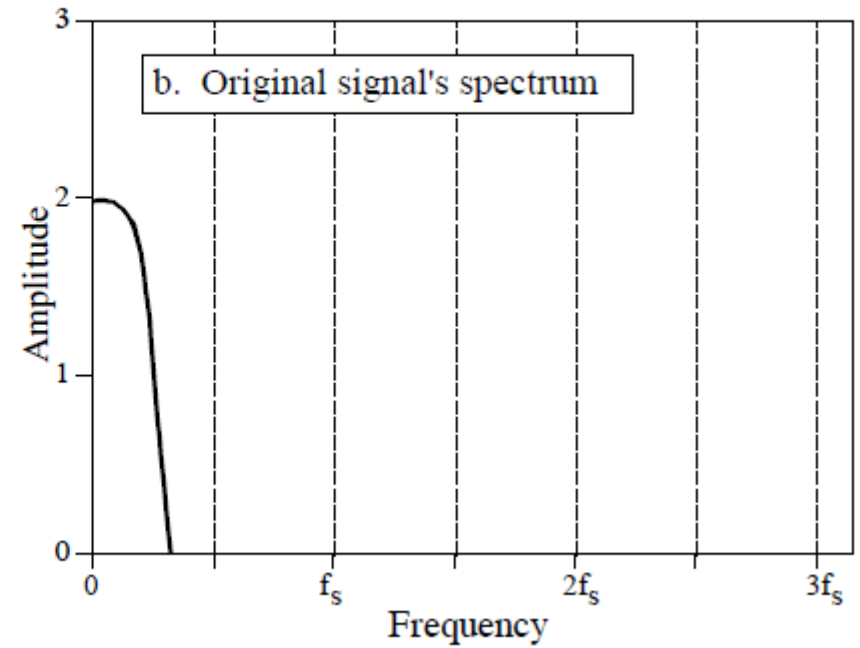
Rys. 6.36. Tor pomiarowy uniwersalnej karty połączenia z procesem (schemat blokowy)

Widmo sygnałów

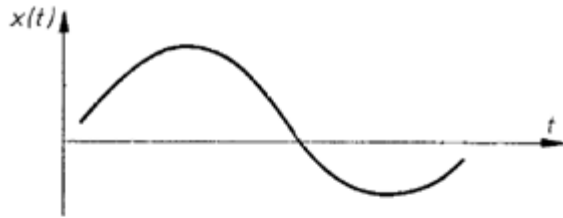
Time Domain



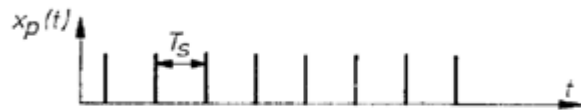
Frequency Domain



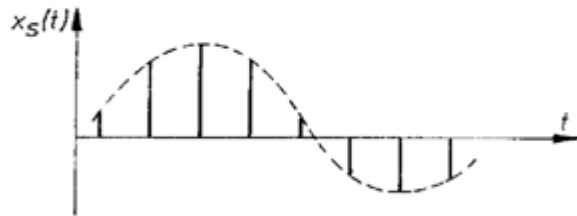
Próbkowanie sygnałów



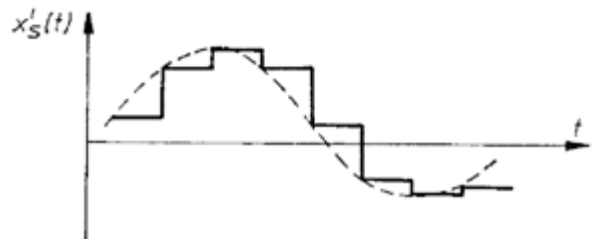
Przebieg
wejściowy



Impulsy
próbujące



Dyskretny przebieg
wejściowy



Dyskretny przebieg
wejściowy
z pamiętaniem stanów

Przetwarzanie A/C i C/A

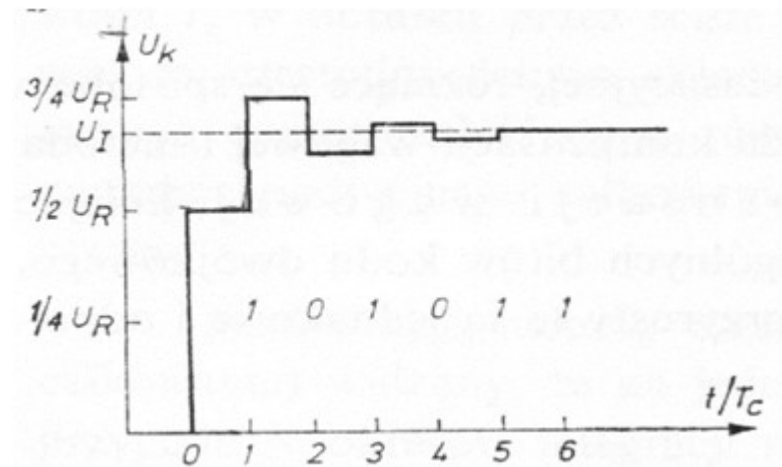
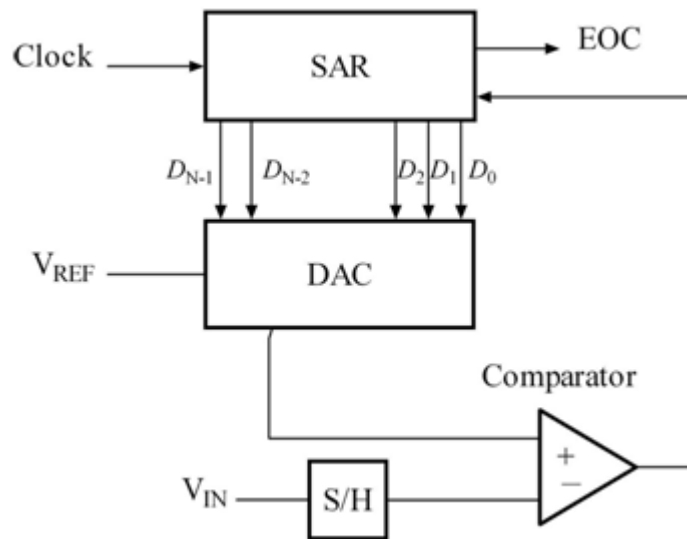
- Przetwornik analogowo-cyfrowy A/C (ang. A/D – analog to digital; ADC – analog to digital converter), to układ służący do zamiany sygnału analogowego (ciągłego) na reprezentację cyfrową (sygnał cyfrowy).
- Dzięki temu możliwe jest przetwarzanie ich w urządzeniach elektronicznych opartych o architekturę zero-jedynkową oraz gromadzenie na dostosowanych do tej architektury nośnikach danych.
- Proces ten polega na uproszczeniu sygnału analogowego do postaci skwantowanej (dyskretnej), czyli zastąpieniu wartości zmieniających się płynnie do wartości zmieniających się skokowo w odpowiedniej skali (dokładności) odwzorowania.
- Przetwarzanie A/C tworzą 3 etapy:
 - próbkowanie,
 - kwantyzacja
 - kodowanie.
- Działanie przeciwne do wyżej wymienionego wykonuje przetwornik cyfrowo-analogowy C/A.

Rodzaje przetworników A/C

- Przetwornik o przetwarzaniu bezpośrednim
- Przetwornik z próbkowaniem analogowym
- Przetwornik z sukcesywną aproksymacją
- Przetwornik podwójnie całkujący
- Przetworniki o architekturze potokowej
- Przetwornik sigma-delta

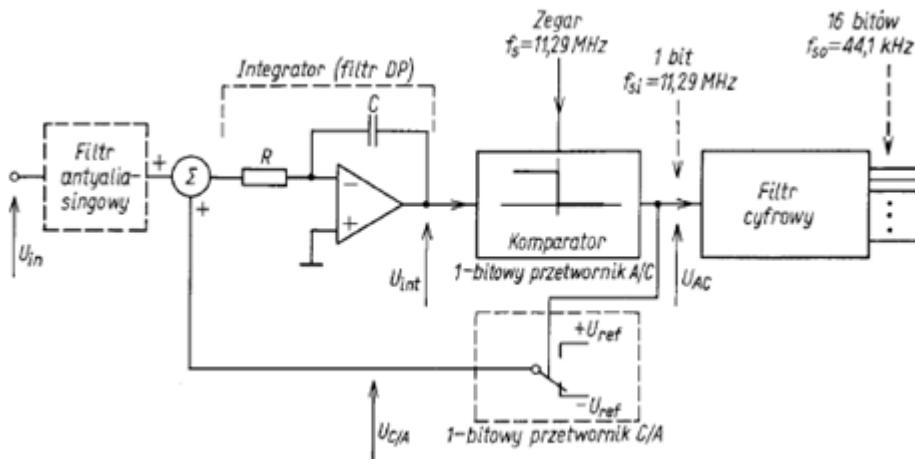
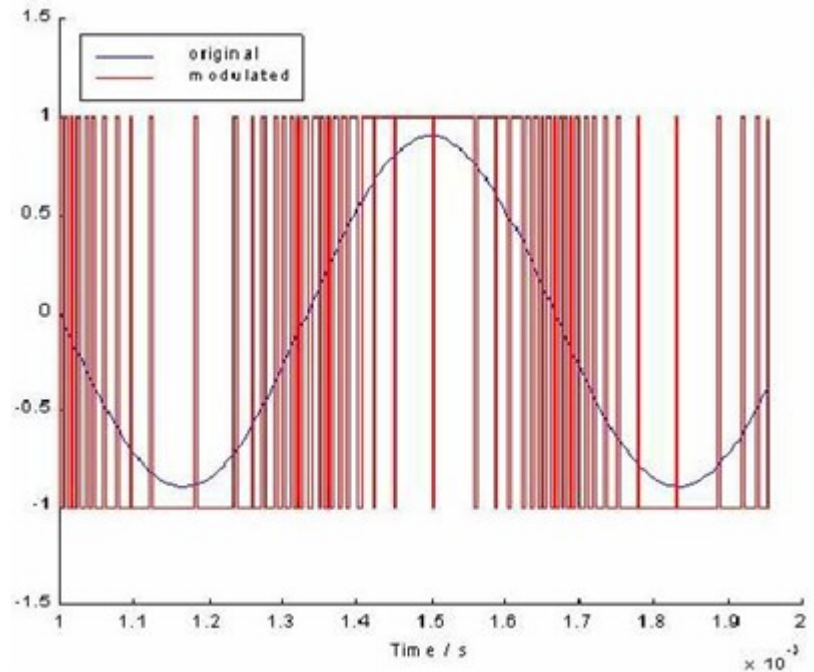
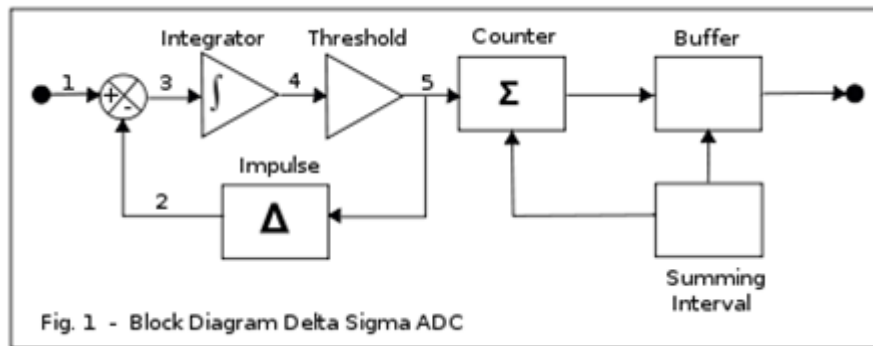
Kompensacyjne przetworniki A/C

Successive Aproximation Register (SAR)



Przetwornik D/A 1-bitowy

Delta-Sigma



Reprezentacja sygnałów

UNSIGNED INTEGER

| Decimal | Bit Pattern |
|---------|-------------|
| 15 | 1111 |
| 14 | 1110 |
| 13 | 1101 |
| 12 | 1100 |
| 11 | 1011 |
| 10 | 1010 |
| 9 | 1001 |
| 8 | 1000 |
| 7 | 0111 |
| 6 | 0110 |
| 5 | 0101 |
| 4 | 0100 |
| 3 | 0011 |
| 2 | 0010 |
| 1 | 0001 |
| 0 | 0000 |

16 bit range:
0 to 65,535

OFFSET BINARY

| Decimal | Bit Pattern |
|---------|-------------|
| 8 | 1111 |
| 7 | 1110 |
| 6 | 1101 |
| 5 | 1100 |
| 4 | 1011 |
| 3 | 1010 |
| 2 | 1001 |
| 1 | 1000 |
| 0 | 0111 |
| -1 | 0110 |
| -2 | 0101 |
| -3 | 0100 |
| -4 | 0011 |
| -5 | 0010 |
| -6 | 0001 |
| -7 | 0000 |

16 bit range
-32,767 to 32,768

SIGN AND MAGNITUDE

| Decimal | Bit Pattern |
|---------|-------------|
| 7 | 0111 |
| 6 | 0110 |
| 5 | 0101 |
| 4 | 0100 |
| 3 | 0011 |
| 2 | 0010 |
| 1 | 0001 |
| 0 | 0000 |
| 0 | 1000 |
| -1 | 1001 |
| -2 | 1010 |
| -3 | 1011 |
| -4 | 1100 |
| -5 | 1101 |
| -6 | 1110 |
| -7 | 1111 |

16 bit range
-32,767 to 32,767

TWO'S COMPLEMENT

| Decimal | Bit Pattern |
|---------|-------------|
| 7 | 0111 |
| 6 | 0110 |
| 5 | 0101 |
| 4 | 0100 |
| 3 | 0011 |
| 2 | 0010 |
| 1 | 0001 |
| 0 | 0000 |
| -1 | 1111 |
| -2 | 1110 |
| -3 | 1101 |
| -4 | 1100 |
| -5 | 1011 |
| -6 | 1010 |
| -7 | 1001 |
| -8 | 1000 |

16 bit range
-32,768 to 32,767

Pojęcie zakresu dynamicznego

- LSB – Least Significant Bit – najmniej znaczący bit
- FS – Full Scale – pełny zakres
- Zakres dynamiczny poziomu sygnału jest to stosunek maksymalnej wartości (FS) do najmniejszej wartości reprezentowanej w układzie (LSB), wyraża się go najczęściej w skali logarytmicznej w dB:

$$ZD=20*\log_{10}(2^N)$$

- W praktyce stosowane są także inne zapisy:
 - ppm – parts per million – milionowa część zakresu
 - % – wartość względna wyrażona w procentach

Zakresy dynamiczne reprezentacji liczbowych

| Ilość bitów N | 2^N | Rozdzielczość $100/2^N$ % | Zakres dynamiczny dB |
|------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 8 | 256 | 0.39 | 48.16 |
| 16 | 65 536 | 0.0015 | 96.33 |
| 32 | 4 294 967 296 | 0,000 000 023 | 192.66 |
| 64 | 18 446 744 073 709 551 616 | 5.42e-18 | 385.32 |

Błąd kwantyzacji

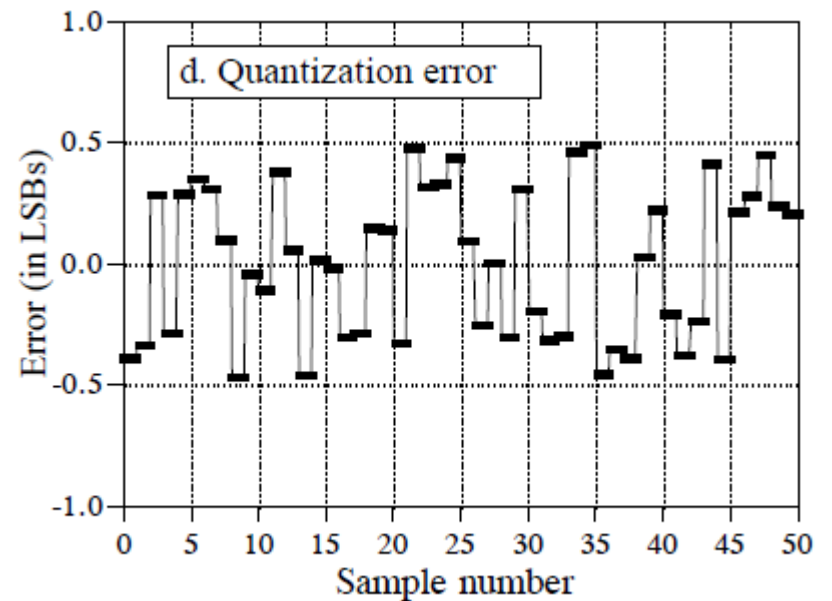
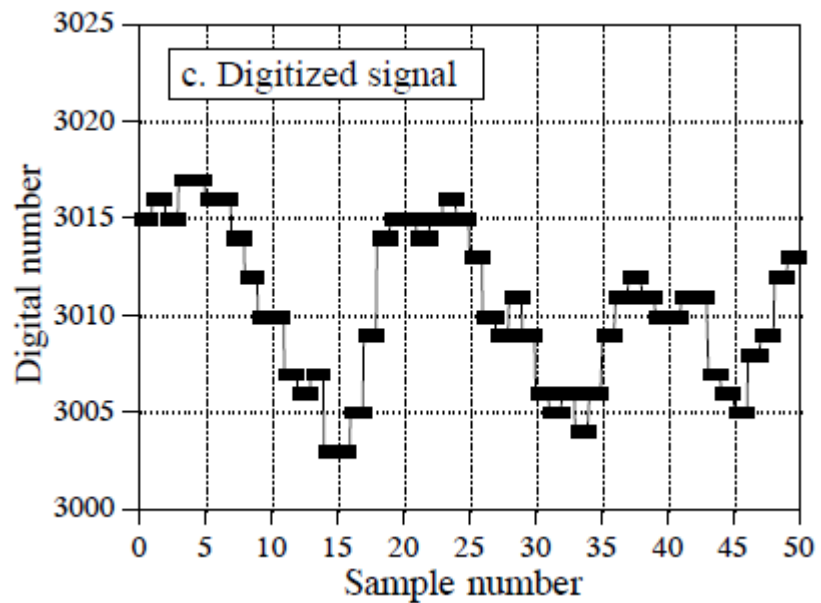
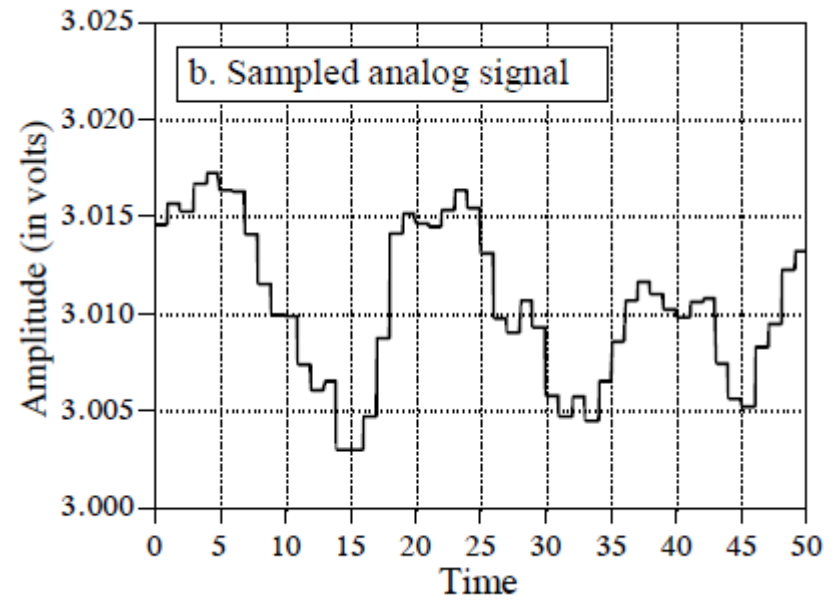
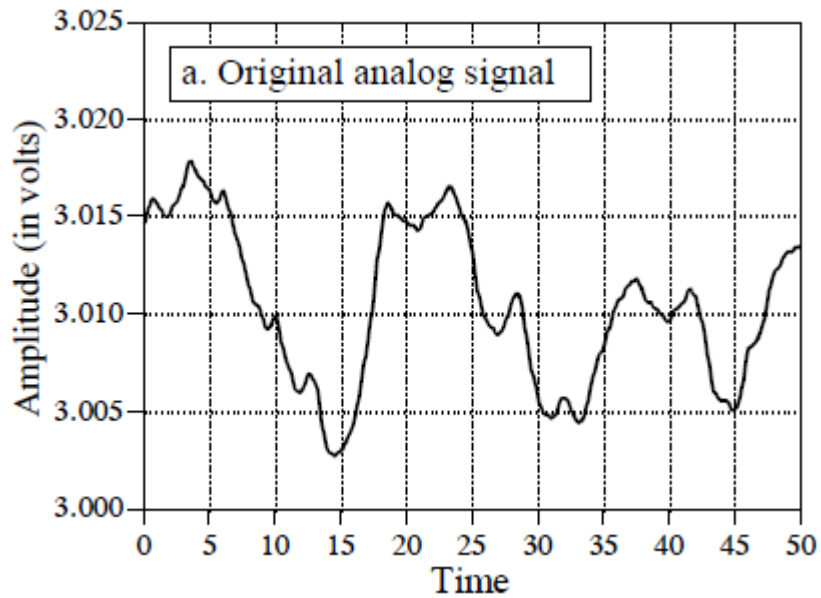


Tabela błędów kwantyzacji

QUANTIZATION: THE SIZE OF A LEAST SIGNIFICANT BIT (LSB)

| RESOLUTION N | 2^N | VOLTAGE (10V FS) | ppm FS | % FS | dB FS |
|-----------------|------------|---------------------------|---------|----------|-------|
| 2-bit | 4 | 2.5 V | 250,000 | 25 | -12 |
| 4-bit | 16 | 625 mV | 62,500 | 6.25 | -24 |
| 6-bit | 64 | 156 mV | 15,625 | 1.56 | -36 |
| 8-bit | 256 | 39.1 mV | 3,906 | 0.39 | -48 |
| 10-bit | 1,024 | 9.77 mV (10 mV) | 977 | 0.098 | -60 |
| 12-bit | 4,096 | 2.44 mV | 244 | 0.024 | -72 |
| 14-bit | 16,384 | 610 μ V | 61 | 0.0061 | -84 |
| 16-bit | 65,536 | 153 μ V | 15 | 0.0015 | -96 |
| 18-bit | 262,144 | 38 μ V | 4 | 0.0004 | -108 |
| 20-bit | 1,048,576 | 9.54 μ V (10 μ V) | 1 | 0.0001 | -120 |
| 22-bit | 4,194,304 | 2.38 μ V | 0.24 | 0.000024 | -132 |
| 24-bit | 16,777,216 | 596 nV* | 0.06 | 0.000006 | -144 |

*600nV is the Johnson Noise in a 10kHz BW of a 2.2k Ω Resistor @ 25°C

Remember: 10-bits and 10V FS yields an LSB of 10mV, 1000ppm, or 0.1%.
All other values may be calculated by powers of 2.

Błędy przetworników A/C

- Błąd wzmocnienia i przesunięcia stanowi różnicę pomiędzy kodem na wyjściu rzeczywistego i idealnego przetwornika po przyłożeniu do różnicowego wejścia napięcia wynoszącego 0V. Błąd wzmocnienia odpowiada różnicy nachylenia pomiędzy prostą reprezentującą rzeczywistą krzywą przetwarzania i prostą reprezentującą idealną charakterystykę przetwarzania.
- Błąd wzmocnienia i przesunięcia są zazwyczaj dominującymi źródłami błędów przetworników A/C.
- Nieliniowość całkowita (INL) reprezentuje różnicę pomiędzy kodem na wyjściu badanego przetwornika i kodem, jaki pojawiłby się na wyjściu idealnego przetwornika przy skorygowanych błędach przesunięcia i wzmocnienia. Typowo INL mierzy się w miejscu maksymalnego odchylenia charakterystyki idealnej od rzeczywistej.

Błędy przetworników A/C

- Nieliniowość różnicowa (DNL) odnosi się do różnicy długości kodu rzeczywistego do długości kodu idealnego, wynoszącej 1LSB. Może przyjmować ona wartości dodatnie i ujemne. W skrajnym przypadku może powodować całkowity brak niektórych kodów na wyjściu przetwornika i utratę monotoniczności przetwarzania.
- Błąd względny (total error) największa różnica pomiędzy wartością analogową, a wartością po przetworzeniu na postać cyfrową. Obejmuje wszystkie błędy przetwornika.
- Szum to przypadkowa, zmienna w czasie wariancja kodu wyjściowego niezależna od błędów wzmocnienia, przesunięcia i nieliniowości. Występuje zawsze, nawet po całkowitym wyeliminowaniu pozostałych źródeł błędów.
- Dryft to przesunięcie kodu wyjściowego w funkcji czasu i temperatury dla danego napięcia wejściowego.

Funkcja przejścia DAC i ADC

TRANSFER FUNCTION FOR IDEAL 3-BIT DAC

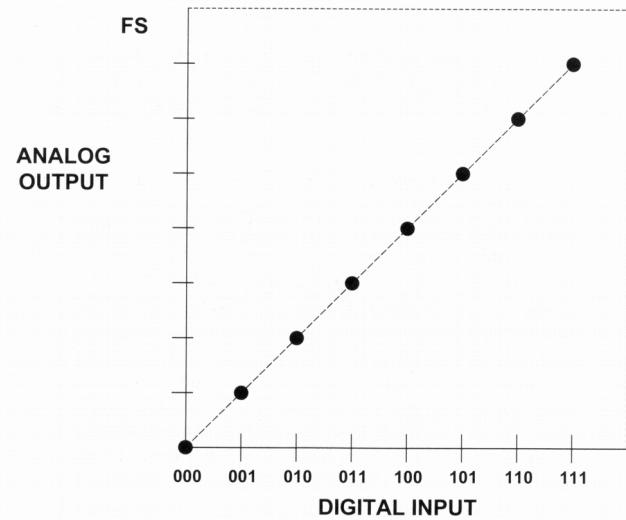
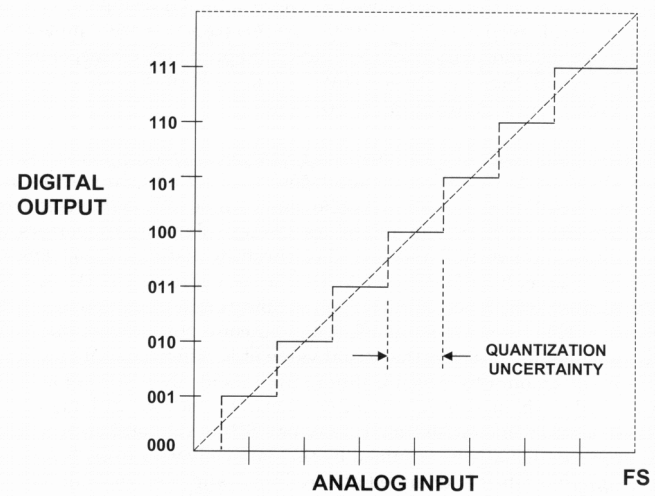


Figure 2.8

TRANSFER FUNCTION FOR IDEAL 3-BIT ADC



TRANSFER FUNCTION OF NON-IDEAL 3-BIT DAC

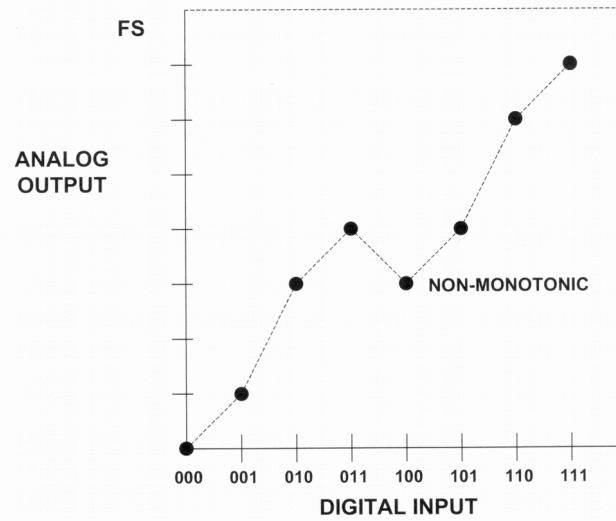
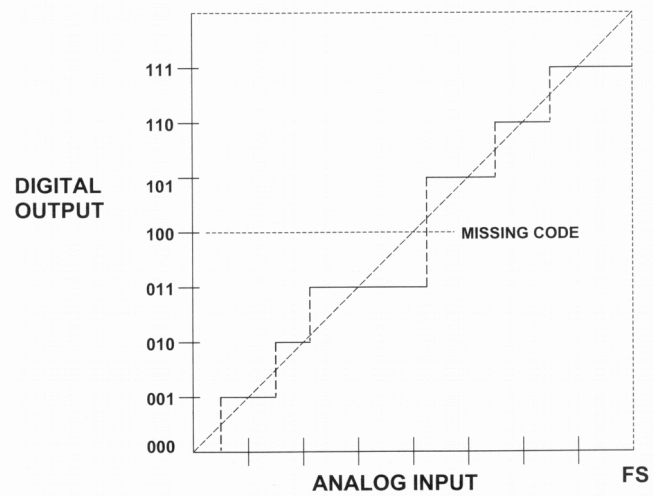
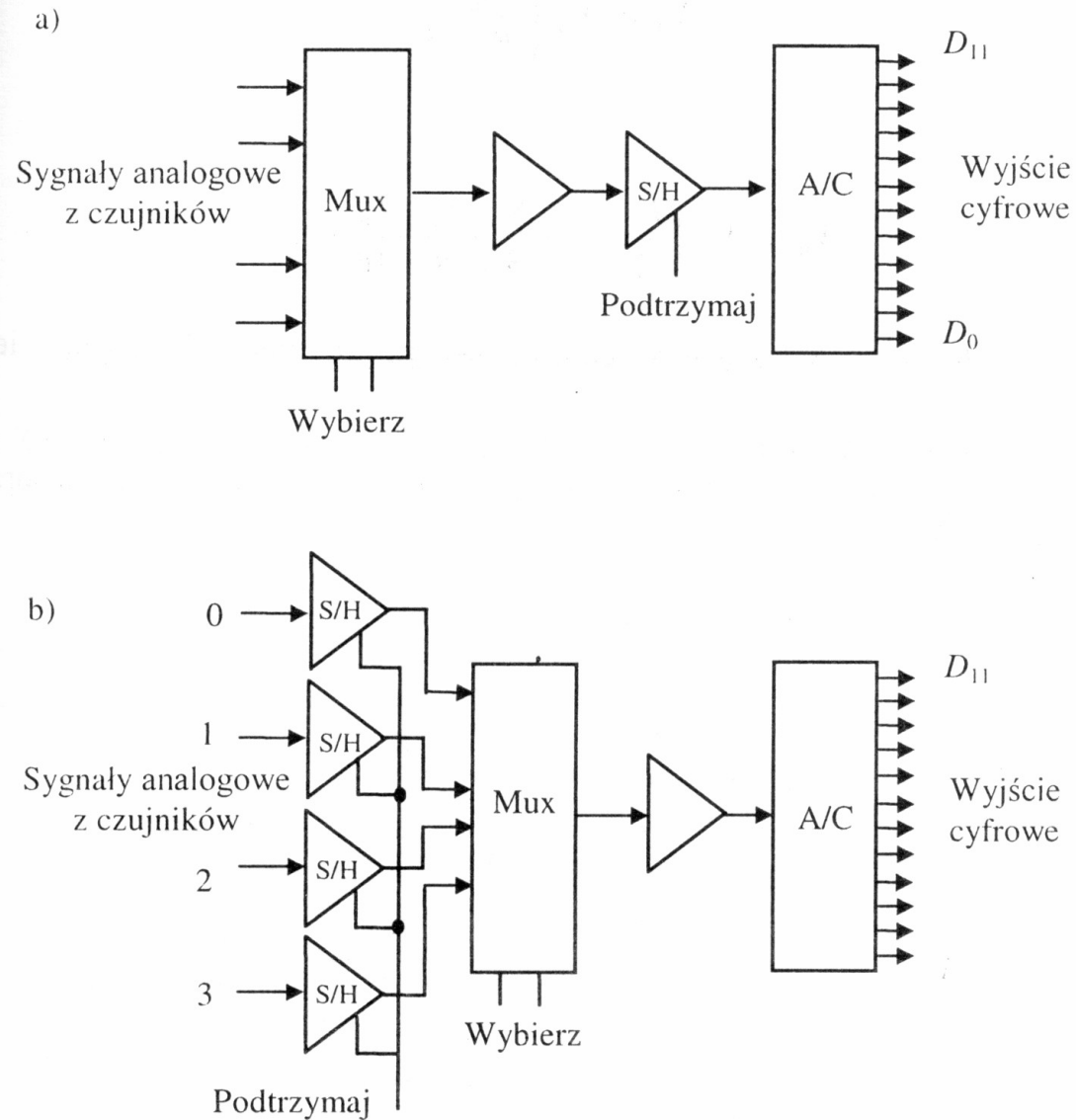


Figure 2.12

TRANSFER FUNCTION OF NON-IDEAL 3-BIT ADC

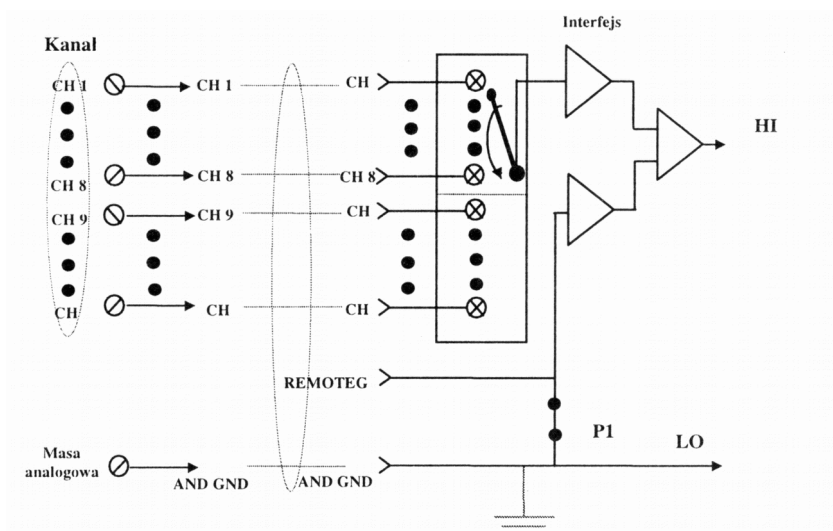


Rodzaje wejść

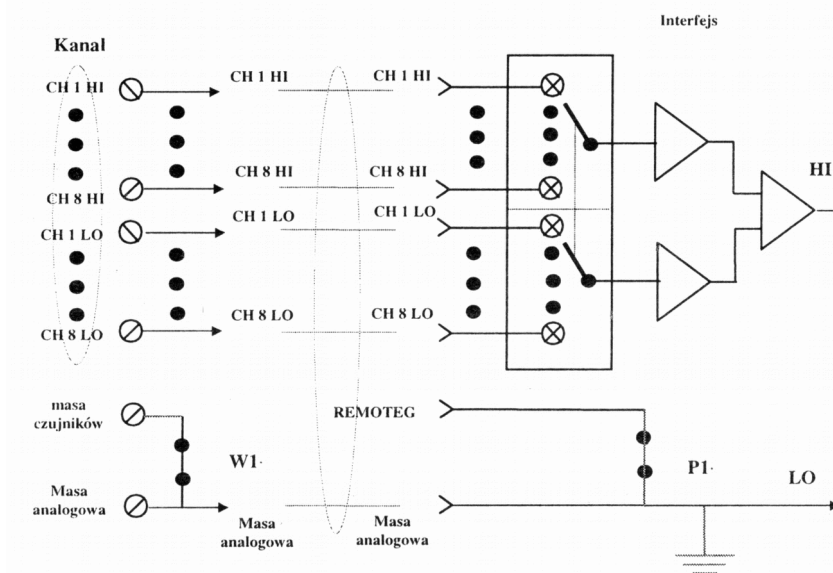


Rys. 6.37. Dwa rozwiązania toru pomiarowego: a) szeregową obsługą kanałów pomiarowych, b) równoległą obsługą kanałów pomiarowych

Wejścia niesymetryczne i symetryczne

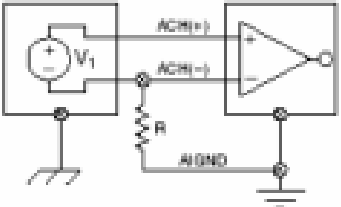
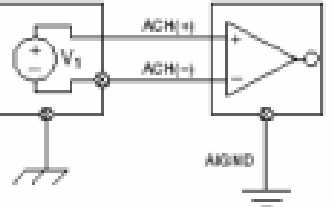
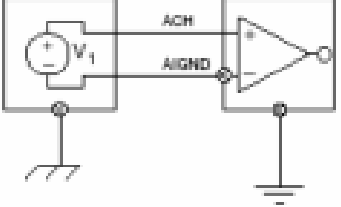
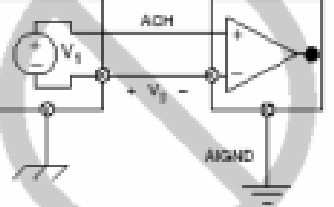
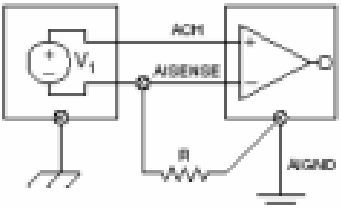
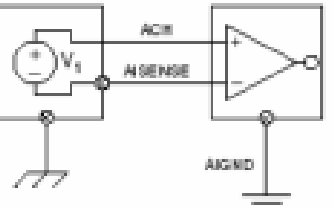


Rys. 6.43. Transmisja niesymetryczna 16 sygnałów analogowych



Rys. 6.44. Transmisja symetryczna 8 sygnałów analogowych

Wejścia niesymetryczne i symetryczne

| Input | Signal Source Type | |
|--|---|--|
| | Floating Signal Source (Not Connected to Building Ground) | Grounded Signal Source |
| | Examples <ul style="list-style-type: none"> • Ungrounded Thermocouples • Signal Conditioning with Isolated Outputs • Battery Devices | Examples <ul style="list-style-type: none"> • Plug-in Instruments with Nonisolated Outputs |
| Differential (DIFF) |  <p>See text for information on bias resistors.</p> |  |
| Single-Ended — Ground Referenced (RSE) |  | <p>NOT RECOMMENDED</p>  <p>Ground-loop losses, V_{gl}, are added to measured signal.</p> |
| Single-Ended — Nonreferenced (NRSE) |  <p>See text for information on bias resistors.</p> |  |

Karty National Instruments

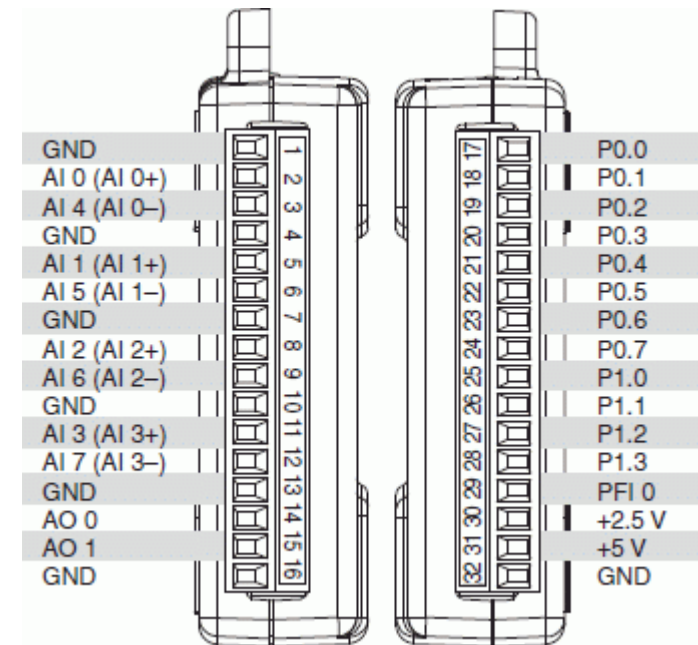
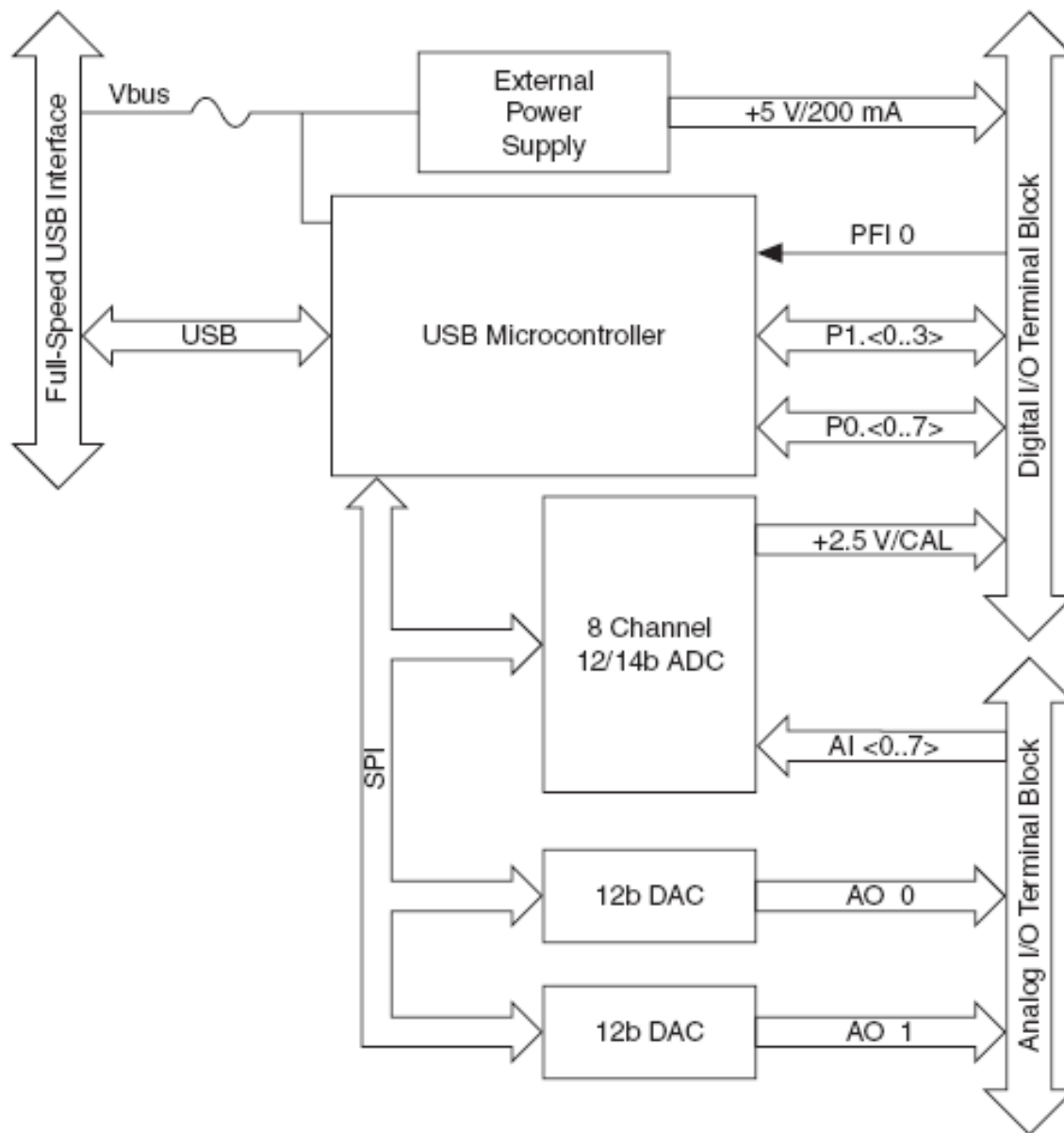


NI USB-6008

- Karta NI USB-6008 posiada:
 - *osiem wejść analogowych (AI),*
 - *dwa wyjścia analogowe (AO),*
 - *12 cyfrowych wejść-wyjść (DIO),*
 - *32-bitowy licznik.*
- Podstawowe parametry karty NI USB-6008:
 - *rozdzielczość wejść (AI) - 12 bitów (differential), 11 bitów (single-ended),*
 - *maksymalna częstotliwość próbkowania wejść (AI) - Single Channel 10 kS/s, Multiple Channels (Aggregate) 10 kS/s,*
 - *konfiguracja wejść-wyjść (DIO) - Open collector.*
- Karty pomiarowe firmy National Instruments dostarczane są wraz sterownikami **NI-DAQmx** dla środowiska Windows.

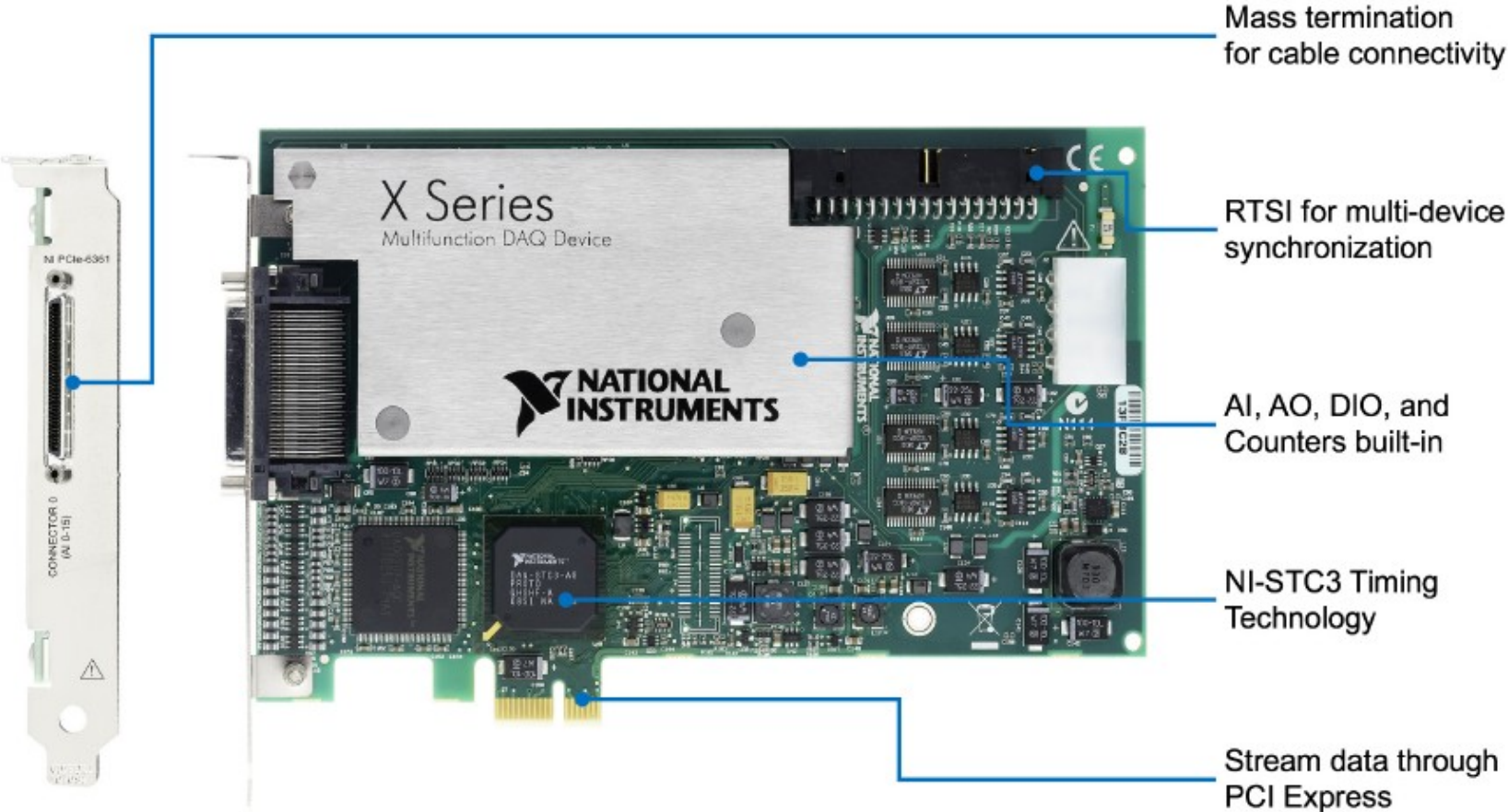


NI USB-6008 – schemat blokowy

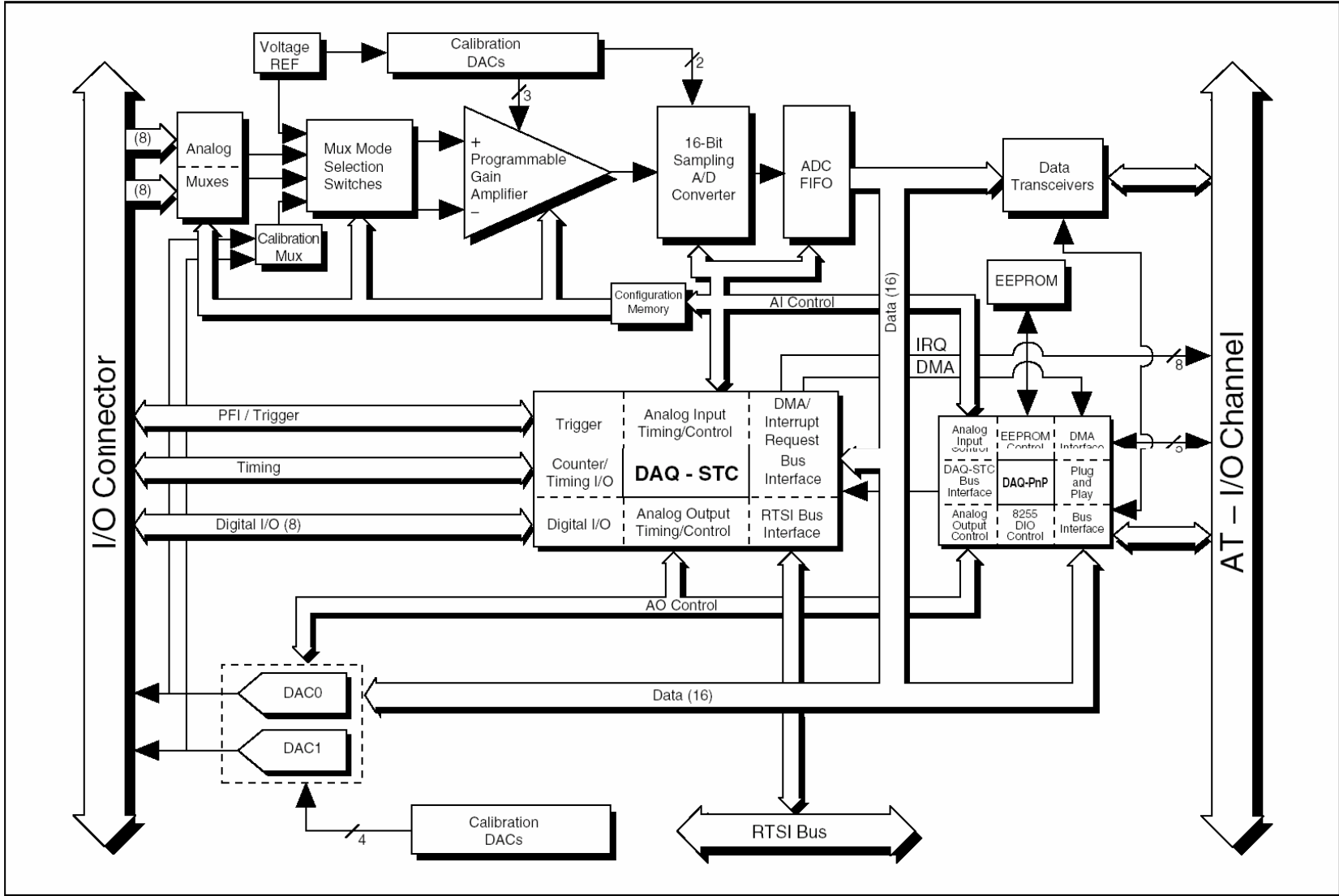


Karty National Instruments

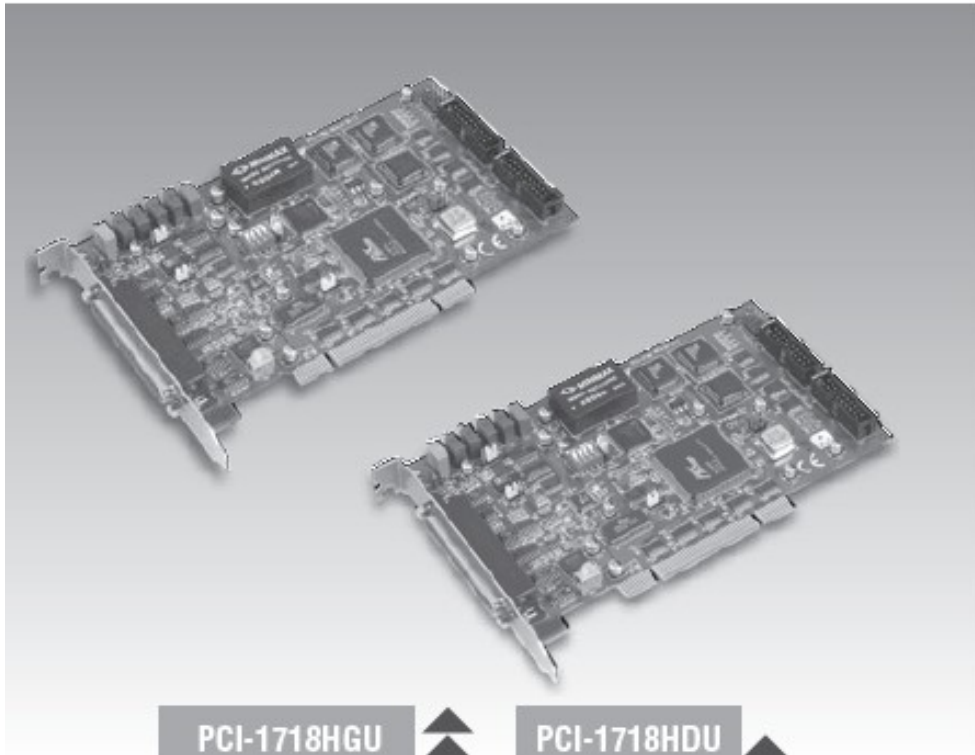
PCI Express Multifunction I/O Device



Budowa karty NI



Advantech PCI-1718



Features

- ISA-Compatible with PCL-818HD/818HG
- 16 single-ended or 8 differential analog inputs
- 12-bit A/D converter, with up to 100 kHz sampling rate
- Programmable gain
- Automatic channel/gain scanning
- Onboard FIFO memory (1024 samples)
- One 12-bit analog output channel
- 16 digital inputs and 16 digital outputs
- Universal PCI bus (support 3.3 V or 5 V PCI bus signal)
- BoardID™ switch

Advantech PCI-1718

Analog Input

- **Channels** 16 single-ended/8 differential (SW programmable)
- **Resolution** 12 bits
- **Max. Sampling Rate** 100 kS/s
- **FIFO Size** 1024 samples
- **Overvoltage Protection** 30 V_{p-p}
- **Input Impedance** 100 MΩ
- **Sampling Modes** Software, onboard or external programmable pacer
- **Input Range**

| | | | | | | | | | |
|-------------|--|-----|--------|-------|---------|----------|---------|-------|--------|
| PCI-1718HDU | Unipolar | N/A | 0 ~ 10 | 0 ~ 5 | 0 ~ 2.5 | 0 ~ 1.25 | | | |
| | Bipolar | ±10 | ±5 | ±2.5 | ±1.25 | ±0.625 | | | |
| | Accuracy (% of FSR ±1LSB) | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | | | |
| PCI-1718HGU | Unipolar | N/A | 0 ~ 10 | N/A | 0 ~ 1 | N/A | 0 ~ 0.1 | | |
| | Bipolar | ±10 | ±5 | ±1 | ±0.5 | ±0.1 | ±0.05 | ±0.01 | ±0.005 |
| | Accuracy (% of FSR ±1LSB) | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 0.8 |

Advantech PCI-1718

Analog Output

- **Channels** 1
- **Resolution** 12 bits
- **Output Rate** Static Update
- **Output Range** (V, software programmable)

| | | |
|---------------------------|------------------|------------------------------|
| Internal Reference | Unipolar | 0 ~ 5, 0 ~ 10 |
| External Reference | PCI-1718H | 0 ~ x V @ x V (-10 ≤ x ≤ 10) |

- **Slew Rate** 10 V/μs
- **Driving Capability** ±10 mA
- **Output Impedance** 0.1 Ω max.
- **Operation Mode** Software polling
- **Accuracy** INLE: ±1/2 LSB

Advantech PCI-1718

Digital Input

- **Channels** 16
- **Compatibility** 5 V/TTL
- **Input Voltage** Logic 0: 0.8 V max., Logic 1: 2 V min.

Digital Output

- **Channels** 16
- **Compatibility** 5 V/TTL
- **Output Voltage** Logic 0: 0.8 V max.
Logic 1: 2.0 V min.
- **Output Capability** Sink: 8.0 mA @ 0.8 V
Source: -0.4 mA @ 2.0 V

Counter/Timer

- **Channels** 1
- **Resolution** 16 bits
- **Compatibility** 5 V/TTL
- **Max. Input Frequency** 10 MHz
- **Reference Clock** Internal: 10 MHz
External Clock Frequency: 10 MHz

Advantech PCI-1718

General

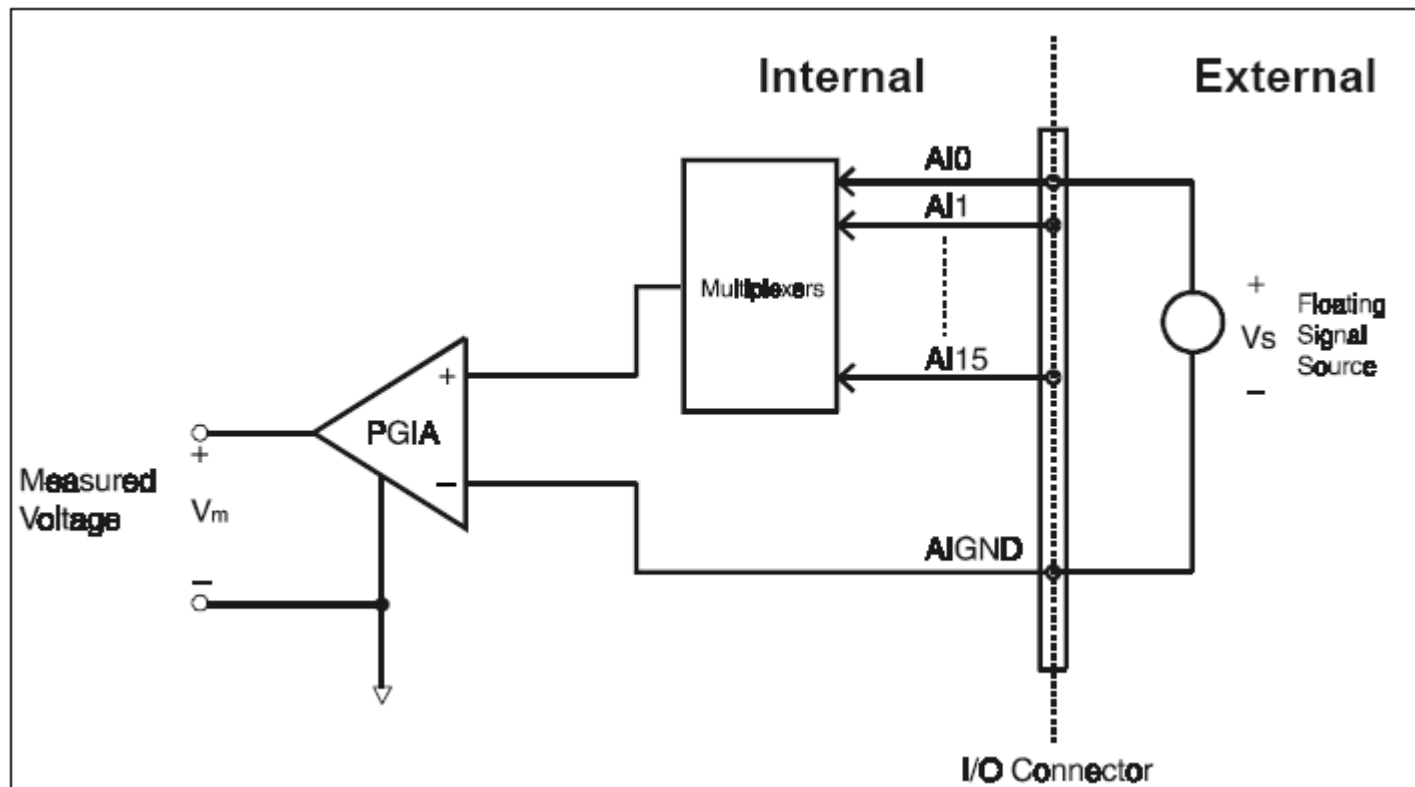
- **Bus Type** Universal PCI 2.2
- **I/O Connector** DB-37P female x 1
Box header 20P x 2
- **Dimensions** 175 x 100 mm (6.9" x 3.9")
- **Power Consumption** Typical: +5 V @ 850 mA
Max.: +5 V @ 1 A
- **Operating Temperature** 0 ~ 60 °C (32 ~ 158 °F)
- **Storing Temperature** -20 ~ 70 °C (-4 ~ 158 °F)
- **Operating Humidity** 5 ~ 85% RH non-condensing (refer to IEC 68-1, -2, -3)
- **Storing Humidity** 5 ~ 95% RH non-condensing (refer to IEC 68-1, -2, -3)
- **Certifications** CE

Advantech PCI-1718

| Signal Name | Reference | Direction | Description |
|------------------|-----------|-----------|---|
| A/D S <0..15> | A.GND | Input | Analog input (single-ended), channels 0 through 15. |
| A/D H <0..7> | A.GND | Input | Analog input high (differential), channels 0 through 7. |
| A/D L <0..7> | A.GND | Input | Analog input low (differential), channels 0 through 7. |
| D/A | A.GND | Output | Analog output |
| AGND | - | - | Analog Ground. The two ground references (A.GND and D.GND) are connected together on the PCI-1718HDU/HGU card. |
| D/O | D.GND | Output | Digital output, channels 0 through 15. |
| D/I | D.GND | Input | Digital input, channels 0 through 15. |
| CLK | D.GND | Input | Clock input for the 8254. |
| GATE | D.GND | Input | Gate input for the 8254. |
| OUT | D.GND | Output | Signal output for the 8254. |
| VREF | D.GND | Output | Voltage reference. |
| REFIN | D.GND | Input | External voltage reference input. |
| S1-S4 | D.GND | Output | Daughterboard channel select. |
| DGND | - | - | Digital Ground. The two ground references (A.GND and D.GND) are connected together on the PCI-1718HDU/HGU card. |
| +12V | D.GND | Output | +12 VDC Source (from PCI bus directly with FUSE protection). |
| +5V | D.GND | Output | +5 VDC Source (from PCI bus directly with FUSE protection). |

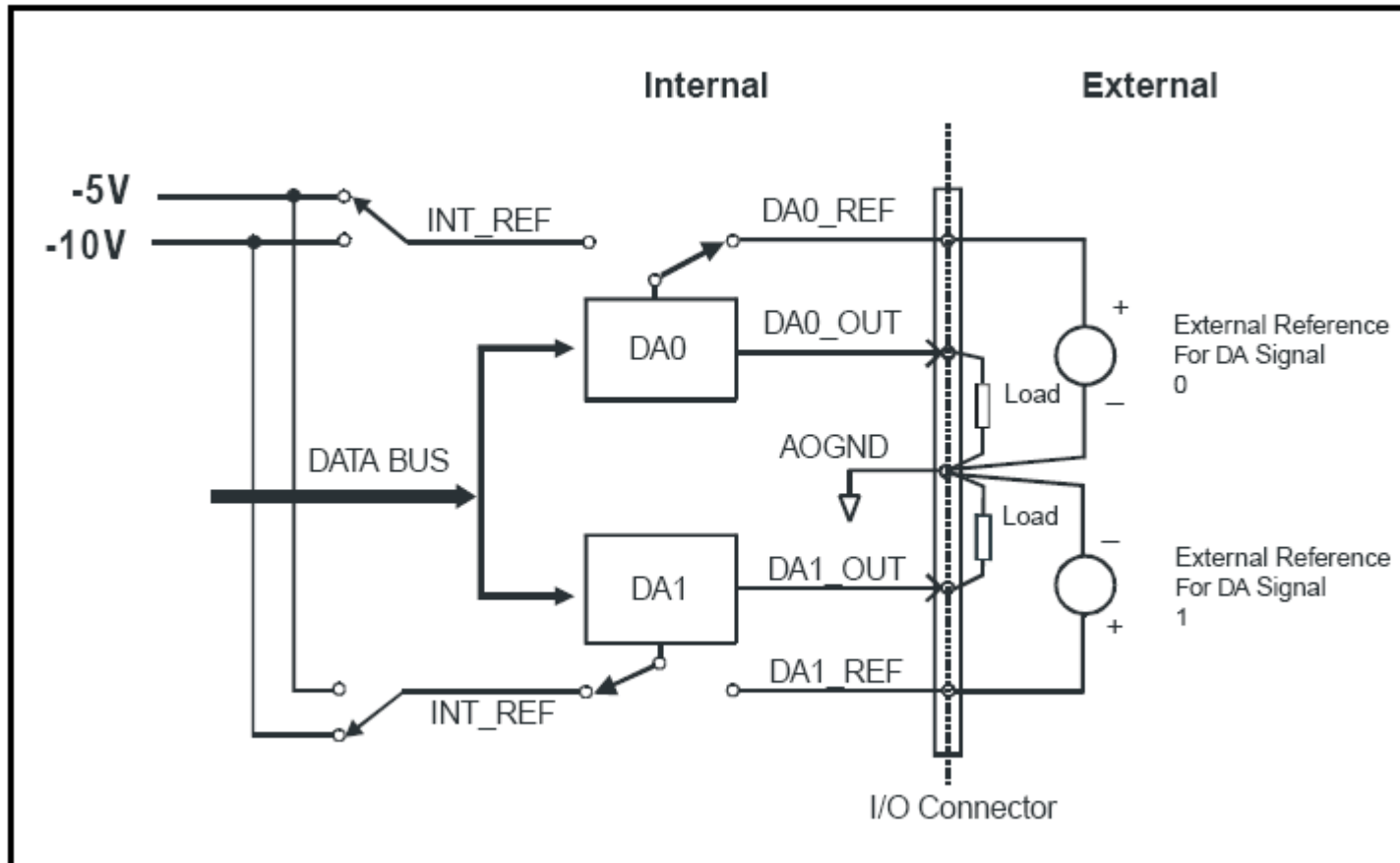
Advantech PCI-1718

- Single-ended input

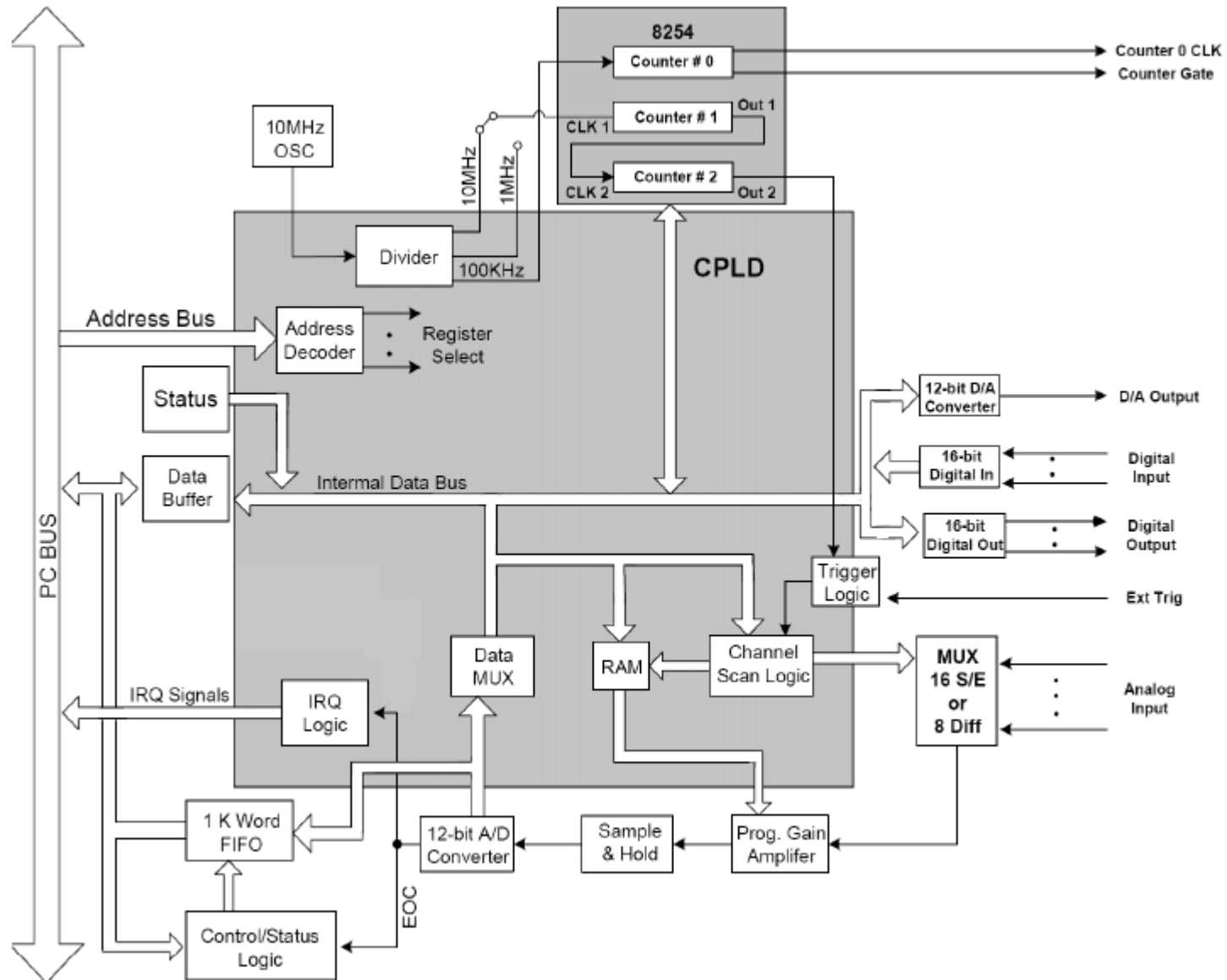


Advantech PCI-1718

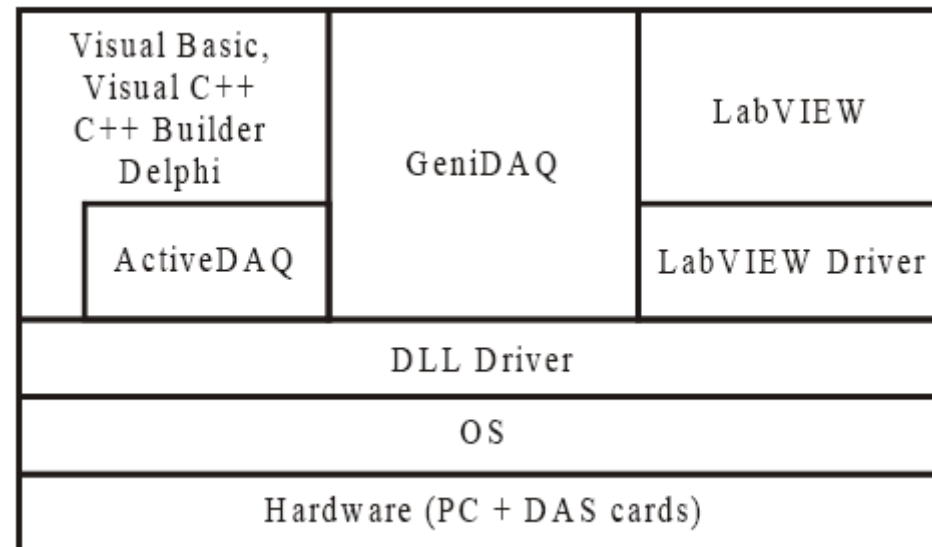
- Analog output



Advantech PCI-1718



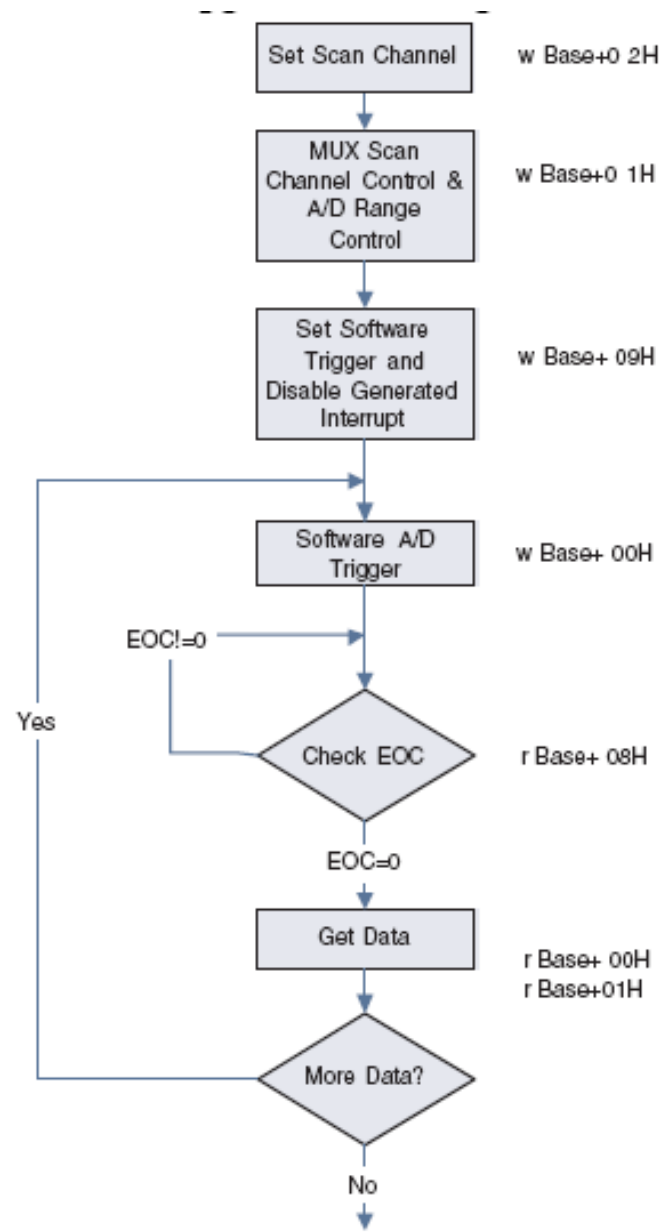
Advantech - struktura oprogramowania



Advantech - programowanie

- Metody programowania
 - DLL Driver
 - Advantech ActiveDAQ
 - Advantech GeniDAQ
 - Register-level Programming
 - LabVIEW Driver

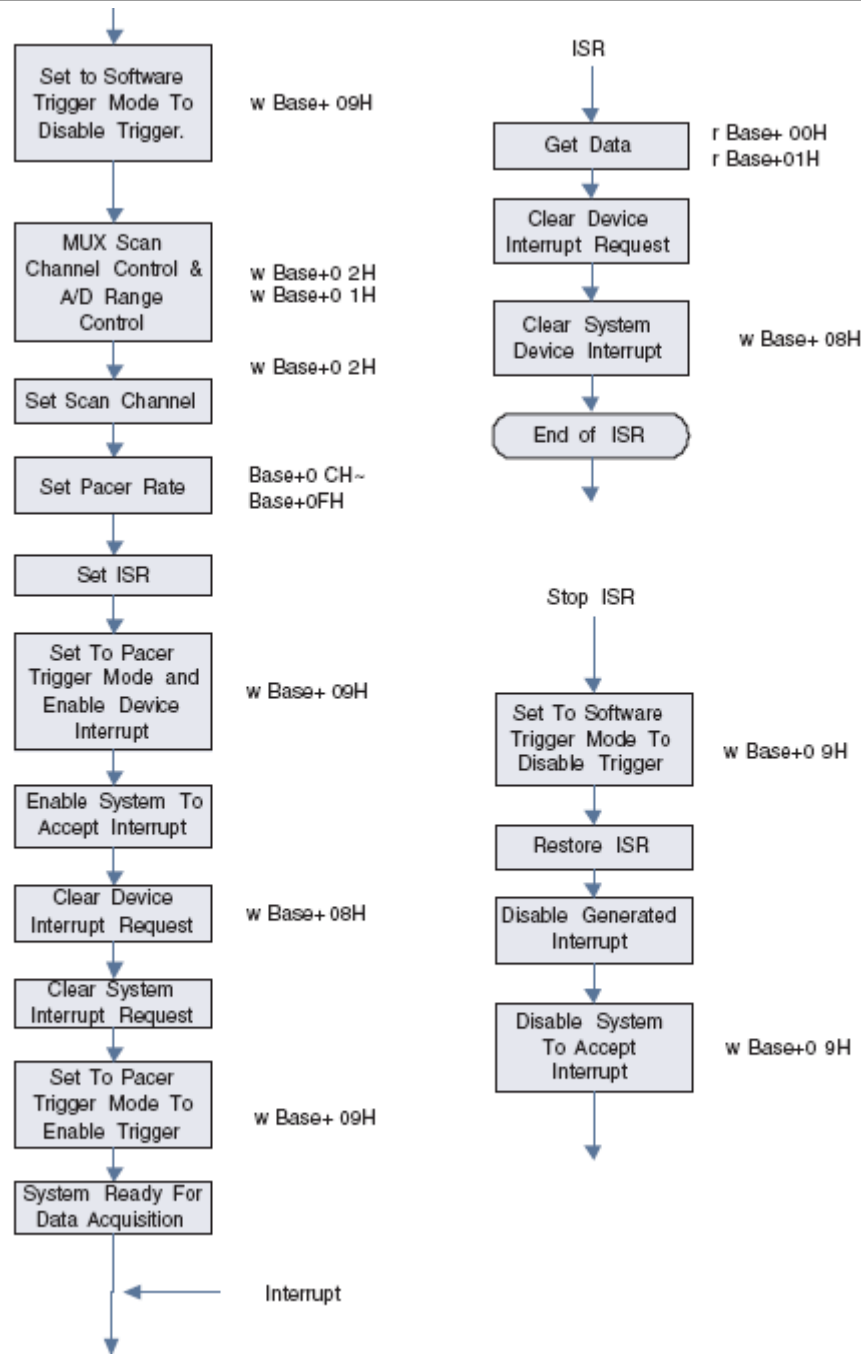
Programowa obsługa wejść analogowych



Programowa obsługa wejść analogowych

```
#include <stdio.h>
#include <DOS.h>
#define AD_NO 4096; // Number of Samples
int base_addr;
void main(void)
{
int ad_lb,ad_hb; //Declaration
int i;
int eoc;
/***** Access your base address *****/
//Add your code here
/*****/
outportb(base_addr+0x02,0x00); //Set Channel 0
outportb(base_addr+0x01,0x00); //Set A/D range
outportb(base_addr+0x02,0x11); //Set Channel 1
outportb(base_addr+0x01,0x01); //Set A/D range
outportb(base_addr+0x02,0x10); //Scan Channel 0-1
outportb(base_addr+0x09,0x00);
while(i<AD_NO){
    outportb(base_addr+0x00,0); //Software Trigger
    do {eoc=inportb(base_addr+0x08);
        eoc=eoc&0x01;} //Get EOC
    while(eoc!=0); //Check EOC
    ad_lb=inportb(base_addr+0x00); // A/D LowByte
    ad_hb=inportb(base_addr+0x01); // A/D HighByte
    i++;
}
}
```


Obsługa wejść analogowych z przerwaniami



Obsługa wejść analogowych z przerwaniami

```
#include <stdio.h>
#include <DOS.h>
void interrupt isr(void);
#define AD_NO 4096; //Number of Samples
int iflag;
int base_addr;
void main(void)
{
int ad_lb,ad_hb; //Declaration
int i=1;
/***** Access your base address *****/
Add you code here
/*****/
outportb(base_addr+9,0x00); //Set Software Trigger and Disable INT.
outportb(base_addr+2,0x00); //Mux Scan Channel Control
outportb(base_addr+1,0x00); //A/D Range Control
/*****/
outportb(base_addr+0x0f,0x7E); //Pacer=1M/clock1/clock2
outportb(base_addr+0x0d,0x0A); //clock1
outportb(base_addr+0x0d,0x00); //10=0x0A ; 100=0x64 ;
1000=0x3E8
outportb(base_addr+0x0f,0xBE);
outportb(base_addr+0x0e,0x0A); //clock2
outportb(base_addr+0x0e,0x00);
/*****/ Pacer=1M/10/10=10k *****/
```

Obsługa wejść analogowych z przerwaniami

```
/****** Set ISR *****/  
Add you code here  
/******  
/****** Set Interrupt *****/  
Add you code here  
/******  
outportb(base_addr+8,0); //Clear Interrupt  
outportb(base_addr+9,0xf3); //Set Pacer Trigger and Enable INT  
/****** Ready for Data Acquisition *****/  
while(i<AD_NO)  
{  
while(iflag==0) {;} //Wait for Interrupt  
ad_lb=inportb(base_addr+0); //Get A/D LowByte  
ad_hb=inprrtb(base_addr+1); //Get A/D HighByte  
i++  
}  
/****** END *****/  
}
```

Obsługa wejść analogowych z przerwaniami

```
void interrupt isr(void)
{
disable();
/***** Add code on here *****/
iflag = 1; //Interrupt Flag
outportb(base_addr+0x08,0); // Clear Interrupt
/*****/
outportb(0x20,0x20);
outportb(0xA0,0x20);
enable();
}
```

Advantech – API DLL

- Podział funkcji API z bibliotek DLL
 - Analog Input Function Group
 - Analog Output Function Group
 - Digital Input/Output Function Group
 - Counter Function Group
 - Temperature Measurement Function Group
 - Alarm Function Group
 - Port Function Group
 - Communication Function Group
 - Event Function Group