



Informacji na temat kart produkowanych dawniej przez Ambex udziela firma Egmont Instruments.

Pod adresem <http://www.ambex.com.pl> powstaje archiwum instrukcji i oprogramowania do kart komputerowych produkowanych dawniej przez Ambex, a obecnie jeszcze w części oferty przez Egmont Instruments. Archiwum to jest systematycznie uzupełniane. Jeśli poszukują Państwo informacji do starych lub aktualnych wyrobów, prosimy kierować się właśnie pod powyższy adres w Internecie. Jeśli nie znajdą tam Państwo potrzebnej informacji, prosimy o bezpośredni kontakt z nami.

Strony <http://www.ambex.com.pl> są prowadzone bezpośrednio przez firmę Egmont Instruments.



**EGMONT INSTRUMENTS**

---



**INSTRUKCJA OBSŁUGI**  
**MODUŁU KONTROLNO-POMIAROWEGO**

**LC-012-1612**

Wersja: sierpień 2002

---

**EGMONT INSTRUMENTS**  
**02-304 Warszawa, Aleje Jerozolimskie 141/90**  
**<http://www.egmont.com.pl>**

**tel. (0-22) 823-30-17, 668-69-75**  
**fax (0-22) 659-26-11**  
**e-mail [egmont@egmont.com.pl](mailto:egmont@egmont.com.pl)**

---

*Oddajemy Państwu do eksploatacji uniwersalny moduł pomiarowy typu LC-012-1612 wraz z niniejszą dokumentacją. Moduł ten jest rozwinięciem koncepcji modułu starszego typu LC-011-1612, wycofanego już z produkcji. Zachowana została niemal pełna zgodność modułów, pozwalająca na bezpośrednio zastąpienie karty LC-011-1612 kartą LC-012-1612 w aplikacjach opracowanych dla LC-011-1612.*

*Dokumentacja jest podzielona na działy tematyczne - pierwszy zawiera informacje techniczne i eksploatacyjne, następne związane są z przygotowaniem oprogramowania użytkowego.*

*Dokumentacja techniczna jest tak sformułowana, że wszyscy użytkownicy powinni zapoznać się z jej pierwszą częścią, obejmującą informacje podstawowe i dane eksploatacyjne modułu oraz z informacjami dodatkowymi umieszczonymi na jej końcu. Pozostałe rozdziały przeznaczone są dla osób pragnących lepiej poznać budowę, działanie oraz możliwości karty lub planujących samodzielnie napisać oprogramowanie podstawowe.*

---

## SPIS TREŚCI

### DOKUMENTACJA PODSTAWOWA:

1.	OPIS TECHNICZNY	5
1.1.	Wstęp	5
1.2.	Dopuszczalne parametry techniczne	6
1.3.	Charakterystyczne parametry techniczne	6
1.4.	Schemat blokowy	10
2.	INSTALACJA MODUŁU W KOMPUTERZE	11
2.1.	Kolejność czynności związanych z instalacją modułu	11
2.2.	Trudności mogące wystąpić przy instalacji modułu	11
2.3.	Uwagi dotyczące instalacji	12
3.	POMIARY I STEROWANIE	13
3.1.	Komputerowy system pomiarowo-kontrolny	13
3.2.	Metodologia wykonywania pomiarów i sterowania	16
3.3.	Przykłady wykonania okablowania	18
3.4.	Uwagi dotyczące wykonania połączeń pomiarowych	19
3.5.	Uwagi dotyczące eksploatacji modułów pomiarowych	20
3.6.	Opis gniazd modułu	21
3.7.	Znaczenie linii na gniazdach	22
4.	OPROGRAMOWANIE PODSTAWOWE - INFORMACJA OGÓLNA	24
4.1.	Program sterujący driver	24
4.2.	Program testujący	24
4.3.	Program instalacyjny	24
4.4.	Programowanie w językach wyższego poziomu	25
5.	SŁOWNIK POJĘĆ	26

### DOKUMENTACJA SZCZEGÓŁOWA:

6.	PRACA JEDNOCZESNA WIELU MODUŁÓW	28
7.	OPIS KONFIGURACJI WEWNĘTRZNEJ PAKIETU	29
7.1.	Rejestry wewnętrzne modułu	29
7.2.	Widok modułu i ustawienie standardowe	31
7.3.	Zworki i mikroprzełączniki	31
7.4.	Funkcje kanałów w układach CTC	34
7.5.	Źródła przerw	35
8.	CYKL PRACY TORU POMIAROWEGO MODUŁU	37
8.1.	Opis sygnałów	37
8.2.	Przebiegi czasowe	37

---

9.	PROGRAMOWANIE TORU POMIAROWEGO MODUŁU	39
9.1.	Wstęp do programowania	39
9.2.	Programowanie kontrolera DMA	39
9.3.	Inicjalizacja modułu	40
9.4.	Pomiar z odczytem programowym	41
9.5.	Pomiar w trybie automatycznym DMA	42
9.6.	Pomiar w trybie automatycznym DMA - długie transmisje	44
10.	PROGRAMOWANIE TORU STEROWANIA ANALOGOWEGO	47
10.1.	Inicjalizacja toru sterowania analogowego modułu	47
10.2.	Analogowe sterowanie programowe	48
10.3.	Sterowanie analogowe w trybie automatycznym DMA - jeden cykl	49
10.4.	Sterowanie analogowe w trybie automatycznym DMA - praca cykliczna	50
11.	STROJENIE UKŁADÓW ANALOGOWYCH WEJŚCIOWYCH	52
11.1.	Numeracja potencjometrów	52
11.2.	Znaczenie potencjometrów	52
11.3.	Ustawienie bazowych zakresów a/c	52
11.4.	Instrukcja strojenia a/c	53
12.	STROJENIE UKŁADÓW ANALOGOWYCH WYJŚCIOWYCH	55
12.1.	Numeracja potencjometrów	55
12.2.	Znaczenie potencjometrów	55
12.3.	Ustawienie zakresów c/a	56
12.4.	Instrukcja strojenia c/a	56

## **INFORMACJE DODATKOWE:**

13.	NAPRAWY I KONSERWACJA	58
14.	MAGAZYNOWANIE I TRANSPORT	58

---

# DOKUMENTACJA PODSTAWOWA

## 1. OPIS TECHNICZNY.

### 1.1. Wstęp.

Moduł LC-012-1612 jest nowoczesnym uniwersalnym urządzeniem pomiarowym przystosowanym do pracy w komputerach PC 286/386/486/Pentium. Moduł umożliwia wykonywanie pomiarów wielkości elektrycznych lub reprezentowanych przez nie wielkości fizycznych za pomocą toru przetwornika analogowo-cyfrowego. Automat sterujący modułu LC-012-1612 umożliwia pełne wykorzystanie możliwości toru pomiarowego oraz komputera, w którym moduł jest zainstalowany. Dostarczone oprogramowanie umożliwia testowanie i strojenie modułu oraz komunikację z programami użytkowymi napisanymi w dowolnie wybranym języku wyższego poziomu lub w języku assemblera.

Tor pomiarowy modułu LC-012-1612 ma uniwersalną konfigurację. Składa się z nowoczesnego przetwornika analogowo-cyfrowego (możliwe jest zainstalowanie kilku typów przetworników), układu próbkująco-pamiętającego oraz multipleksera analogowego pracującego niesymetrycznie ze wspólną masą. Zakresy napięć wejściowych ustawia się dwuetapowo. Najpierw wstępnie za pomocą mikroprzełącznika przy przetworniku analogowo-cyfrowym ustawia się zakres właściwy dla przetwornika, potem za pomocą mikroprzełącznika niezależnie ustawiane jest wzmocnienie układu próbkującego ( $k = 1$  albo  $2$ ).

Automat sterujący toru analogowo-cyfrowego zbudowany z nowoczesnych struktur programowalnych umożliwia wykonywanie pomiarów w dowolnie zaprogramowanej liczbie kanałów oraz z zaprogramowaną częstotliwością. Konstrukcja układu sterującego umożliwia równoczesną pracę wielu modułów dzięki liniom wejść i wyjść TTL do synchronizacji, zapewniając jednoczesność pomiarów i możliwie szybki odbiór danych przez komputer. Wymaga to jednak stworzenia specjalizowanego oprogramowania. Możliwe jest wyzwalanie pomiarów przez zdarzenia zewnętrzne dzięki odpowiednim wejściom TTL. Tor przetwornika analogowo-cyfrowego przesyła dane poprzez jeden kanał DMA. Pojedynczy cykl pomiarowy pozwala na zmierzenie do kilku milionów próbek (w zależności od wielkości wolnej pamięci operacyjnej wykorzystywanego komputera).

Tor sterowania analogowego modułu LC-012-1612 składa się z dwóch przetworników cyfrowo-analogowych z buforami oraz układu sterowania wykonanego na strukturach programowalnych. Pracuje on programowo albo automatycznie na jednym kanale DMA. Możliwa jest praca w jednym albo w dwóch kanałach wyjść analogowych jednocześnie na zaprogramowanej częstotliwości

sterowania. Zakresy napięć wyjściowych ustawia się za pomocą mikroprzełączników indywidualnie dla każdego kanału. Ze względu na dużą możliwą szybkość sterowania oraz możliwość pracy z buforem cyklicznym możliwe jest użycie torów wyjść analogowych jako generatorów przebiegów okresowych o zaprogramowanym kształcie i okresie.

Moduł LC-012-1612 cechuje w pełni dwunastobitowa dokładność oraz duża szybkość działania odpowiednia do klasy zastosowań. Jest on przydatnym narzędziem do pracy w laboratoriach i placówkach naukowych zajmujących się pomiarami i sterowaniem. Klasy zastosowań tego typu sprzętu to pomiary wielkości mechanicznych, niektórych elektrycznych, elektrochemicznych, energetycznych oraz cała gama pomiarów fizjologicznych. Ze względu na możliwość sterowania analogowego oraz pomiarów i sterowania cyfrowego jeden moduł może obsługiwać całe stanowiska eksperymentalne albo wykonywać skomplikowane nadzorowanie procesów technologicznych i urządzeń.

Moduł LC-012-1612 współpracuje również ze wzmacniaczami pomiarowymi serii AMP. W konfiguracji z systemem wzmacniaczy specjalistycznych może być wykorzystany w instalacjach przemysłowych i laboratoryjnych.

## 1.2. Dopuszczalne parametry techniczne.

- maksymalne napięcie na wejściach analogowych	+/- 35 V
- dopuszczalny zakres napięć na wejściach TTL	0 - 5.5 V
- zakres temperatur pracy otoczenia	278 ... 313 K
- magistrala komputerowa	8 bitów

## 1.3. Charakterystyczne parametry techniczne.

### Wejścia analogowe:

- przetwornik analogowo-cyfrowy (Tconv - nominalny):		
wersja I	Tconv = 6 $\mu$ s	Analog Devices AD578JN
wersja II	Tconv = 8 $\mu$ s	Burr-Brown ADC774KP
	lub (wersja aktualna)	Analog Devices AD774BKN
wersja III	Tconv = 20 $\mu$ s	Burr-Brown ADC574AKP
- układ próbkująco-pamiętający	Tsampl = 3 $\mu$ s	Analog Devices AD585AQ
	praca ze wzmocnieniem k = 1 albo k = 2	
- multiplexer analogowy		Burr-Brown MPC506AP
- typ wejść		niesymetryczne
- liczba wejść		16
- oporność wejściowa		10 M $\Omega$
- rozdzielczość		12 bitów

- |   |   |
|---|---|
| - nieliniowość całkowita przetwornika (przy wzmacnieniu 1)  | 0.012 % (FS)                              |
| - poziom zakłóceń cyfrowych (przy wzmacnieniu 1)  | 0.012 % (FS)                              |
| - gwarantowana monotoniczność   |   |
| - gwarantowane niegubienie kodów  |   |
| - kod pracy   | zakresy unipolarne naturalny binarny      |
|   | zakresy bipolarne binarny z przesunięciem |
| - zakresy napięć wejściowych (przy wzmacnieniu 1):  | +/- 10 V                                  |
|   | +/- 5 V                                   |
|   | 0 - 10 V                                  |
| - zakresy napięć wejściowych (przy wzmacnieniu 2):  | +/- 5 V                                   |
|   | +/- 2.5 V                                 |
|   | 0 - 5 V                                   |
| - wewnętrzne napięcie referencyjne do kalibracji przetwornika   |   |
| - minimalna częstotliwość próbkowania   | 1 pomiar na ok. 9 minut                   |
| - maksymalna częstotliwość próbkowania / minimalny czas pomiędzy próbkami<br>(przy pomiarze jednokanałowym i pracy automatycznej kanałem DMA w<br>386DX/33MHz, parametr zależny również od płyty głównej komputera) |   |
| wersja I  | 100 kHz / 10 µs                           |
| wersja II   | 83 kHz / 12 µs                            |
| wersja III  | 45 kHz / 22 µs                            |
| przy pomiarze wielokanałowym czasy zwiększają się według zależności:  |   |
| $T_n = N * (T_{conv} [\mu s] + T_{sampl} [\mu s])$  |   |
| N - liczba próbek (kanałów) w sekwencji   |   |
| - wykorzystanie kanałów DMA   | kanał 8-bitowy 1 lub 3                    |
| - ustawienie standardowe  | kanał 1                                   |

#### Warianty pracy toru a/c:

- |                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| - praca bez użycia kanałów DMA |                |
| - praca w jednym kanale DMA    | kanał 1 albo 3 |

#### Wyjścia analogowe:

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| - przetwornik cyfrowo-analogowy:      | Burr-Brown DAC667JP                          |
|                                       | lub (wersja aktualna) Analog Devices AD667JN |
| - bufor analogowy                     | LF356  |
| - typ wyjść                           | niesymetryczne                               |
| - liczba wyjść                        | 2  |
| - oporność wyjściowa                  | 0.1 Ω  |
| - rozdzielczość                       | 12 bitów                                     |
| - nieliniowość całkowita przetwornika | 0.012 % (FS)                                 |
| - poziom zakłóceń cyfrowych           | 0.012 % (FS)                                 |
| - gwarantowana monotoniczność         |  |



- 
- |   |                     |                         |
|---|---------------------|-------------------------|
| - kod pracy   | zakresy unipolarne  | naturalny binarny       |
|   | zakresy bipolarne   | binarny z przesunięciem |
| - zakresy napięć wejściowych  |                     | +/- 10 V                |
|   |                     | +/- 5 V                 |
|   |                     | 0 - 10 V                |
| - wewnętrzne napięcie referencyjne do kalibracji przetwornika             |                     | + 10.000 V              |
| - minimalna częstotliwość sterowania - standard                           | 1 sterowanie na ok. | 130 ms                  |
| - minimalna częstotliwość sterowania - opcja                              | 1 sterowanie na ok. | 9 minut                 |
| - maksymalna częstotliwość sterowania / minimalny czasy pomiędzy próbkami |                     |                         |
| przy pracy jednokanałowej automatycznej kanałem DMA                       | 100 kHz /           | 10 μs                   |
| przy pracy dwukanałowej automatycznej kanałem DMA                         | 50 kHz /            | 20 μs                   |

Warianty pracy toru c/a:

- praca bez użycia kanałów DMA
- praca w jednym kanale DMA kanał 2 albo 3

Wejścia i wyjścia dwustanowe uniwersalne:

- liczba wejść 16 + 4
- liczba wyjść 16 + 4
- standard TTL
- wyprowadzenie 16+16 linii na dwa złącza szpilkowe do gniazd rozszerzających  
4+4 linie na złączu modułu

Wejścia i wyjścia dwustanowe sterujące:

- liczba wejść wyzwalających 2
- liczba wyjść sterujących 1
- standard TTL

Wyzwalanie i synchronizacja pomiarów realizowane sprzętowo na module:

- start bloku pomiarów od zdarzenia zewnętrznego linia wejściowa -TRIG\_ADC\_IN
- start pojedynczej sekwencji pomiarowej od zdarzenia zewnętrznego linia wejściowa -SMPL\_ADC\_IN
- wyzwolenie zdarzeń zewnętrznych impulsem próbkowania modułu linia wyjściowa -SMPL\_ADC\_OUT

---

Układ pomiaru czasu:

- oscylator kwarcowy 8 MHz
- programowalny układ czasowy 82C54
- liczba układów czasowych 2

Adresacja modułu:

- adresy w obszarze we/wy komputera IBM - dane do konfigurowania komputera
  - moduł A, B 220<sup>16</sup> ... 23F<sup>16</sup>
  - moduł C, D 300<sup>16</sup> ... 31F<sup>16</sup>
- adresy dla tworzenia własnego oprogramowania
  - moduł A A20<sup>16</sup> ... A3F<sup>16</sup>
  - moduł B E20<sup>16</sup> ... E3F<sup>16</sup>
  - moduł C B00<sup>16</sup> ... B1F<sup>16</sup>
  - moduł D F00<sup>16</sup> ... F1F<sup>16</sup>
- zajętość obszaru we/wy w komputerze 32 bajty

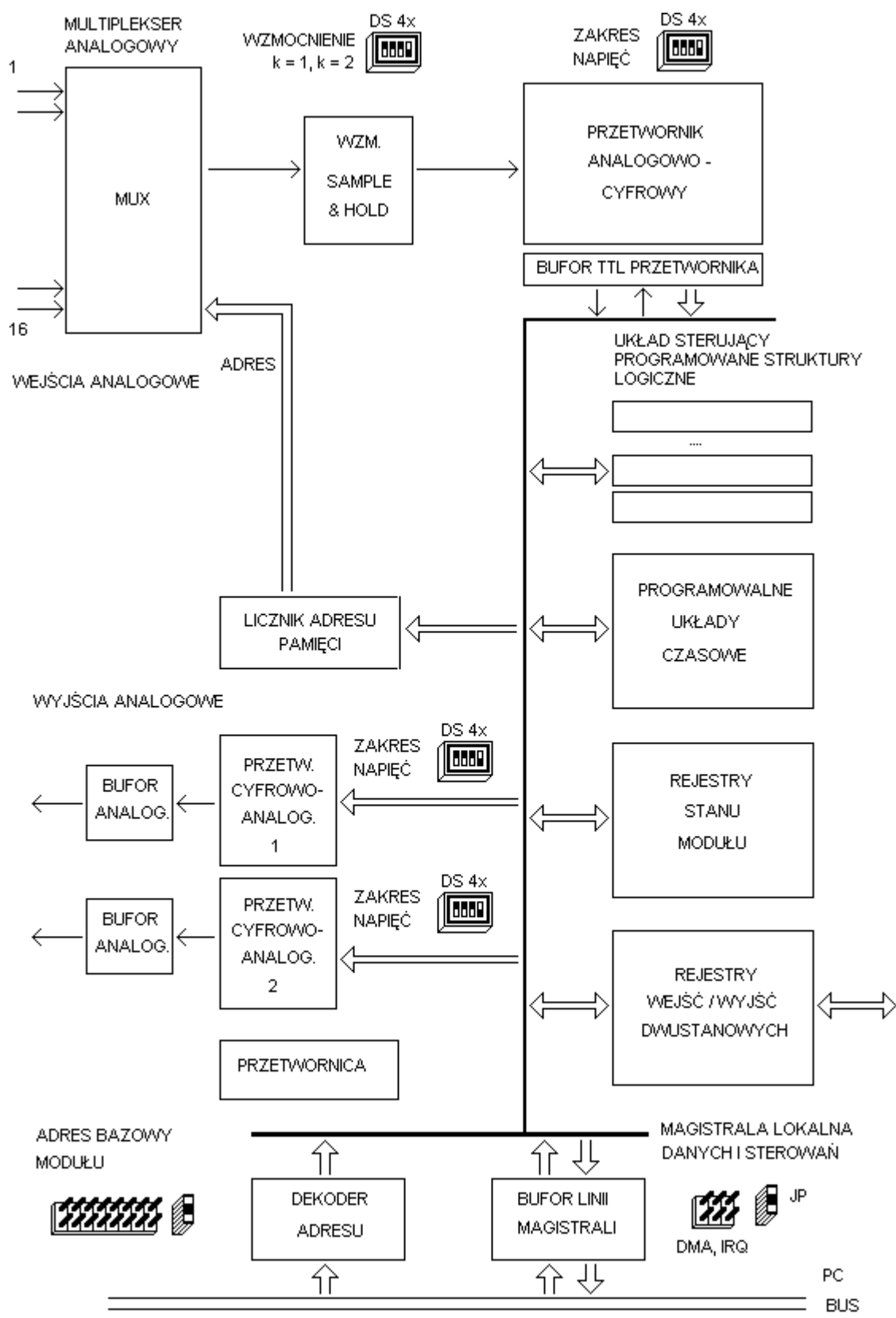
Obsługa przerw:

- linie przerywające: IRQ2, IRQ3, IRQ4
- ustawienie standardowe IRQ3

Układ zasilania:

- zasilanie z magistrali komputera+ 5 V
- pobór prądu z komputera przez moduł w pełnej konfiguracji ok. 1100 mA
- zasilanie układów analogowych ze stabilizowanej przetwornicy DC/DC

## 1.4. Schemat blokowy.



## **2. INSTALACJA MODUŁU W KOMPUTERZE.**

### **2.1. Kolejność czynności związanych z instalacją modułu.**

- moduł można instalować w komputerach PC XT/286/386/486/Pentium;
- upewnić się, czy komputer, w którym ma być zainstalowany moduł, jest w pełni sprawny;
- wyłączyć zasilanie komputera oraz wyjąć wtyk zasilający z gniazda sieciowego;
- otworzyć obudowę;
- wyznaczyć gniazdo, w którym chcemy zainstalować moduł, powinno ono (w miarę możliwości) być maksymalnie odległe od innych zajętych;
- w wyznaczonej pozycji w komputerze należy wymontować zaślepkę oraz sprawdzić stan gniazda na płycie głównej;
- upewnić się, czy złocone złącze krawędziowe modułu nie jest zanieczyszczone, przemyć je, jeśli jest to możliwe, za pomocą czystego spirytusu etylowego;
- w wyznaczone miejsce wstawić moduł zwracając uwagę na precyzyjne umieszczenie złoconego złącza krawędziowego w gnieździe na płycie głównej;
- wspornik modułu przykręcić do elementu obudowy przewidzianą do tego celu śrubą;
- sprawdzić prawidłowość zamocowania modułu w komputerze zwracając uwagę na prawidłowe umiejscowienie złącza krawędziowego w gnieździe płyty głównej oraz na właściwe mocowanie wspornika modułu wkrętem mocującym; jest to o tyle ważne, że w komputerach produkcji dalekowschodniej występują duże rozbieżności w precyzji wykonania elementów obudowy komputera i usytuowania płyty głównej;
- zamknąć obudowę komputera;
- włączyć wtyk przewodu do gniazda zasilającego i włączyć zasilanie komputera;
- w przypadku trudności ze startem komputera, niewłaściwym ładowaniem się systemu operacyjnego lub błędnym funkcjonowaniem którejkolwiek funkcji komputera odstąpić od instalacji modułu, następnie problem rozwiązać lub zgłosić do fachowego serwisu;
- zainstalować oprogramowanie firmowe dostarczone z modułem;
- wykonać dostępne testy modułu oraz oprogramowania.

### **2.2. Trudności mogące wystąpić przy instalacji modułu.**

- trudności mechaniczne z umieszczeniem modułu w komputerze - doprowadzić obudowę komputera oraz wspornik modułu do stanu umożliwiającego instalację;
- bloki pamięci typu SIMM lub wtyczki okablowania wewnętrznego są często tak usytuowane na płycie głównej, że utrudniają prawidłową instalację modułu, w tym przypadku należy wybrać inne wolne gniazdo na płycie głównej;
- nieprawidłowo działają niektóre funkcje komputera np. interfejsy komunikacyjne itp. - konflikt na adresach modułów umieszczonych w komputerze, na używanych kanałach DMA lub liniach przerwań;

- nieprawidłowo działają niektóre lub wszystkie funkcje zainstalowanego modułu - konflikt na adresach modułów umieszczonych w komputerze, na używanych kanałach DMA lub liniach przerwań; niewłaściwie zainstalowane oprogramowanie modułu lub zainstalowane niewłaściwe oprogramowanie np. inny typ modułu, inny kanał DMA itp.;
- nieprawidłowa komunikacja programowa z komputerem, zakłócone pomiary i sterowania, zawieszanie się programów obsługi - niewłaściwie dobrane w SETUPie komputera parametry szybkościowe magistrali - zaleca się przeprowadzenie prób przez wykwalifikowany personel.
- inne problemy - zaleca się dokonanie instalacji przez wykwalifikowany personel.

### **2.3. Uwagi dotyczące instalacji.**

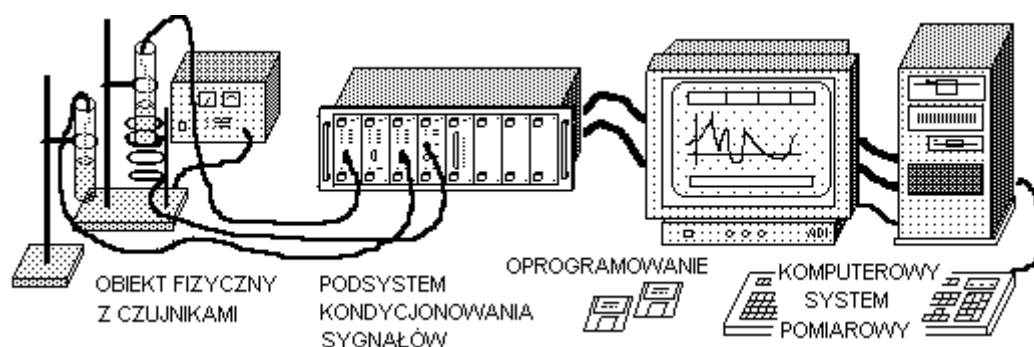
- moduły i oprogramowanie AMBEXu są tak zaprojektowane i skonfigurowane, że w przypadku instalacji w typowym komputerze o standardowej konfiguracji nie występują żadne konflikty związane z adresem modułu, numerem kanału DMA oraz numerem linii przerwań;
- moduły AMBEXu serii LC wykorzystują kanał DMA i linię przerwań tylko w czasie pracy, w pozostałych sytuacjach mogą one być wykorzystane przez inne moduły zainstalowane w komputerze, w takim przypadku nie jest możliwa jednoczesna praca tych modułów z wykorzystaniem tego samego kanału DMA lub linii przerwań.

### 3. POMIARY I STEROWANIE.

#### 3.1. Komputerowy system pomiarowo-kontrolny.

Moduły pomiarowo-kontrolne serii LC i podobne przystosowane są do bezpośredniego pomiaru napięć elektrycznych o wartościach zmieniających się przeważnie w zakresie od -10 do +10 V. Wszelkie inne wielkości mierzone muszą zostać przetworzone do wartości proporcjonalnego do niej napięcia. Podobnie wygląda sprawa sterowania za pomocą modułu, tyle że tutaj trzeba przetworzyć napięcie na żądaną wielkość sterowaną. Jak z tego wynika, zakres możliwych zastosowań uniwersalnych modułów pomiarowo-kontrolnych uzależniony jest od rodzaju wielkości mierzonych oraz od posiadanych przez użytkowników przetworników sygnałów. Wielkości, które możemy rejestrować, to na przykład: prąd, temperatura, ciśnienie, siła, położenie liniowe i kątowe, prędkość, przyspieszenie. Odrębna grupa wielkości mierzonych to sygnały fizjologiczne w organizmach żywych, które najczęściej reprezentowane są przez potencjały elektryczne o minimalnych wartościach rzędu pojedynczych  $\mu\text{V}$ .

Sprzężenie obiektu z komputerem:

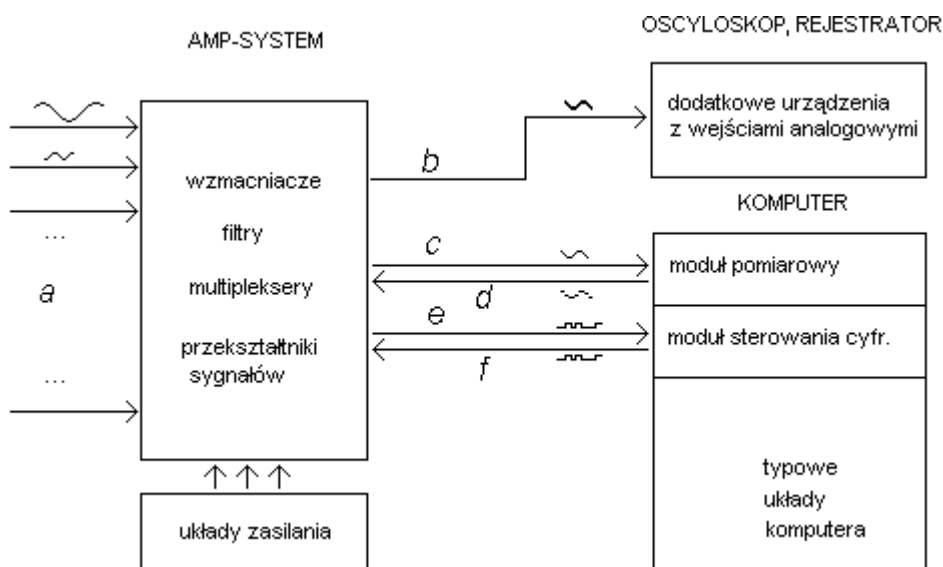


Ponieważ sygnały z czujników i przetworników pomiarowych nie zawsze spełniają wymagania stawiane przez uniwersalne moduły kontrolno-pomiarowe (tzn. standard i zakres zmienności sygnału), często wymagane jest ich dostosowanie w tzw. systemach kondycjonowania sygnału. Polega to najczęściej na: wzmocnieniu sygnału; zmianie standardu np. prądowy na napięciowy, napięciowy symetryczny na niesymetryczny; linearyzacji sygnału; filtracji itp. Często niezbędne jest zastosowanie separacji galwanicznej pomiędzy obiektem mierzonym a komputerem, funkcje takie spełniają wzmacniacze izolacyjne pozwalające na pomiary przebiegów o amplitudzie od pojedynczych miliwoltów do woltów znajdujących się na potencjale setek czy tysięcy woltów. Izolacja galwaniczna niezbędna jest także w przypadku konieczności ochrony obiektu lub komputera przed potencjalnymi udarami elektrycznymi mogącymi wystąpić przy uszkodzeniu jednego z urządzeń.

Nowoczesne systemy kondycjonowania sygnałów mają z reguły budowę modułową umożliwiającą zestawianie zgodne z potrzebami użytkownika oraz są sterowane cyfrowo z komputera w celu umożliwienia automatycznego przebiegu procesu pomiarowego.

Funkcje takie spełniają kasetowe systemy kondycjonowania sygnałów AMP-SYSTEM. Są one zestawiane z kartami pomiarowymi serii LC oraz sterowane za pomocą modułu sterowania cyfrowego typu LC-055-PIO lub LC-055-DCU.

Konfiguracja systemu pomiarowego:



- a - analogowe linie pomiarowe z obiektu
- b - analogowe linie wyjść buforowanych o podwyższonej obciążalności
- c - analogowe linie wyjść pomiarowych
- d - analogowe linie wejść napięć referencyjnych
- e - dwustanowe linie wejściowe sterowania cyfrowego
- f - dwustanowe linie wyjściowe odczytu stanu systemu

Większość modułów serii LC posiada przełączane zakresy napięć wejściowych i wyjściowych. Właściwe ich ustawienie zapobiegnie z jednej strony wystąpieniu przesterowań, a z drugiej utracie dokładności pomiarów. Ustawienie zakresów pomiarowych należy przeanalizować biorąc pod uwagę cechy obiektu mierzonego oraz parametry zastosowanych po drodze wzmacniaczy pomiarowych. W tym drugim przypadku zaleca się taki dobór wzmocnienia wzmacniacza, aby moduł LC pracował na zakresie o maksymalnej zmienności napięcia wejściowego.

Istotnym parametrem obiektu jest szybkość zmian wartości mierzonych. Tutaj należy dopasować moduł pomiarowy do obiektu tzn. wybrać moduł, którego maksymalna częstotliwość próbkowania przy pracy na żądanej liczbie kanałów jest

znacząco większa od maksymalnej częstotliwości zmiany sygnałów mierzonych (teoretycznie min. dwa razy większa od częstotliwości najwyższej interesującej nas harmonicznej). W przypadku, gdy interesują nas tylko niektóre cechy przebiegu np. wartość skuteczna lub szczytowa - można zastosować analogowe przetworniki wartości szczytowej albo skutecznej i konwerter o znacznie niższej maksymalnej częstotliwości próbkowania.

Problemem często niedocenianym jest problem filtracji i ograniczenia pasma sygnału mierzonego. Zaniedbanie to może doprowadzić do odczytu za pomocą konwertera analogowo-cyfrowego przebiegu znacznie odbiegającego od rzeczywistego. Efekt ten związany jest z występowaniem wysokoczęstotliwościowych szumów nakładających się na faktyczny sygnał. Przy niekorzystnym doborze częstotliwości próbkowania w stosunku do nie odfiltrowanego sygnału mierzonego w wyniku pomiaru możemy zaobserwować przebieg okresowy faktycznie nie występujący w naturze, a skutecznie zagłuszający przebieg mierzony. Zjawisko to nosi nazwę aliasingu i jest szczegółowo opisane w literaturze specjalistycznej. Do jego eliminacji służą specjalne filtry o bardzo stromej charakterystyce zwane filtrami antyaliasingowymi. Zadaniem tego typu filtrów jest precyzyjne odcięcie wszystkich składowych sygnału o częstotliwościach wyższych od najwyższej nas interesującej. Problemu tego nie można w żadnym wypadku bagatelizować, gdyż wyniki pomiarów mogą w znaczny sposób odbiegać od faktycznego przebiegu mierzonych sygnałów.

W przypadku sygnałów sterujących pochodzących z układów przetworników cyfrowo-analogowych istotne może być odfiltrowanie charakterystycznych szpilek powstających na wyjściu analogowym przy przełączaniu stanu w przetworniku. Ich separacja jest stosunkowo prosta ze względu na dużą różnicę częstotliwościami ich harmonicznych a sensowną częstotliwością sygnału tworzonego na wyjściach analogowych. Drugim problemem związanym z wyjściami analogowymi jest zawarty w sygnale analogowym wyjściowym szum "cyfrowy" pochodzący od przełączania układów cyfrowych komputera, pracujących przetwornic i zasilaczy impulsowych. Jego eliminacja jest często bardzo trudna i zależna od sposobu połączenia sygnałów, mas i zasilania wszystkich elementów systemu.

W zależności od charakteru zjawiska mierzonego oraz obiektu można zastosować różne metody wyzwolenia sesji pomiarowej oraz sterowania, czyli zapoczątkowania ciągu pomiarów bądź sterowań analogowych według zaprogramowanych uprzednio parametrów:

- wyzwolenie bezpośrednio z programu sterującego, zależne od biegu programu oraz intencji autora;
- wyzwolenie od sekwencji lub stanu wejść dwustanowych, stosowane w systemach powiązanych sygnałami analogowymi oraz dwustanowymi;
- bezpośrednie wyzwolenie sprzętowe poprzez zmianę stanu specjalnej linii wyzwalającej, w modułach LC wejście tego typu nazwane jest -TRIG\_ADC\_IN;



- wyzwolenie od wartości napięcia na wejściu lub wejściach analogowych, stosowane gdy interesuje nas pomiar od pewnego charakterystycznego stanu wejść mierzonych, bardziej złożony jest przypadek wyzwolenia od charakterystycznego kształtu przebiegu mierzonego;
- wyzwolenie od określonych warunków czasowych, np. data, godzina, upływ czasu.

Zakończenie sesji pomiarowej bądź sterowania również może być zrealizowane na kilka różnych sposobów w zależności od możliwości sprzętowych systemu oraz potrzeb użytkownika:

- zatrzymanie bezpośrednio z programu sterującego, zależne od biegu programu oraz intencji autora;
- zatrzymanie od sekwencji lub stanu wejść dwustanowych, stosowane w systemach powiązanych sygnałami analogowymi oraz dwustanowymi;
- zatrzymanie od wartości napięcia na wejściu lub wejściach analogowych, stosowane gdy interesuje nas pomiar tylko do wystąpienia pewnego charakterystycznego stanu bądź kształtu sygnałów mierzonych;
- zatrzymanie w wyniku spełnienia określonych warunków czasowych, np. data, godzina, upływ czasu.

Powyższe warunki wyzwolenia i stopu pomiarów mogą być stosowane łącznie, realizacja zależy od typu modułu pomiarowo-kontrolnego i może być sprzętowa lub programowa.

Moduły pomiarowo-kontrolne mogą pracować również w sytuacji, gdy dziedziną nie jest czas (taktowanie zegarem modułu), a inne zjawisko. Wykorzystuje się w tym przypadku wejście dwustanowe wyzwalamace pojedynczą sekwencję pomiarową (pomiar na zaprogramowanej liczbie kanałów). Przykładem jest pomiar parametrów silnika spalinowego w funkcji kąta obrotu wału. W modułach LC wejście tego typu nazwane jest -SMPL\_ADC\_IN.

Do synchronizacji pracy systemu może być również potrzebna zewnętrzna informacja o momencie próbkowania wejść analogowych. W modułach LC funkcję taką spełnia linia dwustanowa wyjściowa -SMPL\_ADC\_OUT o działaniu analogicznym do linii -SMPL\_ADC\_IN.

### **3.2. Metodologia wykonywania pomiarów i sterowania.**

Poniżej przedstawiony zostanie uproszczony schemat działań niezbędnych do zestawienia i uruchomienia komputerowego systemu pomiarowego. Pominięty zostanie etap przygotowania i testowania oprogramowania pomiarowego.

Czynności wstępne:

- sprawdzenie systemu pod względem bezpieczeństwa obsługi;

- 
- sprawdzenie i załączenie zasilania systemu; należy zwrócić uwagę na zasilanie całego systemu z jednej fazy zasilającej (nie dotyczy to systemów z izolacją galwaniczną);
  - instalacja oprogramowania;
  - przygotowanie obiektu mierzonego (czujniki, kable pomiarowe);
  - dobór i dołączenie elementów przetwarzania sygnałów (wzmacniacze, przetworniki sygnałów, izolatory);
  - sprawdzenie systemu pod względem bezpieczeństwa jego elementów składowych (różnice potencjałów na liniach pomiarowych i na liniach odniesienia, poziom zakłóceń, zakresy zmienności sygnałów mierzonych);

Czynności wykonywane rutynowo przed każdą sesją pomiarowo-kontrolną:

- sprawdzenie stanu i prawidłowości połączenia kabli pomiarowych i zasilających (istnieje niebezpieczeństwo dołączenia do modułów pomiarowych LC urządzeń systemu komputerowego np. drukarki, monitory)
- sprawdzenie stanu obiektu oraz sprzętu pomiarowo-kontrolnego;
- załączenie zasilania wszystkich urządzeń począwszy od komputera poprzez wzmacniacze pomiarowe do obiektu mierzonego;
- wygrzanie sprzętu pomiarowego;
- przygotowanie oprogramowania użytkowego;

Pomiary i sterowania:

- przygotowanie obiektu (doprowadzenie do interesujących nas warunków początkowych);
- sprawdzenie za pomocą programu pomiarowego lub testowego drożności całego toru pomiarowego oraz toru sterowania analogowego i cyfrowego;
- ustawienie w programie i sprzęcie warunków pomiaru: sposób wyzwolenia pomiaru, wybór kanałów pomiarowych, częstotliwość próbkowania, wzmocnienia lub inne parametry wzmacniaczy pomiarowych, ustawienie zewnętrznych multiplekserów;
- start pomiarów lub ustawienie oczekiwania na zewnętrzne wyzwolenie;
- po zakończeniu pomiarów odpowiednie wykorzystanie danych, ich obróbka, archiwizacja itp

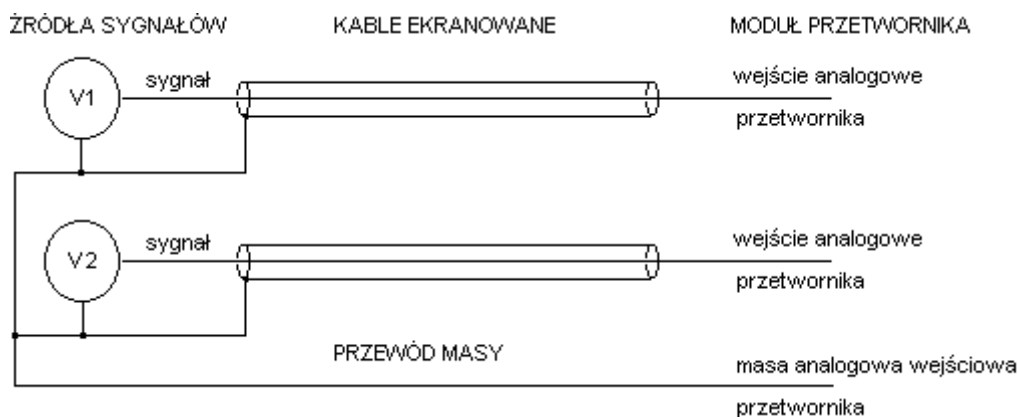
Po zakończeniu sesji:

- wstrzymanie przebiegu procesu w obiekcie mierzonym;
- zabezpieczenie często unikalnych danych pomiarowych poprzez wykonanie kopii bezpieczeństwa (o ile nie robi tego program pomiarowy);
- wyłączenie zasilania systemu w kolejności odwrotnej, niż w przypadku załączania.

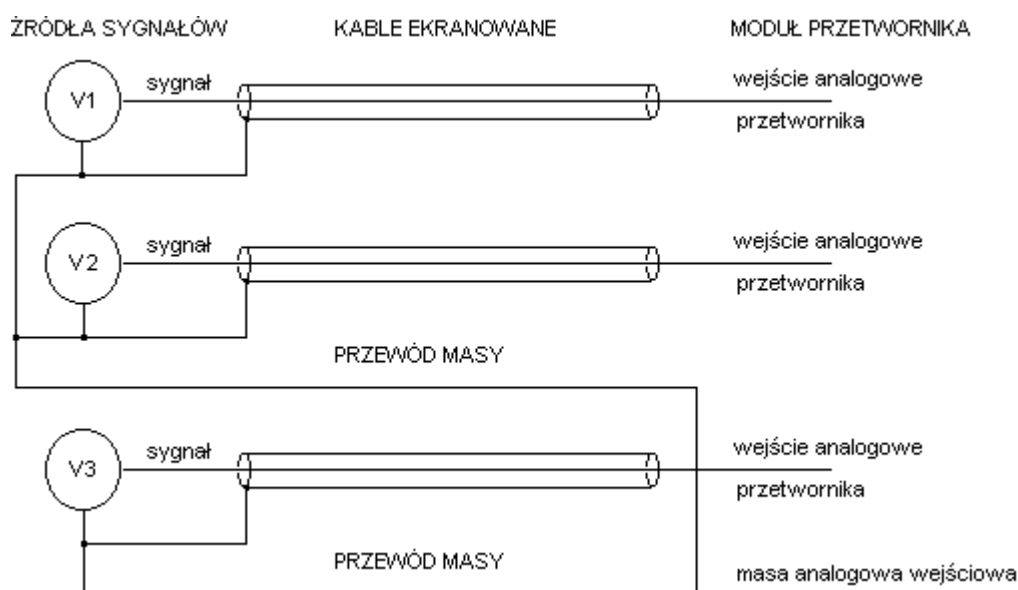
### 3.3. Przykłady wykonania okablowania.

W poniższym rozdziale założono, że źródło sygnału ma charakter napięciowy z jednym biegunem na potencjale masy i oznaczono je tutaj jako  $V_i$ .

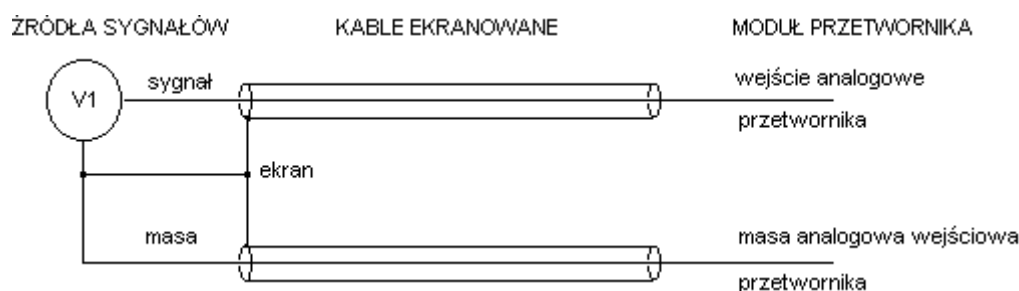
Przykład pomiaru z jednego lub z wielu źródeł o wspólnej masie pomiarowej za pomocą kabli ekranowanych:



Przykład pomiaru z wielu źródeł o rozdzielonych masach pomiarowych za pomocą kabli ekranowanych:



Przykład innego sposobu prowadzenia masy w celu zmniejszenia poziomu zakłóceń za pomocą kabli ekranowanych:



Ekran może być dołączony od strony źródła albo od strony modułu, lecz nigdy z jednej i drugiej strony jednocześnie.

### 3.4. Uwagi dotyczące wykonania połączeń pomiarowych.

Poniżej przedstawione są uwagi dotyczące realizacji okablowania systemów pomiarowych związane z minimalizacją zakłóceń, a zatem z otrzymaniem wiarygodnych danych pomiarowych:

- ekran przewodu pomiarowego powinien być połączony do potencjału odniesienia źródła sygnału mierzonego lub do potencjału bliskiego potencjałowi mierzonemu (w urządzeniach z ekranem aktywnym);
- masa sygnałowa nie powinna być prowadzona ekranem przewodu pomiarowego;
- w systemie pomiarowym należy wybrać najlepszy w danych warunkach sposób ekranowania;
- każdy sygnał mierzony powinien mieć swój osobny ekran, ekrany nie powinny być połączone między sobą inaczej, niż w jednym wspólnym punkcie będącym potencjałem odniesienia źródeł;
- jeżeli w układzie mierzonym jest więcej niż jedna masa sygnałowa to masy te powinny być połączone do wspólnego potencjału odniesienia systemu pomiarowego;
- nie należy łączyć obu końców ekranu do masy sygnałowej, gdyż może to spowodować przepływ nieznanego prądu przez ekran i w konsekwencji powstanie potencjału zakłócającego (nie dotyczy to ekranów aktywnych minimalizujących wpływ zakłóceń magnetycznych);
- w celu dalszej eliminacji zakłóceń stosuje się dodatkowo ekranowanie masy sygnałowej oraz linii zasilających;
- stosuje się również przewody z podwójnym ekranem, wewnętrzny ekran łączy się do układu realizującego "ekran aktywny", a zewnętrzny do potencjału odniesienia źródła;
- w miarę możliwości należy wyeliminować wpływ urządzeń nie wchodzących w skład systemu pomiarowego, a znajdujących się w jego pobliżu;
- przewody pomiarowe powinny mieć możliwie małą długość;
- do realizacji połączeń pomiarowych powinny być używane przewody wysokiej jakości.

Powyższe reguły nie muszą być sztywno przestrzegane. Każdy obiekt mierzony posiada swoje cechy indywidualne i dopiero ich dokładne rozpoznanie umożliwia wykonanie przyzwoitego systemu pomiarowego, w którym zakłócenia nie związane bezpośrednio ze źródłem sygnału mierzonego zostaną zminimalizowane. Niezbędne jest także dobre rozpoznanie charakteru zakłóceń związanych z obiektem mierzonym, liniami pomiarowymi oraz z urządzeniem realizującym pomiar.

Częstą i dobrą praktyką jest doświadczalny dobór punktów dołączenia masy sygnałowej oraz masy i linii zasilających obiekt mierzony pod kątem minimalizacji poziomu zakłóceń na linii pomiarowej. Nie bez znaczenia jest również sposób i droga ułożenia linii pomiarowych.

### **3.5. Uwagi dotyczące eksploatacji modułów pomiarowych.**

- wszystkie elementy systemu pomiarowego powinny być zasilane z jednej fazy energetycznej (nie dotyczy to systemów z izolacją galwaniczną);
- zewnętrzne urządzenia pomiarowe przyłączane do modułu powinny mieć odizolowaną masę pomiarową od masy energetycznej w celu odizolowania modułu od zakłóceń sieci zasilającej oraz od niebezpiecznych przepięć, które mogą tam wystąpić;
- pomieszczenie lub pomieszczenia, w których znajduje się połączony ze sobą sprzęt pomiarowy i komputerowy powinny mieć wykonaną niezależną instalację ochronną typu uziemienie; należy pamiętać, że wyklucza to istnienie instalacji typu zerowanie. Niezależna instalacja ochronna typu uziemienie eliminuje część zakłóceń przemysłowych występujących w sieci energetycznej zakładu;
- przed przyłączeniem nowego urządzenia do komputera, w którym zainstalowany jest moduł przetwornika, należy sprawdzić, czy pomiędzy ich masami nie popłynie prąd mogący spowodować uszkodzenia któregoś z tych urządzeń;
- niedopuszczalne jest włączanie do gniazd modułu pomiarowego przewodów połączonych z urządzeniami nie będącymi obiektem pomiarowym np. drukarki, monitory itp.; może to spowodować uszkodzenie danego urządzenia lub modułu pomiarowego;
- sygnały analogowe wejściowe należy przyłączyć za pomocą kabla ekranowanego. Kable muszą być zakończone wtykiem męskim D-SUB 025 lub odpowiednikiem;
- sygnały dwustanowe wejściowe oraz wyjściowe można wykonać za pomocą zwykłych przewodów. Kable muszą być dołączone do gniazda rozszerzenia wejść i wyjść dwustanowych wtykiem męskim D-SUB 025 lub odpowiednikiem;
- w celu uniknięcia przesłuchów pomiędzy kanałami nie należy podawać na wejścia analogowe napięć spoza maksymalnego zakresu zmienności tj. +/- 10 V albo mniejszego wynikającego z ustawionego zakresu i wzmocnienia na danym kanale;
- niewykorzystane wejścia analogowe należy dołączyć do masy analogowej i ustawić wzmocnienie 1;

- dla zapewnienia prawidłowej i bezawaryjnej pracy modułu na jego wejścia nie wolno podawać napięć większych niż przewidziane w instrukcji, tj. +/- 35 V dla wejść analogowych i 0 + 5.5 V dla wejść dwustanowych;
- przed zakończeniem pracy i wyłączeniem komputera należy odłączyć od modułu lub wyłączyć z zasilania wszelkie źródła sygnałów analogowych dołączonych do wejść pomiarowych;
- pomiary i sterowania za pomocą modułu zawsze powinny być poprzedzone wywołaniem funkcji zerującej moduł, szczególnie po wszelkich manipulacjach kablami.

### 3.6. Opis gniazd modułu.

CON1 - gniazdo zewnętrzne żeńskie D-SUB 025

1 - AN_IN_0	14 - AN_IN_1
2 - AN_IN_2	15 - AN_IN_3
3 - AN_IN_4	16 - AN_IN_5
4 - AN_IN_6	17 - AN_IN_7
5 - AN_IN_8	18 - AN_IN_9
6 - AN_IN_10	19 - AN_IN_11
7 - AN_IN_12	20 - AN_IN_13
8 - AN_IN_14	21 - AN_IN_15
9 - AN_IN_GND	22 - AN_OUT_0
10 - AN_OUT_1	23 - AN_OUT_GND
11 - SMPL_ADC_IN	24 - SMPL_ADC_OUT
12 - TRIG_ADC_IN	25 - +5V (JP20)
13 - DIG_GND	

linia +5V dołączana przez zworę JP20

CON2 - gniazdo zewnętrzne żeńskie D-SUB 009

1 - DI_0	6 - DI_1
2 - DI_2	7 - DI_3
3 - DO_0	8 - DO_1
4 - DO_2	9 - DO_3
5 - DIG_GND	

---

 CON3 - gniazdo szpilkowe - do rozszerzenia taśmowego

1 (1) - DIG_OUT_1	2 (14) - DIG_OUT_0
3 (2) - DIG_OUT_3	4 (15) - DIG_OUT_2
5 (3) - DIG_OUT_5	6 (16) - DIG_OUT_4
7 (4) - DIG_OUT_7	8 (17) - DIG_OUT_6
9 (5) - DIG_IN_1	10 (18) - DIG_IN_0
11 (6) - DIG_IN_3	12 (19) - DIG_IN_2
13 (7) - DIG_IN_5	14 (20) - DIG_IN_4
15 (8) - DIG_IN_7	16 (21) - DIG_IN_6
17 (9) - CTC1_CLK_1	18 (22) - CTC1_GATE_1
19 (10) - CTC_OUT_1	20 (23) - DIG_GND
21 (11) - DIG_GND	22 (24) - DIG_GND
23 (12) - +5V (JP21)	24 (25) - +5V (JP21)
25 (13) - DIG_GND	26 - DIG_GND

linia +5V dołączana przez zworę JP21

W nawiasach podano numerację końcówek złącza 25-pinowego na standardowym rozszerzeniu taśmowym z wtykiem męskim D-SUB 025 (AK3280) - opcja.

## CON4 - gniazdo szpilkowe - do rozszerzenia taśmowego

1 (1) - DIG_OUT_9	2 (14) - DIG_OUT_8
3 (2) - DIG_OUT_11	4 (15) - DIG_OUT_10
5 (3) - DIG_OUT_13	6 (16) - DIG_OUT_12
7 (4) - DIG_OUT_15	8 (17) - DIG_OUT_14
9 (5) - DIG_IN_9	10 (18) - DIG_IN_8
11 (6) - DIG_IN_11	12 (19) - DIG_IN_10
13 (7) - DIG_IN_13	14 (20) - DIG_IN_12
15 (8) - DIG_IN_15	16 (21) - DIG_IN_14
17 (9) - CTC1_CLK_1	18 (22) - CTC1_GATE_1
19 (10) - CTC_OUT_1	20 (23) - DIG_GND
21 (11) - DIG_GND	22 (24) - DIG_GND
23 (12) - +5V (JP22)	24 (25) - +5V (JP22)
25 (13) - DIG_GND	26 - DIG_GND

linia +5V dołączana przez zworę JP22

W nawiasach podano numerację końcówek złącza 25-pinowego na standardowym rozszerzeniu taśmowym z wtykiem męskim D-SUB 025 (AK3280) - opcja.

### 3.7. Znaczenie linii na gniazdach.

DI <sub>i</sub>	- wejście dwustanowe	i = 0 .. 3	zestaw podstawowy
DO <sub>i</sub>	- wyjście dwustanowe	i = 0 .. 3	zestaw podstawowy
DIG_IN <sub>i</sub>	- wejście dwustanowe	i = 0 .. 15	zestaw dodatkowy
DIG_OUT <sub>i</sub>	- wyjście dwustanowe	i = 0 .. 15	zestaw dodatkowy
CTC <sub>j</sub> _CLK <sub>i</sub>	- układ czasowy moduł	j = 1	kanał i = 1 wejście zegarowe
CTC <sub>j</sub> _GATE <sub>i</sub>	- układ czasowy moduł	j = 1	kanał i = 1 wejście wyzwalające
CTC <sub>j</sub> _OUT <sub>i</sub>	- układ czasowy moduł	j = 1	kanał i = 1 wyjście
AN_IN <sub>i</sub>	- wejście analogowe	i = 0 .. 15	numer kanału analogowego
AN_IN_GND	- masa wejść analogowych		
AN_OUT <sub>i</sub>	- wyjście analogowe	i = 0, 1	numer kanału wyjściowego
AN_OUT_GND	- masa wyjść analogowych		
TRIG_ADC_IN	- wejście TTL wyzwalające blok konwersji a/c według uprzednio zaprogramowanych parametrów		
SMPL_ADC_IN	- wejście TTL wyzwalające jedną sekwencję pomiarową na uprzednio zaprogramowanej liczbie kanałów a/c		
SMPL_ADC_OUT	- wyjście TTL informujące o rozpoczęciu pojedynczej sekwencji pomiarowej a/c		
DIG_GND	- masa cyfrowa i zasilająca		

Wszystkie masy wymienione w opisie gniazd są ze sobą połączone na płycie drukowanej modułu, ich rozdzielenie na złączu związane jest z koniecznością minimalizacji poziomu zakłóceń na wejściach analogowych.



## **4. OPROGRAMOWANIE PODSTAWOWE - INFORMACJA OGÓLNA.**

### **4.1. Program sterujący driver.**

Dla modułu LC-012-1612 dostępne są dwie wersje drivera:

- rezydentny program LC1116X.DRV lub LC1116A.DRV instalujący się w pamięci operacyjnej komputera podczas ładowania systemu operacyjnego, deklaracja drivera znajduje się w zbiorze CONFIG.SYS,
- rezydentny program LC1216A.EXE typu TSR, realizujący również funkcje instalacyjne programu INSTALL.EXE.

Program służy do sterowania modułem LC-012-1612 z poziomu programów użytkowych. Umożliwia wykorzystanie modułu bez szczegółowej znajomości sprzętu, optymalnie realizuje wszelkie możliwe funkcje pomiarowe oraz związane z transmisjami danych do pamięci komputera.

W przypadku driverów LC1116X.DRV i LC1116A.DRV zachodzi pełna zgodność obsługi z modułem LC-011-1612. Nie są obsługiwane w tym przypadku dodatkowe możliwości karty LC-012-1612: dodatkowe 16 wejść i 16 wyjść cyfrowych oraz wolny timer. W zestawieniu odwrotnym zgodność nie zachodzi, tzn. nie można driverem LC1216A.EXE obsługiwać modułów LC-011-1612.

### **4.2. Program testujący.**

Program testujący LC-TEST.EXE służy do wszechstronnego przetestowania modułu LC-012-1612 pod względem prawidłowości działania oraz właściwego sposobu przyłączenia sygnałów zewnętrznych.

Program umożliwia zaprogramowanie modułu LC-012-1612, wykonanie pomiarów z wejść analogowych, transmisję danych pomiarowych do komputera oraz wykonanie prostych obliczeń statystycznych umożliwiających testowanie dokładności wejść analogowych. Możliwe jest również wysłanie sygnału okresowego na wyjścia analogowe oraz przetestowanie zespołu wejść i wyjść dwustanowych.

### **4.3. Program instalacyjny.**

Program instalacyjny INSTALL.EXE służy do instalacji w komputerze modułów konwerterów serii LC i ich driverów typu \*.DRV. Realizuje on następujące funkcje:

- zadeklarowanie konfiguracji modułu zgodnie z ustawieniami;
- zadeklarowanie zakresów napięć (informacja o ustawieniu na mikroprzełącznikach);
- modyfikacja pliku drivera;

- 
- modyfikacja zbioru CONFIG.SYS;
  - test szybkości pracy toru a/c modułu.

#### **4.4. Programowanie w językach wyższego poziomu.**

Pełna obsługa modułu LC-012-1612 z programów napisanych w dowolnych językach wyższego poziomu możliwa jest bezpośrednio z programu użytkownika albo poprzez program sterujący driver.

Do kompletu dokumentacji należą przykładowe programy oraz struktury danych do komunikacji z modułem poprzez driver.

## 5. SŁOWNIK POJĘĆ.

SEKWENCJA PRÓBKOWANIA - zapoczątkowany jednym impulsem startowym pochodzącym z układu czasowego lub z zewnątrz ciąg wykonywanych bezpośrednio po sobie konwersji na kolejnych kanałach;

SEKWENCJA STEROWANIA - zapoczątkowany jednym impulsem startowym pochodzącym z układu czasowego ciąg wysłanych bezpośrednio po sobie wartości na jeden albo dwa kanały wyjść analogowych;

PRÓBKOWANIE WEJŚĆ ANALOGOWYCH - załadowanie układu próbkująco-pamiętającego danymi analogowymi; układ p-p jest normalnie ustawiony w tryb śledzenia, przełącza się w tryb pamiętania na czas trwania konwersji analogowo-cyfrowej;

BLOK KONWERSJI - grupa sekwencji próbkowania i konwersji o parametrach uprzednio zaprogramowanych przez użytkownika, tworząca całą sesję pomiarową;

BLOK STEROWANIA - grupa sekwencji sterowania o parametrach uprzednio zaprogramowanych przez użytkownika, tworząca całą sesję sterowania;

WYZWOLENIE ZEWNĘTRZNE - zapoczątkowanie sesji pomiarowej czyli ciągu uprzednio zaprogramowanych sekwencji pomiarowych poprzez jeden impuls pochodzący z zewnątrz;

ZEGAR ZEWNĘTRZNY - rozpoczęcie każdej sekwencji pomiarowej impulsem pochodzącym z zewnątrz przy wyłączonym zegarze wewnętrznym z układu czasowego;

TRANSMISJA DMA - stosowany w komputerze szybki sposób transmisji danych bez pośrednictwa głównego procesora (ang. Direct Memory Access), w komunikacji z modułem stosowana jest transmisja danych z rejestrów modułu do pamięci podstawowej lub rozszerzonej komputera oraz transmisji z pamięci komputera do modułu;

BLOK TRANSMISJI DMA - blok 128 kB czyli jedna strona DMA 16-bitowego - jednokrotny cykl transmisji DMA; praca wieloma blokami wymaga dynamicznego przeprogramowywania kontrolera DMA w komputerze; możliwa jest również cykliczna transmisja danych z a/c do jednego bloku pamięci.

REJESTR STRONY DMA - rejestr zapisywany programowo zawierający starsze 4 (XT - transmisja 8-bitowa), 8 (AT - transmisja 8-bitowa) albo 7 (AT - transmisja 16-bitowa) bitów adresu dopełniającego 16-bitowy adres transmisji w

---

kontrolerze DMA w obrębie jednego bloku DMA; rejestr strony jest niezależny dla każdego kanału DMA.

REZERWACJA BUFORA DMA - zapewnienie określonego, niezbędnego dla pracy układu DMA bloku pamięci operacyjnej PC w sposób zgodny z wymaganiami systemu operacyjnego komputera;

## **DOKUMENTACJA SZCZEGÓŁOWA**

*Rozdziały przeznaczone dla użytkowników pragnących szerzej poznać wszystkie funkcje modułu lub stworzyć własne oprogramowanie podstawowe bez użycia oprogramowania firmowego.*

### **6. PRACA JEDNOCZESNA WIELU MODUŁÓW.**

Moduły LC-012-1612 przygotowane są konstrukcyjnie do wzajemnej współpracy. Możliwe jest połączenie dwóch modułów i praca aż do 32 kanałów w trybie synchronicznym pod warunkiem pracy każdego z nich w innym kanale DMA i niejednoczesnej pracy układów wyjść analogowych modułów ze względu na ich przyłączenie do jednego kanału DMA.

Oprogramowanie firmowe nie uwzględnia obsługi synchronicznej wielu modułów.

## 7. OPIS KONFIGURACJI WEWNĘTRZNEJ PAKIETU.

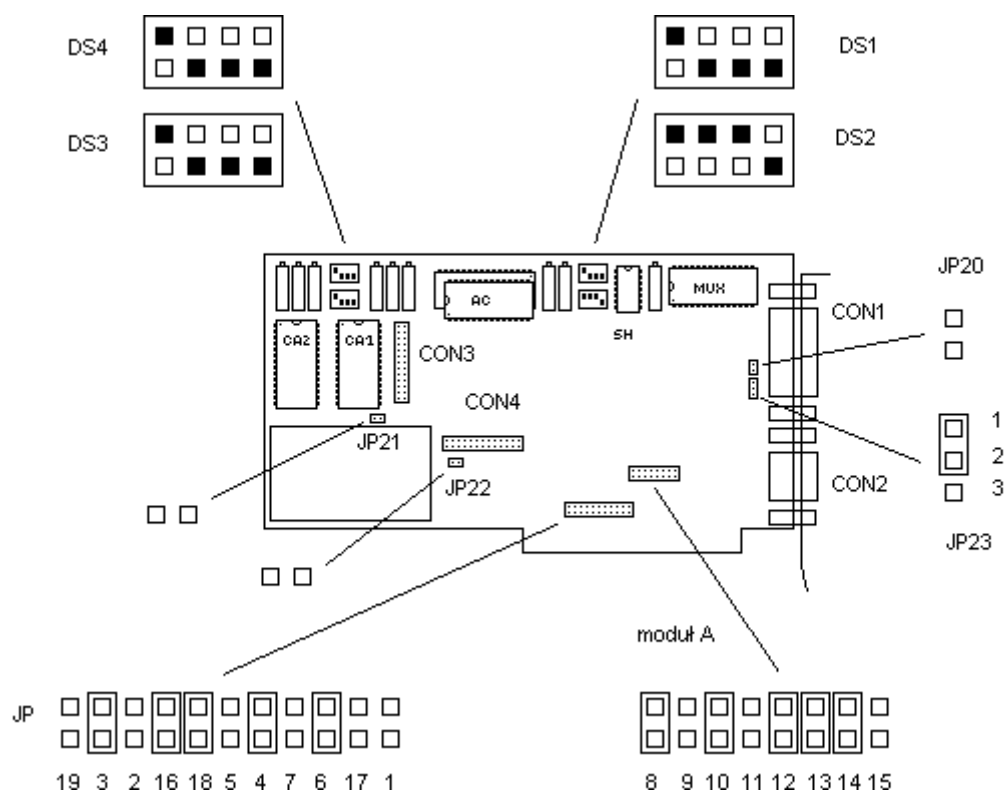
### 7.1 Rejestry wewnętrzne modułu.

BASE oznacza adres bazowy dla oprogramowania, w nawiasach wartości w kodzie  $xx^{16}$ .

BASE	IN/OUT	CTC_0	adres bazowy układu CTC 0
BASE + 4	IN/OUT	CTC_1	adres bazowy układu CTC 1
BASE + 8	OUT	ADC_W	start sekwencji pomiarowej
BASE + 8	IN	ADC_R	pierwszy odczyt - młodsze dane a/c bity 0 - 7    bity 0 - 7 danych z a/c
BASE + 8	IN	ADC_R	drugi odczyt - starsze dane a/c bity 0 - 3    bity 8 - 11 danych z a/c bity 4 - 7    stan"0"
BASE + 12 (C)	OUT	STATUS_0	rejestr zapisu stanu I
BASE + 12	IN	STATUS_IN	rejestr odczytu słowa kontrolnego
BASE + 13 (D)	OUT	STATUS_1	rejestr zapisu stanu II
BASE + 16 (10)	OUT	RES_IRQ	kasowanie zgłoszenia przerwania
BASE + 16	IN	EN_START	zezwoleńie na start pomiarów
BASE + 20 (14)	OUT	MUX_W	licznik sterujący multiplekserem bity 0-3    adresy MA0-MA3 SINGLE
BASE + 20	IN	EXTRA_R	linia wolna do automatu sterowania a/c
BASE + 24 (18)	OUT	DAC_0	przetwornik cyfrowo-analogowy c/a 1 pierwszy zapis:    bity 0 - 7 dane c/a 1        0-7 drugi zapis:        bity 0 - 3 dane c/a 1        8-11
BASE + 28 (1C)	OUT	DAC_1	przetwornik cyfrowo-analogowy c/a 2 pierwszy zapis:    bity 0 - 7 dane c/a 2        0-7 drugi zapis:        bity 0 - 3 dane c/a 2        8-11
BASE + 30 (1E)	IN	DIG_IN_0	rejestr 8 młodszych wejść dwustanowych
BASE + 32 (1F)	IN	DIG_IN_1	rejestr 8 starszych wejść dwustanowych
BASE + 30	OUT	DIG_OUT_0	rejestr 8 młodszych wyjść dwustanowych
BASE + 32	OUT	DIG_OUT_1	rejestr 8 starszych wyjść dwustanowych



## 7.2. Widok modułu i ustawienie standardowe.



## 7.3. Zworki i mikroprzełączniki.

Przyłączenie kanału DMA do toru sterowania analogowego CA:

JP17 - DRQ 2  
 JP19 - DACK 2

JP4 - DRQ 3  
 JP6 - DACK 3

Praca w jednym kanale DMA - zwarte JP17 i JP19 - kanał 2  
 - zwarte JP4 i JP6 - kanał 3

Przyłączenie kanału DMA do toru pomiarowego AC:

JP16 - DRQ 1  
 JP18 - DACK 1

JP5 - DRQ 3  
 JP7 - DACK 3



Praca w jednym kanale DMA - zwarte JP16 i JP18 - kanał 1  
 - zwarte JP5 i JP7 - kanał 3

Wybór linii przerwania:

JP 1 - IRQ2 ON - zworka wybiera przerwanie  
 JP 3 - IRQ3  
 JP 2 - IRQ4 dopuszczalna tylko jedna z podanych

Taktowanie toru c/a:

JP 23 zwarte 1-2 taktowanie z CTC0-2 (standard CA)  
 JP 23 zwarte 2-3 taktowanie z CTC0-0,1 (z liczników toru AC)

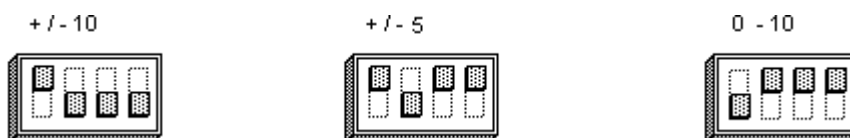
Przyłączenie linii zasilania +5V z komputera na gniazda modułu:

JP20 - przyłączenie +5V na pin 25 gniazda CON1  
 JP21 - przyłączenie +5V na piny 23 i 24 gniazda CON3  
 JP22 - przyłączenie +5V na piny 23 i 24 gniazda CON4

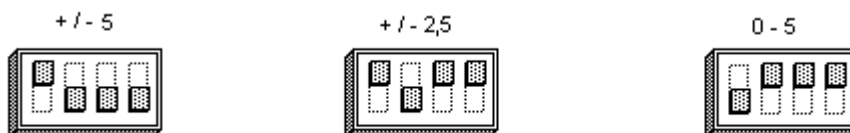
Wzmocnienie wzmacniacza próbkująco-pamiętającego SH - DS2:

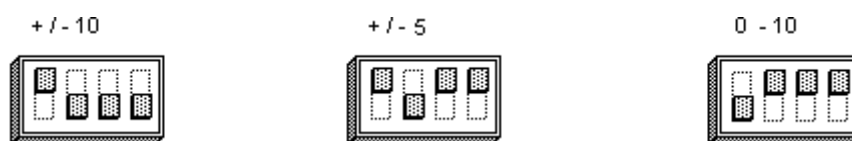
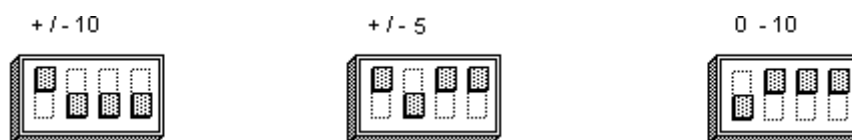


Ustawienie zakresów AC - DS1 (wzmocnienie SH k=1):



Ustawienie zakresów AC - DS1 (wzmocnienie SH k=2):



Ustawienie zakresów CA1 - DS3:Ustawienie zakresów CA2 - DS4:Adresacja modułu:

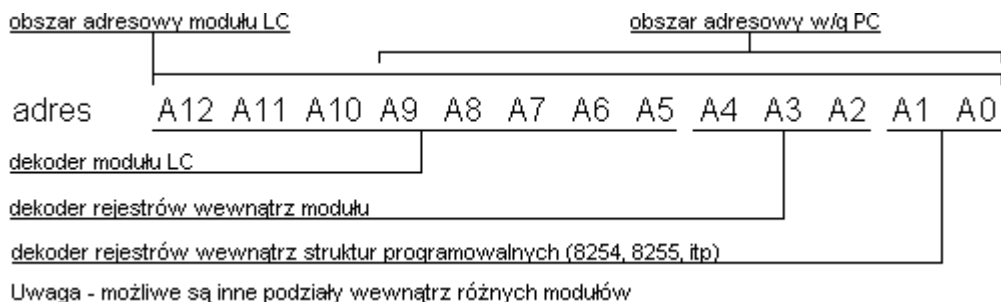
JP	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Moduł A adres bazowy $A20^{16}$
15 - A5		
14 - A6	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Moduł B adres bazowy $E20^{16}$
13 - A7		
12 - A8		
11 - A9	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Moduł C adres bazowy $B00^{16}$
10 - A10		
9 - A11		
8 - A12	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Moduł D adres bazowy $F00^{16}$
ON - adres = 0		
OFF - adres = 1		
	JP 8 9 10 11 12 13 14 15	

Adresy bazowe:

- adresy w obszarze we/wy komputera IBM / adres bazowy dla oprogramowania
- moduł A  $220^{16} .. 23F^{16} / A20^{16}$
- moduł B  $220^{16} .. 23F^{16} / E20^{16}$
- moduł C  $300^{16} .. 31F^{16} / B00^{16}$
- moduł D  $300^{16} .. 31F^{16} / F00^{16}$

Pojęcie modułu A, B, C i D oznacza symbolicznie pierwszy, drugi, trzeci i czwarty moduł danego typu zainstalowany w komputerze. Symbolika ta jest używana w parametrach programu sterującego (driver) oraz programu instalacyjnego. Komunikacja procesora z modułem odbywa się za pomocą instrukcji wejścia/wyjścia (IN/OUT). Według zasady przyjętej przez producentów komputerów typu IBM PC przy wykonywaniu instrukcji typu IN/OUT na płycie głównej i typowych modułach rozszerzenia dekodowane są bity adresu od A0 do A9. W modułach typu LC zastosowano rozbudowany dekodery adresu dekodujący bity od A0 do A12, i w obszarze jednego, typowego modułu do komputera IBM można zainstalować kilka modułów serii LC. W związku z tym powyżej podane są adresy bazowe modułów LC

dla oprogramowania z nimi współpracującego oraz adresy bazowe okrojone do bitów A0-A9 dla łatwego zorientowania modułu w przestrzeni adresowej komputera. Jak z tego wynika moduł LC o adresie bazowym dla jej oprogramowania np. B00<sup>16</sup> widziana jest jako urządzenie w komputerze zajmujące przestrzeń począwszy od adresu 300<sup>16</sup>. Adres 300<sup>16</sup> powstaje z adresu B00<sup>16</sup> poprzez zignorowanie (tj. przypisanie wartości 0) bitów A12, A11 i A10.



#### 7.4. Funkcje kanałów w układach CTC.

##### Programowalny układ czasowy 0 (CTC).

typ - 82C54

- kanał 0 - taktowanie pracy automatycznej toru a/c  
(32 bitowy licznik wspólnie z kanałem 1, młodsze 16 bitów)
- kanał 1 - taktowanie pracy automatycznej toru a/c  
(32 bitowy licznik wspólnie z kanałem 0, starsze 16 bitów)
- kanał 2 - taktowanie pracy automatycznej toru c/a  
(16-bitowy licznik)

wejście zegarowe kanału 0 - przebieg z generatora 2 MHz

wejście zegarowe kanału 1 - wyjście kanału 0

wejście zegarowe kanału 2 - przebieg z generatora 0.5 MHz

wejście wyzwajające kanału 0 - zezwolenie na pracę CTC a/c

wejście wyzwajające kanału 1 - zezwolenie na pracę CTC a/c

wejście wyzwajające kanału 2 - zezwolenie na pracę CTC c/a

wyjście kanału 0 - do wejścia kanału 1

wyjście kanału 1 - do układu sterowania a/c

wyjście kanału 2 - do układu sterowania c/a

tryby pracy kanału 0 - tryb 2

tryby pracy kanału 1 - tryb 2

tryby pracy kanału 2 - tryb 2

wartość zaprogramowana w kanale 0	-	zmienna - okres próbkowania a/c
wartość zaprogramowana w kanale 1	-	zmienna - okres próbkowania a/c
wartość zaprogramowana w kanale 2	-	zmienna - okres sterowania c/a

### Programowalny układ czasowy 1 (CTC).

typ - 82C54

kanal 0	-	odliczanie czasu próbkowania układów próbkujących a/c
kanal 1	-	kanal do wykorzystania przez użytkownika
kanal 2	-	licznik kanałów w sekwencji pomiarowej a/c

wejście zegarowe kanału 0	-	przebieg z generatora 8 MHz
wejście zegarowe kanału 1	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
wejście zegarowe kanału 2	-	z układu sterowania a/c

wejście wyzwalające kanału 0	-	z układu sterowania a/c
wejście wyzwalające kanału 1	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
wejście wyzwalające kanału 2	-	stałe zezwolenie

wyjście kanału 0	-	do układu sterowania a/c
wyjście kanału 1	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
wyjście kanału 2	-	do układu sterowania a/c

tryby pracy kanału 0	-	tryb 5
tryby pracy kanału 1	-	dowolny - według potrzeb użytkownika
tryby pracy kanału 2	-	tryb 2

wartość zaprogramowana w kanale 0	-	czas próbkowania - łącznie 3 ms
wartość zaprogramowana w kanale 1	-	zależna od potrzeb użytkownika
wartość zaprogramowana w kanale 2	-	liczba kanałów w sekwencji a/c tylko praca wielokanałowa a/c - od 2 do 16

### **7.5. Źródła przerwania.**

Przygotowanie układu przerwania w komputerze oraz wykonanie programu obsługi przerwania pozostawiamy użytkownikowi. Moduł generuje przerwanie sprzętowe o numerze ustawionym wstępnie za pomocą zworki po zaistnieniu jednej z wymienionych poniżej sytuacji (w zależności od ustawienia bitu sterującego INT\_SOURCE i stanu linii OVERRUN).

bit	- EN_IRQ	INT_SOURCE	przerwanie
0	0		po zakończeniu bloku transmisji DMA
0	1		po zakończeniu sekwencji pomiarowej
0	x		błąd transmisji a/c OVERRUN
1	x		zakaz przerw

Kasowanie zgłoszenia przerwania sprzętowego poprzez pusty odczyt RES\_IRQ albo podczas aktywnego zerowania układów sterujących.

W programie obsługi przerwania należy rozpoznać jego przyczynę. W pierwszej kolejności sprawdzamy stan bitu OVERRUN, jeśli jest nieaktywny rozpoznajemy przyczynę według stanu uprzednio ustawionej linii INT\_SOURCE.

Stan błędny OVERRUN możemy rozpoznać bez aktywacji przerwania poprzez odczyt rejestru stanu modułu.

## 8. CYKL PRACY TORU POMIAROWEGO MODUŁU.

### 8.1. Opis sygnałów.

START\_SEQ\ - sygnał startu sekwencji pomiarowej będący iloczynem sygnału startu z układu czasowego oraz sygnału startu zewnętrznego

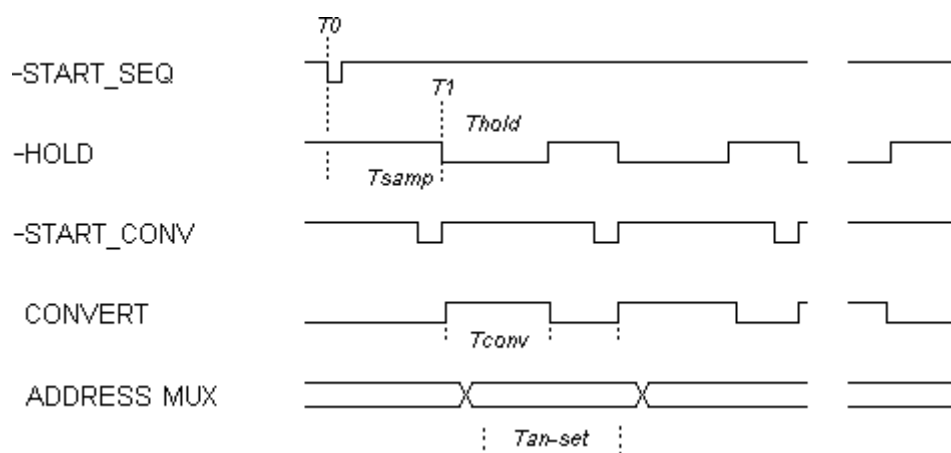
HOLD\ - informacja o stanie układu próbkująco-pamiętającego w konwerterze a/c

START\_CONV\ - sygnał startu konwersji przetwornika analogowo-cyfrowego

CONVERT - sygnał wskazujący trwanie konwersji analogowo-cyfrowej

ADDRESS - grupa linii adresujących multipleksery analogowe

### 8.2. Przebiegi czasowe.



Czasy charakterystyczne:

$T_0$  - moment rozpoczęcia sekwencji pomiarowej, liczy się od opadającego zbocza sygnału START\_SEQ z dokładnością  $\pm 125$  ns

$T_1$  - moment zatrzasku danych analogowych z pierwszego przetwarzanego kanału w układzie próbkująco-pamiętającym

$T_{samp}$  - rezerwa czasu na próbkowanie linii wejść analogowych

$T_{conv}$  - czas konwersji przetwornika - patrz typ i Dane Techniczne

$T_{an-set}$  - łączny czas przygotowania danych analogowych z jednego kanału tj. przełączenie adresu multipleksera i ustawienie wzmacniacza instrumentalnego i próbkowanie

## 9. PROGRAMOWANIE TORU POMIAROWEGO MODUŁU.

### 9.1. Wstęp do programowania.

W tym rozdziale przedstawiony jest sposób przygotowania modułu do pracy oraz przykłady wykonania różnego rodzaju sesji pomiarowych. Możliwa jest realizacja pomiarów w innych trybach, wymaga to pewnej modyfikacji przedstawionych algorytmów i czynność tę pozostawiamy użytkownikowi. Zalecane jest zapoznanie się kolejno ze wszystkimi przykładami, gdyż są one przedstawione według wzrastającej trudności wykonania i rosnącej mocy realizacji pomiarów. Dla uproszczenia przyjęto, że moduł pracuje z własnym zegarem taktującym i wyzwolenie sesji pomiarowej bądź sterowania realizowane jest programowo.

### 9.2. Programowanie kontrolera DMA.

Typ kontrolera DMA - odpowiednik INTEL 8237A

Kanał 0 pierwszego kontrolera - zarezerwowany  
 Kanał 1 pierwszego kontrolera - kanał 1 DMA  
 Kanał 2 pierwszego kontrolera - kanał 2 DMA  
 Kanał 3 pierwszego kontrolera - kanał 3 DMA

Adres bazowy pierwszego kontrolera DMA w komputerze - 016

Wybrane rejestry kontrolera:

Adres bazowy i bieżący kanału 1 DMA	-	216
Licznik adresu bieżącego kanału 1 DMA	-	316
Adres bazowy i bieżący kanału 2 DMA	-	416
Licznik adresu bieżącego kanału 2 DMA	-	516
Adres bazowy i bieżący kanału 3 DMA	-	616
Licznik adresu bieżącego kanału 3 DMA	-	716
Odczyt rejestru stanu, zapis rejestru poleceń	-	816
Zapis rejestru żądania transmisji	-	916
Zapis rejestru indywidualnych bitów maski	-	A16
Zapis rejestru trybu pracy	-	B16
Zerowanie wskaźnika młodszego bajtu	-	C16
Odczyt rejestru dodatkowego, zapis polecenia ogólnego zerowania	-	D16
Zerowanie rejestru maski	-	E16
Zapis rejestru grupowego bitów maski	-	F16
Adres rejestru strony kanału 1	-	8316
Adres rejestru strony kanału 2	-	8116

---

Adres rejestru strony kanału 3 - 8216

Rejestr strony zawiera bity od A16 do A23 adresu lokacji w pamięci.

Rejestr adresowy w kontrolerze zawiera bity od A0 do A15 adresu lokacji w pamięci.

Informacje szczegółowe dotyczące programowania kontrolera DMA dostępne w katalogu dowolnego producenta układów tego typu.

### 9.3. Inicjalizacja modułu.

- zapis danych do rejestru STATUS\_0:

bit 0 - -SINGLE_AC	1
bit 1 - -EN_DMA_AC	1
bit 2 - -EN_DMA_CA	1
bit 3 - -EN_DMA_2CA	1
bit 4 - EN_CTC_AC	0
bit 5 - EN_CTC_CA	0
bit 6 - EN_AUTOINIT	0
bit 7 - RESET	1

- zapis danych do rejestru STATUS\_1:

bit 0 - DO0	x
bit 1 - DO1	x
bit 2 - DO2	x
bit 3 - DO3	x
bit 4 - EXTRA_CTRL_0	x
bit 5 - EXTRA_CTRL_1	x
bit 6 - INT_SOURCE	0
bit 7 - -EN_INT	1

*Moduł jest w stanie aktywnego zerowania.*

- zapis danych do rejestru STATUS\_0:

bit 0 - -SINGLE_AC	1
bit 1 - -EN_DMA_AC	1
bit 2 - -EN_DMA_CA	1
bit 3 - -EN_DMA_2CA	1
bit 4 - EN_CTC_AC	0
bit 5 - EN_CTC_CA	0
bit 6 - EN_AUTOINIT	0



bit 7 - RESET 0

- zapis danych do rejestru STATUS\_1:

bit 0 - DO0	x
bit 1 - DO1	x
bit 2 - DO2	x
bit 3 - DO3	x
bit 4 - EXTRA_CTRL_0	x
bit 5 - EXTRA_CTRL_1	x
bit 6 - INT_SOURCE	0
bit 7 - -EN_INT	1

*Tor pomiarowy modułu jest w stanie neutralnym.*

- zaprogramować CTC0 kanał 0,1 - tryb 2, bez zapisu danych do liczników częstotliwość próbkowania
- zaprogramować CTC1 kanał 0 - tryb 2, wartość 24 czas na próbkowanie
- zaprogramować CTC1 kanał 2 - tryb 2, wartość 16 liczba kanałów w sekwencji
- zapis pusty do rejestru ADC\_W (wpis liczby kanałów do licznika CTC).

#### **9.4. Pomiar z odczytem programowym.**

##### Dane i cechy charakterystyczne:

- programowa transmisją wyników
- bufor pomiarowy w obrębie pamięci podstawowej komputera
- praca z wykorzystaniem taktowania programowego
- krótkie i wolne pomiary testowe
- bardzo proste oprogramowanie

##### Kolejne czynności:

- wykonanie inicjalizacji toru a/c

*Moduł jest w stanie nieaktywnym.*

- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru bufora danych (1 próbka - 2 bajty);
- zapis danych do rejestru STATUS\_0:

---

bit 0 - -SINGLE_AC	1
bit 1 - -EN_DMA_AC	1
bit 2 - -EN_DMA_CA	1
bit 3 - -EN_DMA_2CA	1
bit 4 - EN_CTC_AC	0
bit 5 - EN_CTC_CA	0
bit 6 - EN_AUTOINIT	0
bit 7 - RESET	0

- zapis danych do rejestru STATUS\_1:

bit 0 - DO0	x
bit 1 - DO1	x
bit 2 - DO2	x
bit 3 - DO3	x
bit 4 - EXTRA_CTRL_0	x
bit 5 - EXTRA_CTRL_1	x
bit 6 - INT_SOURCE	0
bit 7 - -EN_INT	1

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy.*

- odczyt pusty z rejestru EN\_START\_ADC (programowy start bloku pomiarów).

- zapis pusty do rejestru ADC\_W (programowy start sekwencji próbkowania).

- odczyt rejestru stanu i kontrola bitu DATA\_READY

- jeśli dane gotowe to dwukrotny odczyt rejestru danych ADC\_R

dwa ostatnie kroki powtarzać aż do zakończenia sekwencji pomiarowej

Wykonywać kolejne sekwencje pomiarowe według algorytmu aż do zapełnienia bufora.

- wykonanie inicjalizacji toru a/c

*Moduł jest w stanie nieaktywnym.*

## **9.5. Pomiar w trybie automatycznym DMA.**

Dane i cechy charakterystyczne:

- transmisją wyników kanałem DMA
- bufor pomiarowy w obrębie jednego bloku DMA
- praca z wykorzystaniem własnego zegara taktującego modułu.
  
- krótkie i maksymalnie szybkie pomiary
- stosunkowo proste oprogramowanie

#### Kolejne czynności:

- wykonanie inicjalizacji toru a/c

*Moduł jest w stanie nieaktywnym.*

- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru bufora danych dla transmisji kanałem DMA z modułu (1 próbka - 2 bajty);
- programowanie kontrolera DMA w komputerze - dotyczy tylko ustawionego kanału (patrz opis płyty głównej komputera oraz opis kontrolera DMA):
  - rejestr strony DMA,
  - adres początkowy bufora w obrębie strony DMA,
  - długość bufora w bajtach;
- programowanie układu przerwań w komputerze oraz zezwolenie na przerwanie w rejestrze stanu modułu (o ile pracujemy z wykorzystaniem przerwań);

*Komputer jest gotowy do transmisji.*

- programowanie częstotliwości próbkowania modułu:
  - tryb pracy kanału CTC0-0 i CTC0-1 modułu - 2,
  - dane dla CTC0-0 - pierwszy dzielnik zegara 8 MHz,
  - dane dla CTC0-1 - drugi dzielnik zegara podzielonego w kanale 0,
- zapis danych do rejestru STATUS\_0:

bit 0 - -SINGLE_AC	1
bit 1 - -EN_DMA_AC	0
bit 2 - -EN_DMA_CA	1
bit 3 - -EN_DMA_2CA	1
bit 4 - EN_CTC_AC	1
bit 5 - EN_CTC_CA	0
bit 6 - EN_AUTOINIT	0
bit 7 - RESET	0

- zapis danych do rejestru STATUS\_1:

bit 0 - DO0	x	
bit 1 - DO1	x	
bit 2 - DO2	x	
bit 3 - DO3	x	
bit 4 - EXTRA_CTRL_0	x	
bit 5 - EXTRA_CTRL_1	x	
bit 6 - INT_SOURCE	0	
bit 7 - -EN_INT	0	jeśli praca z przerwaniem

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy. Czeka na polecenie startu.*

- zapis pusty do rejestru SET\_EN\_ADC (programowy start bloku pomiarów).

*Moduł rozpoczyna i wykonuje pomiary i transmisje danych według zaprogramowanych parametrów. Zakończenie pomiarów samoczynne po wypełnieniu danymi bufora DMA. Na zakończenie moduł generuje przerwanie od końca bufora DMA.*

- wykonanie inicjalizacji toru a/c

*Moduł jest w stanie nieaktywnym.*

## 9.6. Pomiar w trybie automatycznym DMA - długie transmisje.

Dane i cechy charakterystyczne:

- transmisją wyników w kanale DMA
- bufor pomiarowy w obrębie wielu bloków DMA
- praca z wykorzystaniem własnego zegara taktującego modułu.
- długie i możliwie szybkie pomiary
- bufor DMA aż do pełnej pamięci PC
- trudne oprogramowanie

Kolejne czynności:

- wykonanie inicjalizacji toru a/c

*Moduł jest w stanie nieaktywnym.*

- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru dla kilku buforów danych dla transmisji kanałem DMA z modułu;

- programowanie kontrolera DMA w komputerze:

- rejestry stron DMA,
- adres początkowy bufora w obrębie strony DMA,
- długości buforów w bajtach;

- programowanie układu przerwań w komputerze oraz zezwolenie na przerwanie w rejestrze stanu modułu (o ile pracujemy z wykorzystaniem przerwań);

*Komputer jest gotowy do rozpoczęcia transmisji.*

- programowanie częstotliwości próbkowania modułu:

- tryb pracy kanału CTC0-0 i CTC0-1 modułu - 2,
- dane dla CTC0-0 - pierwszy dzielnik zegara 8 MHz,
- dane dla CTC0-1 - drugi dzielnik zegara podzielonego w kanale 0,

- zapis danych do rejestru STATUS\_0:

bit 0 - -SINGLE_AC	1
bit 1 - -EN_DMA_AC	0
bit 2 - -EN_DMA_CA	1
bit 3 - -EN_DMA_2CA	1
bit 4 - EN_CTC_AC	1
bit 5 - EN_CTC_CA	0
bit 6 - EN_AUTOINIT	1
bit 7 - RESET	0

- zapis danych do rejestru STATUS\_1:

bit 0 - DO0	x	
bit 1 - DO1	x	
bit 2 - DO2	x	
bit 3 - DO3	x	
bit 4 - EXTRA_CTRL_0	x	
bit 5 - EXTRA_CTRL_1	x	
bit 6 - INT_SOURCE	0	
bit 7 - -EN_INT	0	jeśli praca z przerwaniami

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy. Czekają na polecenie startu z programu lub z zewnątrz (linia ADC\_TRIG\_IN). W celu wykrycia momentu startu pomiarów*

---

*przy oczekiwaniu na sygnał zewnętrzny moduł generuje przerwanie od startu bloku pomiarów.*

- zapis pusty do rejestru SET\_EN\_ADC (programowy start bloku pomiarów).

*Moduł rozpoczyna i wykonuje pomiary i transmisje danych według zaprogramowanych parametrów.*

*Zakończenie pomiarów nastąpi po ich zatrzymaniu programowym albo przy zastopowaniu kontrolera DMA.*

- wykonanie inicjalizacji toru a/c

*Moduł jest w stanie nieaktywnym.*

## 10. PROGRAMOWANIE TORU STEROWANIA ANALOGOWEGO.

### 10.1. Inicjalizacja toru sterowania analogowego modułu.

- zapis danych do rejestru STATUS\_0:

bit 0 - -SINGLE_AC	x
bit 1 - -EN_DMA_AC	x
bit 2 - -EN_DMA_CA	1
bit 3 - -EN_DMA_2CA	1
bit 4 - EN_CTC_AC	x
bit 5 - EN_CTC_CA	0
bit 6 - EN_AUTOINIT	x
bit 7 - RESET	1

- zapis danych do rejestru STATUS\_1:

bit 0 - DO0	x	
bit 1 - DO1	x	
bit 2 - DO2	x	
bit 3 - DO3	x	
bit 4 - EXTRA_CTRL_0	x	
bit 5 - EXTRA_CTRL_1	x	
bit 6 - INT_SOURCE	0	
bit 7 - -EN_INT	0	jeśli praca z przerwaniami

*Tor sterowania analogowego w module jest w stanie aktywnego zerowania.*

- zapis danych do rejestru STATUS\_0:

bit 0 - -SINGLE_AC	x
bit 1 - -EN_DMA_AC	x
bit 2 - -EN_DMA_CA	1
bit 3 - -EN_DMA_2CA	1
bit 4 - EN_CTC_AC	x
bit 5 - EN_CTC_CA	0
bit 6 - EN_AUTOINIT	x
bit 7 - RESET	0

- zapis danych do rejestru STATUS\_1:

bit 0 - DO0	x
bit 1 - DO1	x

---

bit 2 - DO2	x	
bit 3 - DO3	x	
bit 4 - EXTRA_CTRL_0	x	
bit 5 - EXTRA_CTRL_1	x	
bit 6 - INT_SOURCE	0	
bit 7 - -EN_INT	0	jeśli praca z przerwaniem

*Tor sterowania analogowego w module jest w stanie neutralnym.*

- zaprogramować CTC0 kanał 2 - tryb 2, bez transmisji danych

## **10.2. Analogowe sterowanie programowe.**

### Dane i cechy charakterystyczne:

- programowa transmisją danych do wysłania
- bufor sterowania w obrębie pamięci podstawowej komputera
- praca z wykorzystaniem taktowania programowego
  
- krótkie i wolne sterowania testowe
- bardzo proste oprogramowanie

### Kolejne czynności:

- wykonanie inicjalizacji toru c/a

*Tor sterowania analogowego w module jest w stanie nieaktywnym.*

- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru bufora danych (1 próbka - 2 bajty);
- przygotowanie zawartości bufora do wysłania;

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy.*

- zapis danych dotyczących bieżącego sterowania do rejestrów układu ca1 i ca2

dwa ostatnie kroki powtarzać aż do zakończenia sekwencji sterowania

Wykonywać kolejne sekwencje sterowania według algorytmu aż do zapełnienia bufora.

- wykonanie inicjalizacji toru c/a



---

*Tor sterowania analogowego na module jest w stanie nieaktywnym.*

### **10.3. Sterowanie analogowe w trybie automatycznym DMA - jeden cykl.**

#### Dane i cechy charakterystyczne:

- transmisja danych do wysłania kanałem DMA
- bufor sterowania w obrębie całej pamięci komputera
- praca z wykorzystaniem taktowania własnym zegarem modułu
  
- szybkie sterowanie jednokrotne
- niezbyt trudne oprogramowanie

#### Kolejne czynności:

- wykonanie inicjalizacji toru c/a

*Tor sterowania analogowego w module jest w stanie nieaktywnym.*

- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru bufora danych dla transmisji kanałem DMA do modułu (1 sterowanie - 2 bajty);
- przygotowanie zawartości bufora do wysłania;
- programowanie kontrolera DMA w komputerze - dotyczy tylko kanału c/a:
  - rejestr strony DMA,
  - adres początkowy bufora w obrębie strony DMA,
  - długość bufora w próbkach;
- programowanie układu przerwań w komputerze oraz zezwolenie na przerwanie w rejestrze stanu modułu (o ile pracujemy z wykorzystaniem przerwań);

*Komputer jest gotowy do transmisji.*

- programowanie częstotliwości sterowania modułu:
  - tryb pracy kanału CTC0-2 modułu - 2,
  - dane dla CTC0-2 - dzielnik zegara 0.5 MHz,
- zapis danych do rejestru STATUS\_0:

bit 0 - -SINGLE_AC	x
bit 1 - -EN_DMA_AC	x
bit 2 - -EN_DMA_CA	0

---

bit 3 - -EN_DMA_2CA	0
bit 4 - EN_CTC_AC	x
bit 5 - EN_CTC_CA	1
bit 6 - EN_AUTOINIT	x
bit 7 - RESET	0

- zapis danych do rejestru STATUS\_1:

bit 0 - DO0	x	
bit 1 - DO1	x	
bit 2 - DO2	x	
bit 3 - DO3	x	
bit 4 - EXTRA_CTRL_0	x	
bit 5 - EXTRA_CTRL_1	x	
bit 6 - INT_SOURCE	0	
bit 7 - -EN_INT	0	jeśli praca z przerwaniem

*W tym momencie moduł rozpoczyna wysyłanie sterowania.*

*Sterowanie zakończy się po zakończeniu transmisji danych z bufora DMA.*

- wykonanie inicjalizacji toru c/a

*Tor sterowania analogowego na module jest w stanie nieaktywnym.*

#### **10.4. Sterowanie analogowe w trybie automatycznym DMA - praca cykliczna.**

##### Dane i cechy charakterystyczne:

- transmisja danych do wysłania kanałem DMA
- bufor sterowania w obrębie całej pamięci komputera
- praca z wykorzystaniem taktowania własnym zegarem modułu
- szybkie sterowanie w trybie pracy cyklicznej
- niezbyt trudne oprogramowanie

##### Kolejne czynności:

- wykonanie inicjalizacji toru c/a

*Tor sterowania analogowego w module jest w stanie nieaktywnym.*

- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru bufora danych dla transmisji kanałem DMA do modułu (1 sterowanie - 2 bajty);

- przygotowanie zawartości bufora do wysłania;
- programowanie kontrolera DMA w komputerze - dotyczy tylko kanału c/a:
  - rejestr strony DMA,
  - adres początkowy bufora w obrębie strony DMA,
  - długość bufora w próbkach,
  - kontroler DMA w trybie pracy cyklicznej;
- programowanie układu przerwań w komputerze oraz zezwolenie na przerwanie w rejestrze stanu modułu (o ile pracujemy z wykorzystaniem przerwań);

*Komputer jest gotowy do transmisji.*

- programowanie częstotliwości sterowania modułu:
  - tryb pracy kanału CTC2-0 i CTC2-1 modułu - 2,
  - dane dla CTC2-0 - pierwszy podzielnik zegara 10 MHz,
  - dane dla CTC2-1 - drugi podzielnik zegara podzielonego w kanale 0,

- zapis danych do rejestru STATUS\_0:

bit 0 - -SINGLE_AC	x
bit 1 - -EN_DMA_AC	x
bit 2 - -EN_DMA_CA	0
bit 3 - -EN_DMA_2CA	0
bit 4 - EN_CTC_AC	x
bit 5 - EN_CTC_CA	1
bit 6 - EN_AUTOINIT	x
bit 7 - RESET	0

- zapis danych do rejestru STATUS\_1:

bit 0 - DO0	x	
bit 1 - DO1	x	
bit 2 - DO2	x	
bit 3 - DO3	x	
bit 4 - EXTRA_CTRL_0	x	
bit 5 - EXTRA_CTRL_1	x	
bit 6 - INT_SOURCE	0	
bit 7 - -EN_INT	0	jeśli praca z przerwaniami

---

*Moduł realizuje sterowanie analogowe według uprzednio zaprogramowanych parametrów. Dane z bufora DMA wysyłane są w sposób cykliczny do przetworników c/a. Sterowanie zakończy się po inicjalizacji toru sterowania modułu.*

- wykonanie zerowania toru c/a

*Tor sterowania analogowego na module jest w stanie nieaktywnym.*

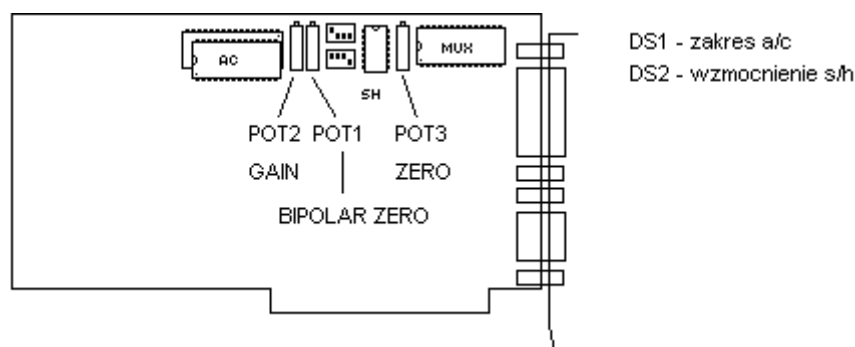
## 11. STROJENIE UKŁADÓW ANALOGOWYCH WEJŚCIOWYCH.

### 11.1. Numeracja potencjometrów.

- P2 - GAIN - górny koniec charakterystyki przetwornika
- P1 - BIPOLAR ZERO - dolny koniec charakterystyki przetwornika przy pracy na zakresach bipolarnych
- P3 - ZERO - zerowanie wzmacniacza próbkująco-pamiętającego

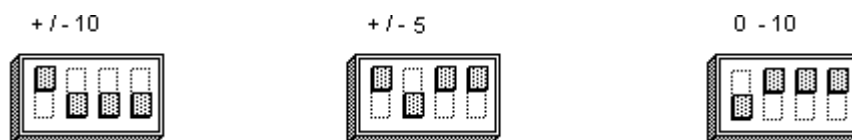
### 11.2. Znaczenie potencjometrów.

- ZERO zerowanie wzmacniacza próbkująco-pamiętającego  
zakres regulacji ok. +/- 20 mV;
- BIPOLAR ZERO ustawienie dolnego punktu skali przetwornika tzn. ustawienie wartości 000<sup>16</sup> przy nominalnym, dolnym napięciu zakresowym dla zakresów bipolarnych  
zakres regulacji min. +/- 50 mV;
- GAIN ustawienie górnego punktu skali przetwornika tzn. ustawienie wartości FFF<sup>16</sup> przy nominalnym, górnym napięciu zakresowym  
zakres regulacji min. +/- 50 mV



### 11.3. Ustawienie bazowych zakresów a/c.

dla wzmocnienia układu SH  $k = 1$



## 11.4. Instrukcja strojenia a/c.

Podczas strojenia modułu korzystamy z funkcji ciągłego odczytu wejść analogowych w programie testowym.

Dane liczbowe typu xxx<sup>16</sup> oznaczają liczby przedstawione w kodzie szesnastkowym.

Dopuszczalne jest przełączanie zakresów wejść analogowych bez wyłączenia komputera, należy jednak przestrzegać zasady, aby najpierw ustawiać wszystkie pola przełącznika na pozycję OFF a dopiero potem wybrane pola ustawiać na ON. Pozostawienie przełącznika na dłuższy czas w niewłaściwej pozycji może spowodować charakterystyczne uszkodzenie układu przetwornika analogowo-cyfrowego.

Wzmocnienie układu próbkującego ustawić na k=1.

- Do wejść analogowych przyłączyć zasilacz kalibracyjny z woltomierzem o dokładności min. 4 i 1/2 cyfry;
- Na wejścia analogowe podać napięcie 0.000 V;
- Ustawić zakres 0-10V;
- Potencjometrem P3 (ZERO) ustawić nienasycony odczyt 000<sup>16</sup>;
- Ustawić zakres +/-10V;
- Na wejścia analogowe podać napięcie -10.000 V;
- Potencjometrem P1 (BIPOlar ZERO) ustawić odczyt 000<sup>16</sup>;
- Na wejścia analogowe podać napięcie +10.000 V;
- Potencjometrem P2 (GAIN) ustawić nienasycony odczyt FFF<sup>16</sup>;
- Na wejścia analogowe podać napięcie 0.000 V;
- Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach 800<sup>16</sup>;
- Ustawić zakres +/-5V;
- Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach 800<sup>16</sup>;
- Na wejścia analogowe podać napięcie -5.000 V;
- Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach 000<sup>16</sup>-001<sup>16</sup>;
- Na wejścia analogowe podać napięcie +5.000 V;
- Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach FFE<sup>16</sup>-FFF<sup>16</sup>;
- Ustawić zakres 0-10V;
- Na wejścia analogowe podać napięcie 0 V;
- Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach 000<sup>16</sup>-001<sup>16</sup>;
- Na wejścia analogowe podać napięcie +10.000 V;
- Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach FFE<sup>16</sup>-FFF<sup>16</sup>.

Układ wejść analogowych strojony jest standardowo na zakresie +/-10V, na zakresach +/-5V oraz 0-10V mogą wystąpić niewielkie różnice związane z niedokładnością wykonania rezystorów skalujących w konwerterze analogowo-cyfrowym. W

stosowanych układach konwerterów analogowo-cyfrowych różnice te są pomijalnie małe (rzędu 5 mV).

Podobnie jak powyżej mogą wystąpić pewne błędy układu przy przełączeniu wzmocnienia układu próbkująco-pamiętającego. Rozbieżności te są niewielkie i brak jest możliwości ich dostrojenia.

---

## 12. STROJENIE UKŁADÓW ANALOGOWYCH WYJŚCIOWYCH.

### 12.1. Numeracja potencjometrów.

#### Układ c/a 1

- P7 - GAIN - górny koniec charakterystyki przetwornika
- P6 - BIPOLAR ZERO - dolny koniec charakterystyki przetwornika przy pracy na zakresach bipolarnych
- P4 - ZERO - zerowanie bufora analogowego

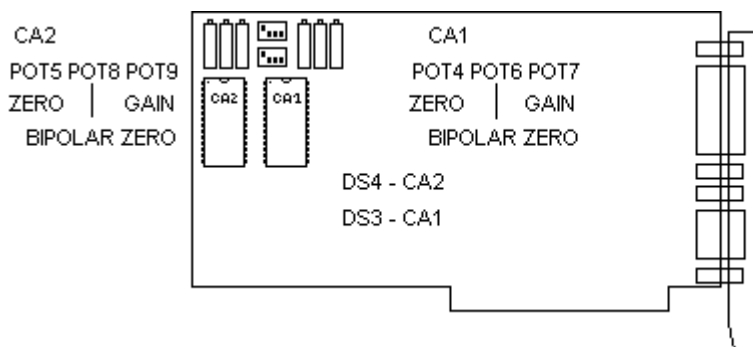
#### Układ c/a 2

- P9 - GAIN - górny koniec charakterystyki przetwornika
- P8 - BIPOLAR ZERO - dolny koniec charakterystyki przetwornika przy pracy na zakresach bipolarnych
- P5 - ZERO - zerowanie bufora analogowego

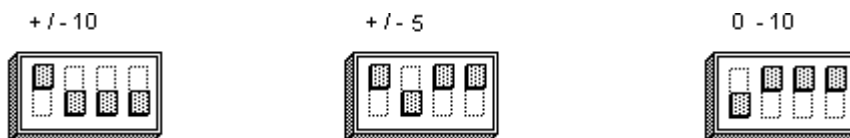
### 12.2. Znaczenie potencjometrów.

- ZERO zerowanie wzmacniacza operacyjnego LM310 spełniającego rolę bufora analogowego dopasowującego impedancję w układzie wejścia analogowego - układ ten znajduje się pomiędzy wyjściem z multiplexerów analogowych a wejściem przetwornika analogowo-cyfrowego zakres regulacji ok. +/- 20 mV;
- BIPOLAR ZERO ustawienie dolnego punktu skali przetwornika tzn. ustawienie wartości 000<sup>16</sup> przy nominalnym, dolnym napięciu zakresowym dla zakresów bipolarnych zakres regulacji min. +/- 50 mV;
- GAIN ustawienie górnego punktu skali przetwornika tzn. ustawienie wartości FFF<sup>16</sup> przy nominalnym, górnym napięciu zakresowym zakres regulacji min. +/- 50 mV





### 12.3. Ustawienie zakresów c/a.



### 12.4. Instrukcja strojenia c/a.

Podczas strojenia modułu korzystamy z funkcji wysłania pojedynczego sterowania do obu układów a/c w programie testowym.

Dane liczbowe typu xxx<sup>16</sup> oznaczają liczby przedstawione w kodzie szesnastkowym.

Dopuszczalne jest przełączanie zakresów wejść analogowych bez wyłączenia komputera, należy jednak przestrzegać zasady, aby najpierw ustawiać wszystkie pola przełącznika na pozycję OFF, a dopiero potem wybrane pola ustawiać na ON. Pozostawienie przełącznika na dłuższy czas w niewłaściwej pozycji może spowodować charakterystyczne uszkodzenie układu przetwornika cyfrowo-analogowego.

Potencjometry : tor c/a 1 , tor c/a 2

- Do wyjścia analogowego przyłączyć woltomierz o dokładności min. 4 i 1/2 cyfry;
- Na wyjścia analogowe wysłać wartość 000<sup>16</sup>;
- Ustawić zakres 0-10 V;
- Potencjometrem P4, P5 (ZERO) ustawić napięcie 0.000 V;
- Ustawić zakres +/-10 V;
- Potencjometrem P6, P8 (BIPOLAR ZERO) ustawić napięcie -10.000 V;
- Na wyjścia analogowe wysłać wartość FFF<sup>16</sup>;
- Potencjometrem P7, P9 (GAIN) ustawić odczyt +10.000 V;
- Na wyjścia analogowe wysłać wartość 7FF<sup>16</sup>;
- Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach 0.00 V;

- 
- Ustawić zakres +/-5 V;
  - Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach 0.00 V;
  - Na wyjścia analogowe wysłać wartość 000<sup>16</sup>;
  - Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach -5.000 V;
  - Na wyjścia analogowe wysłać wartość FFF<sup>16</sup>;
  - Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach +5.000 V;
  - Ustawić zakres 0-10V;
  - Sprawdzić, czy odczyt waha się w granicach +10.000 V;

Układy wyjść analogowych strojone są standardowo na zakresie +/-10 V, na zakresach +/-5 V oraz 0-10 V mogą wystąpić niewielkie różnice związane z niedokładnością wykonania rezystorów skalujących w konwerterach cyfrowo-analogowych. W stosowanych układach konwerterów różnice te są pomijalnie małe (rzędu 5 mV).

## **INFORMACJE DODATKOWE**

### **13. NAPRAWY I KONSERWACJA.**

Wszelkie naprawy powinny być wykonywane tylko przez wysokokwalifikowany personel. Zalecane jest dokonywanie napraw u producenta. Aby zapewnić wysoką dokładność pomiarów należy przeprowadzać okresowe skalowanie u producenta lub przez osoby o odpowiednio wysokich kwalifikacjach.

Wszelkie dopuszczalne manipulacje z modułem mogą być dokonane po uprzednim wyłączeniu zasilania komputera oraz wyjęciu wtyku zasilającego z gniazdka sieciowego.

### **14. MAGAZYNOWANIE I TRANSPORT.**

Warunki magazynowania i transportu powinny być zgodne z normą PN-76/T-6500/08

W szczególności pomieszczenie magazynowe powinno spełniać poniższe wymagania:

- pomieszczenia czyste i wentylowane
- temperatura nie niższa niż 278 K
- wilgotność nie większa niż 80 %

Transport urządzenia może się odbywać dowolnym środkiem transportu, jednakże niedopuszczalne jest przewożenie środkami transportu zanieczyszczonymi aktywnie działającymi chemikaliami, pyłem węglowym, itp.