



**EGMONT INSTRUMENTS**

---



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

**LC-015-1612**

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-015-1612 wraz z niniejszą dokumentacją. Jest ona 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.*

*Poza dokumentacją techniczną modułu dołączona jest dokumentacja oprogramowania podstawowego. Zawiera opis programu driver wraz z kilkoma programami przykładowymi z nim współpracującymi. Ta część dokumentacji przeznaczona jest dla użytkowników pragnących samodzielnie stworzyć programy pomiarowe.*

## SPIS TREŚCI

### DOKUMENTACJA PODSTAWOWA:

1.	OPIS TECHNICZNY	5
1.1.	Wstęp	5
1.2.	Dopuszczalne parametry techniczne	7
1.3.	Charakterystyczne parametry techniczne	7
1.4.	Schemat blokowy	11
2.	INSTALACJA MODUŁU W KOMPUPERZE	12
2.1.	Kolejność czynności związanych z instalacją modułu	12
2.2.	Trudności mogące wystąpić przy instalacji modułu	12
2.3.	Uwagi dotyczące instalacji	13
3.	POMIARY I STEROWANIE	14
3.1.	Komputerowy system pomiarowo-kontrolny	14
3.2.	Metodologia wykonywania pomiarów i sterowań	18
3.3.	Przykłady wykonania okablowania	19
3.4.	Uwagi dotyczące wykonania połączeń pomiarowych	21
3.5.	Uwagi dotyczące eksploatacji modułów pomiarowych	22
3.6.	Opis gniazd modułu	23
3.7.	Znaczenie linii na gniazdach	24
4.	OPROGRAMOWANIE - INFORMACJA OGÓLNA	26
4.1.	Program sterujący driver LC1516.EXE	26
4.2.	Program testujący LCTEST.EXE	26
4.3.	Programowanie w językach wyższego poziomu	26
5.	SŁOWNIK POJĘĆ	27

### DOKUMENTACJA SZCZEGÓŁOWA:

6	PAMIĘĆ PROGRAMU SEKWENCJI POMIAROWEJ	29
6.1.	Opis ogólny	29
6.2.	Interpretacja informacji w pamięci	30
6.3.	Mapa pamięci programu sekwencji pomiarowej	31
6.4.	Przykłady programowania sekwencji pomiarowej	31
7.	WZMACNIACZ INSTRUMENTALNY	35
8.	PRACA JEDNOCZESNA WIELU MODUŁÓW	36
9.	OPIS KONFIGURACJI WEWNĘTRZNEJ PAKIETU	37
9.1.	Rejestry wewnętrzne modułu	37
9.2.	Widok modułu i ustawienie standardowe	38
9.3.	Zworki i mikroprzełączniki	38
9.4.	Funkcje kanałów w układach CTC	42
9.5.	Źródła przerwań	44
10.	CYKL PRACY TORU POMIAROWEGO MODUŁU	46
10.1.	Opis sygnałów	46
10.2.	Przebiegi czasowe	46

---

11.	PROGRAMOWANIE TORU POMIAROWEGO MODUŁU	48
11.1.	Wstęp do programowania toru pomiarowego	48
11.2.	Programowanie kontrolera DMA	48
11.3.	Programowanie czasu cyklu a/c	49
11.4.	Inicjalizacja toru pomiarowego modułu	49
11.5.	Zapis danych do pamięci programu	51
11.6.	Pomiar z odczytem programowym	51
11.7.	Pomiar w trybie automatycznym DMA - jeden kanał DMA	52
11.8.	Pomiar w trybie automatycznym DMA - dwa kanały DMA	54
11.9.	Pomiar w trybie automatycznym DMA - dwa kanały DMA i długie transmisje	56
11.10.	Pomiar w trybie automatycznym DMA - "pretriggering"	58
11.11.	Pomiary w trybie różnicowym	62
12.	PROGRAMOWANIE TORU STEROWANIA ANALOGOWEGO	63
12.1.	Inicjalizacja toru sterowania analogowego modułu	63
12.2.	Analogowe sterowanie programowe	64
12.3.	Sterowanie analogowe w trybie automatycznym DMA - jeden cykl	65
12.4.	Sterowanie analogowe w trybie automatycznym DMA - praca cykliczna	67
13.	STROJENIE UKŁADÓW ANALOGOWYCH WEJŚCIOWYCH	69
13.1.	Numeracja potencjometrów	69
13.2.	Znaczenie potencjometrów	69
13.3.	Ustawienie bazowych zakresów a/c	69
13.4.	Instrukcja strojenia a/c	70
14.	STROJENIE UKŁADÓW ANALOGOWYCH WYJŚCIOWYCH	72
14.1.	Numeracja potencjometrów	72
14.2.	Znaczenie potencjometrów	72
14.3.	Ustawienie zakresów c/a	73
14.4.	Instrukcja strojenia c/a	73

**INFORMACJE DODATKOWE:**

15.	NAPRAWY I KONSERWACJA	75
16.	MAGAZYNOWANIE I TRANSPORT	75

# DOKUMENTACJA PODSTAWOWA

## 1. OPIS TECHNICZNY.

### 1.1. Wstęp.

Moduł LC-015-1612 jest nowoczesnym uniwersalnym urządzeniem pomiarowym przystosowanym do pracy w komputerach PC 286/386/486/Pentium wyposażonych w standardową magistralę 16-bitową ISA. Moduł umożliwia wykonywanie pomiarów wielkości elektrycznych lub reprezentowanych przez nie wielkości fizycznych za pomocą toru przetwornika analogowo-cyfrowego. Automat sterujący modułu LC-015-1612 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-015-1612 ma uniwersalną konfigurację. Składa się z nowoczesnego przetwornika analogowo-cyfrowego zawierającego wbudowany układ próbkująco-pamiętający, multiplekserów analogowych pracujących różnicowo albo ze wspólną masą oraz wysokiej klasy wzmacniacza instrumentalnego pomiędzy multiplekserem a przetwornikiem. Możliwe jest skonfigurowanie modułu w wersji dosyć prostej i niedrożej tj. ze stosunkowo wolnym przetwornikiem bez wzmacniacza pomiarowego, jak również w wersji bardzo bogatej wyposażonej w szybki przetwornik analogowo-cyfrowy i wysokiej klasy wzmacniacz pomiarowy z dużym wzmocnieniem. Należy jednak pamiętać, że przy pracy z dużymi wzmocnieniami spada maksymalna dopuszczalna szybkość pracy ze względu na czas ustawienia wzmacniacza instrumentalnego oraz rośnie poziom zakłóceń pomiarowych ze względu na gorszy stosunek sygnału mierzonego do szumu. Zakresy napięć wejściowych ustawia się dwuetapowo. Najpierw wstępnie za pomocą mikroprzełącznika przy przetworniku analogowo-cyfrowym ustawia się zakres maksymalny wspólny dla wszystkich kanałów, następnie indywidualnie dla każdego kanału ustawiane jest wzmocnienie wzmacniacza instrumentalnego (przełączane dynamicznie przez układ sterowania podczas realizacji pomiarów). Wartość tego drugiego parametru ustalana jest podczas programowania pamięci programu sekwencji próbkowania. Przełączenie trybu pracy układu z pracy 8-kanałowej z wejściami symetrycznymi do trybu pracy 16-kanałowej z wejściami ze wspólną masą dokonuje się za pomocą zworek przy układach multiplekserów analogowych oraz przy wejściach wzmacniacza instrumentalnego. W obu trybach pracy wymagane jest inne okablowanie analogowych linii wejściowych.

Automat sterujący toru analogowo-cyfrowego zbudowany z nowoczesnych struktur programowalnych umożliwia wykonywanie pomiarów w dowolnie

zaprogramowanej liczbie i konfiguracji kanałów, ze wzmocnieniem różnym w różnych kanałach oraz z zaprogramowaną częstotliwością. Możliwe jest realizowanie pomiarów w poszczególnych kanałach z różną częstotliwością. Taka dowolność możliwa jest dzięki lokalnej pamięci zawierającej programy kolejnych sekwencji próbkowania. 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 wyzwalenie pomiarów przez zdarzenia zewnętrzne dzięki odpowiednim wejściom TTL. Tor przetwornika analogowo-cyfrowego przesyła dane poprzez jeden albo dwa kanały DMA. Pojedynczy cykl pomiarowy pozwala na zmierzenie bloku próbek o wielkości zależnej od rozmiaru wolnej pamięci operacyjnej wykorzystywanego komputera.

Tor sterowania analogowego modułu LC-015-1612 składa się z dwóch przetworników cyfrowo-analogowych z buforami oraz układu sterowania wykonanego na strukturach programowalnych. Jest on całkowicie niezależny od toru pomiarowego i pracuje programowo albo automatycznie na jednym kanale DMA. Możliwa jest praca w jednym albo w dwóch kanałach wyjść analogowych jednocześnie na zaprogramowanej w szerokim zakresie 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-015-1612 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-015-1612 może współpracować 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                       | - | ISA (16-bitowa)        |
| - typ procesora                                | - | 286, 386, 486, Pentium |

## 1.3. Charakterystyczne parametry techniczne.

### Wejścia analogowe:

- przetwornik analogowo-cyfrowy:
 

wersja I	Tconv = 5 μs	Analog Devices AD678JN
wersja II	Tconv = 8 μs	Burr-Brown ADS774JP
- układ próbkująco-pamiętający wbudowany w przetwornik analogowo-cyfrowy
- multipleksery analogowe 2x Burr-Brown MPC508AP
- liczba i typ wejść 16 niesymetrycznych  
lub 8 symetrycznych (różnicowych)
- oporność wejściowa 10 MΩ
- zabezpieczenie wejść analogowych +/- 35 V
- wzmacniacz instrumentalny
 

wzmocnienia 1,10,100,1000x	Burr-Brown PGA202KP
lub wzmacnienia 1,2,4,8x	Burr-Brown PGA203KP
- czas ustawiania wzmacniacza
 

wzmocnienia 1, 2, 4, 8, 10, 100x	2 μs
wzmocnienie 1000x	10 μs
- rozdzielczość 12 bitów
- dokładność (przy wzmacnieniu 1x) 1 LSB
- kod pracy
 

wersja I	zakres unipolarny	naturalny binarny
	zakres bipolarny	uzupełnieniowy do 2 (U2)
wersja II	zakres unipolarny	naturalny binarny
	zakresy bipolarne	binarny z przesunięciem
- zakresy napięć wejściowych (przy wzmacnieniu 1)
 

wersja I	0 - 10 V
	+/- 5 V
wersja II	+/- 10 V
	+/- 5 V
	0 - 10 V
- wewnętrzne napięcie referencyjne do kalibracji przetwornika
- minimalna częstotliwość próbkowania 1 pomiar na ok. 7 minut
- maksymalna częstotliwość próbkowania / minimalny czas pomiędzy próbkami przy pomiarze jednokanałowym i pracy automatycznej kanałem DMA, bez wzmacniacza instrumentalnego
 

wersja I	200 kHz / 5 μs
----------	----------------

wersja II

125 kHz / 8  $\mu$ s

dane zależne od szybkości transmisji przez kanał DMA komputera, powyższe dotyczą transmisji do 1 bloku DMA przy pracy pod DOS-em, częstotliwości te mogą zmniejszać się przy dłuższych transmisjach, zmiana ta zależy też od typu i egzemplarza komputera oraz od systemu operacyjnego, częstotliwości zmniejszają się też przy włączeniu wzmacniacza instrumentalnego zależnie od ustawionego wzmocnienia, przy pomiarze wielokanałowym czasy zwiększają się według zależności:

$$T_n = N * T_{conv} [\mu s], \text{ gdzie } N - \text{liczba próbek (kanałów) w sekwencji}$$

- testowanie maksymalnej częstotliwości pracy driver
- wykorzystanie kanałów DMA kanały 16-bitowe 5 i 6
- praca w jednym kanale DMA
- praca w dwóch kanałach DMA częstotliwość próbkowania poniżej 80 kHz (1 kanał)
- ustawienie standardowe częstotliwość próbkowania powyżej 80 kHz (1 kanał)
- praca w dwóch kanałach DMA - kanał 5 i 6

#### Warianty pracy toru a/c:

- praca bez użycia kanałów DMA programowa
- praca w jednym kanale DMA kanał 5 albo 6
- praca w dwóch kanałach DMA kanały 5 i 6

#### Pamięć programu sekwencji próbkowania:

- wielkość pamięci 2048 bajtów
- organizacja danych 1 bajt zawiera numer kanału i 2 bity sterujące
- zapis i odczyt danych do/z pamięci bezpośrednio z komputera
- typowe tryby pracy programowane przez program sterujący driver
- indywidualne programowanie sekwencji próbkowania

#### Wyjścia analogowe:

- przetwornik cyfrowo-analogowy: Analog Devices AD667JN  
lub Burr-Brown DAC667JP
- bufor analogowy LF356
- typ wyjść niesymetryczne
- liczba wyjść 0, 1 lub 2
- oporność wyjściowa 0.1  $\Omega$
- rozdzielczość 12 bitów
- nieliniowość całkowita przetwornika 0.012 % (FS)
- poziom zakłóceń cyfrowych 0.012 % (FS)
- gwarantowana monotoniczność
- kod pracy zakres unipolarny naturalny binarny



	zakresy bipolarne	binarny z przesunięciem
- zakresy napięć wyjściowych		+/- 10 V +/- 5 V 0 - 10 V
- wewnętrzne napięcie referencyjne do kalibracji przetwornika		+ 10.000 V
- minimalna częstotliwość sterowania		1 sterowanie na ok. 7 minut
- maksymalna częstotliwość sterowania / minimalny czas pomiędzy próbkami		
przy pracy jednokanałowej automatycznej kanałem DMA		100 kHz / 10 $\mu$ s
przy pracy dwukanałowej automatycznej kanałem DMA		50 kHz / 20 $\mu$ s
dane zależne od szybkości transmisji przez kanał DMA komputera, powyższe dotyczą transmisji do 1 bloku DMA przy pracy pod DOS-em, częstotliwości te mogą zmniejszać się przy dłuższych transmisjach, zmiana ta zależy też od typu i egzemplarza komputera oraz od systemu operacyjnego		

#### Warianty pracy toru c/a:

- praca bez użycia kanałów DMA	
programowa	
- praca w jednym kanale DMA	kanal 7

#### Wejścia i wyjścia dwustanowe uniwersalne:

- liczba wejść	16
- liczba wyjść	16
- standard	TTL

#### Wejścia i wyjścia dwustanowe sterujące:

- liczba wejść wyzwalających	4
- liczba wyjść sterujących	2
- standard	TTL

#### Wyzwalanie i synchronizacja pomiarów realizowane sprzętowo na module:

- start bloku pomiarów od zdarzenia zewnętrznego	realizacja	linia wejściowa -TRIG_ADC_IN
- start pojedynczej sekwencji pomiarowej od zdarzenia zewnętrznego	realizacja	linia wejściowa -SMPL_ADC_IN
- stop bloku pomiarów od zdarzenia zewnętrznego	realizacja	linia wejściowa -STOP_ADC_IN
- wyzwolenie zdarzeń zewnętrznych impulsem próbkowania modułu	realizacja	linia wyjściowa -SMPL_ADC_OUT

### Wyzwalanie i synchronizacja sterowania realizowane sprzętowo na module:

- start bloku sterowania od zdarzenia zewnętrznego  
realizacja linia wejściowa -TRIG\_DAC\_IN
  - start pojedynczej sekwencji sterowania od zdarzenia zewnętrznego  
realizacja linia wejściowa -CTRL\_DAC\_IN
  - stop bloku sterowania od zdarzenia zewnętrznego  
realizacja linia wejściowa -STOP\_DAC\_IN
  - wyzwolenie zdarzeń zewnętrznych impulsem sterowania modułu  
realizacja linia wyjściowa -CTRL\_DAC\_OUT
- linie wejściowe i wyjściowe aktywne zboczem opadającym

### Układ pomiaru czasu:

- oscylator kwarcowy 10 MHz
- programowalny układ czasowy 82C54
- liczba układów czasowych 3

### Adresacja modułu:

- adresy w obszarze we/wy komputera IBM - dane do konfigurowania komputera
- moduł A  $300^{16} \dots 31F^{16}$
- moduł B  $220^{16} \dots 23F^{16}$
- zajętość obszaru we/wy w komputerze 32 bajty
- adresy bazowe dla oprogramowania
- moduł A  $1300^{16}$
- moduł B  $1220^{16}$

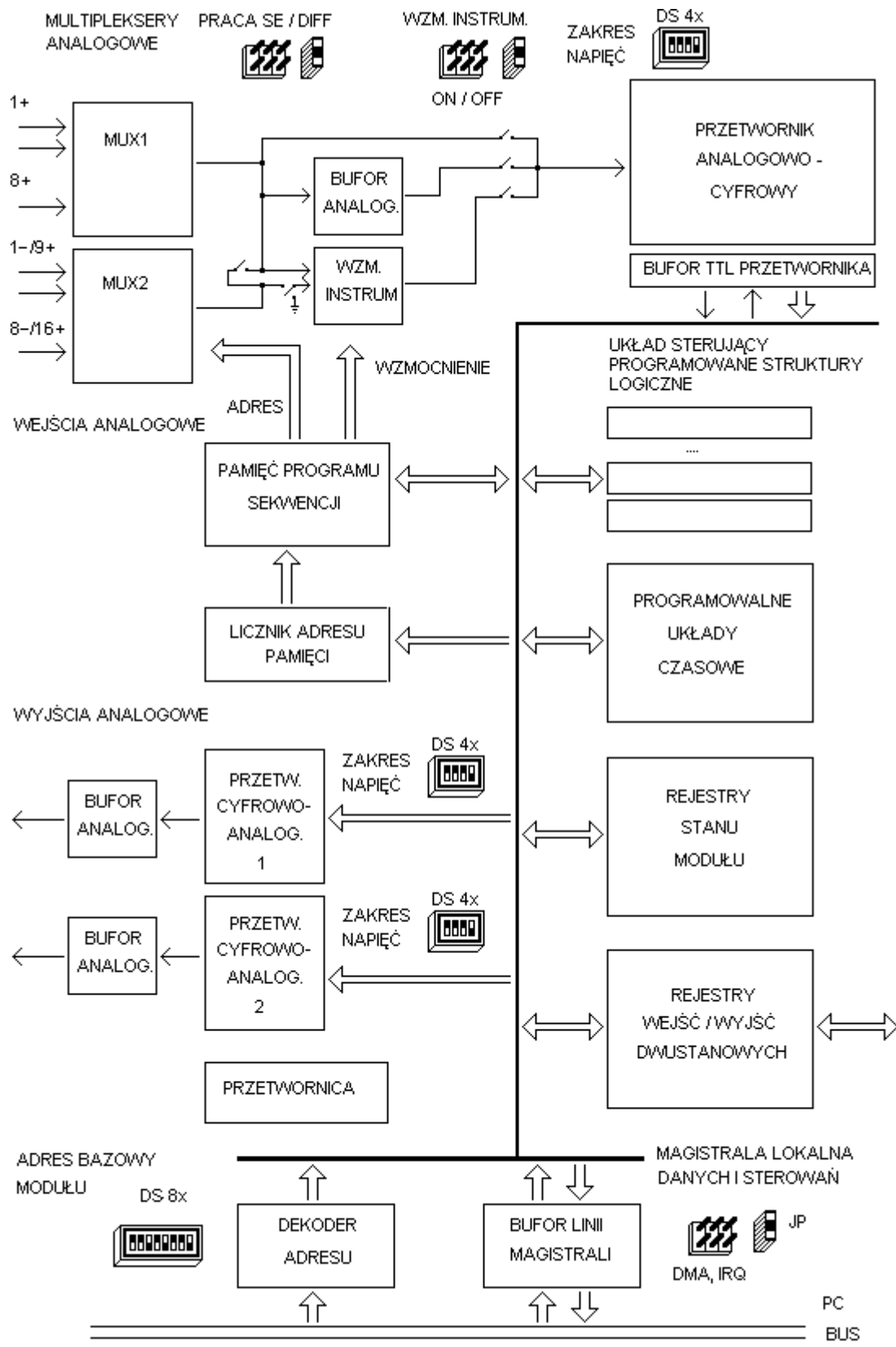
### Obsługa przerwań:

- linie przerywające IRQ3, IRQ5, IRQ10, IRQ11, IRQ12
- ustawienie standardowe IRQ10

### Układy zasilania:

- zasilanie z magistrali komputera  
+ 5 V lub +5 V, +12V
- pobór prądu z komputera przez moduł w pełnej konfiguracji ok. 450 mA
- zasilanie układów analogowych z przetwornicy DC/DC na karcie
- napięcie wejściowe przetwornicy + 5 V lub +12 V
- napięcie wyjściowe przetwornicy +/- 15 V
- pobór prądu na każdym z napięć +/- 15 V max. 100 mA

### 1.4. Schemat blokowy.



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

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

- moduł można instalować w komputerach PC 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 16-bitowe, 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 złożone złącze krawędziowe modułu nie jest zanieczyszczone, przemyć je za pomocą czystego spirytusu etylowego;
- w wyznaczone miejsce wstawić moduł zwracając uwagę na precyzyjne umieszczenie złożonego 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 wewnętrznych 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.;

- 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;

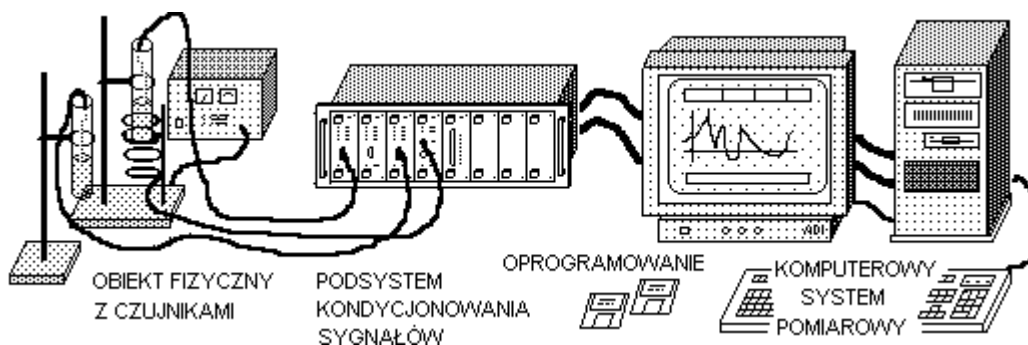
- moduły AMBEXu serii LC wykorzystują kanał DMA i linię przerwań tylko w czasie pracy, w pozostałych sytuacjach mogą one być wykorzystane przez inne moduły zainstalowane w komputerze, w takim przypadku nie jest możliwa jednoczesna praca tych modułów z wykorzystaniem tego samego kanału DMA lub linii przerwań.

### 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 żadaną 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 i wiele innych. 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:

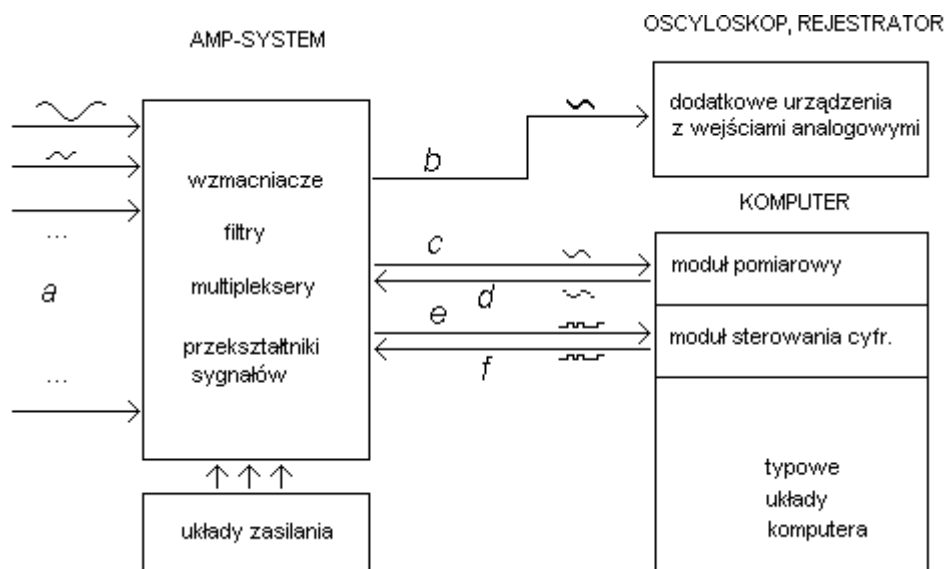


Ponieważ sygnały z czujników i przetworników pomiarowych nie zawsze spełniają wymagania stawiane przez uniwersalne moduły kontrolno-pomiarowe (tzn. standard i zakres zmienności sygnału), często wymagane jest ich dostosowanie w tzw. systemach kondycjonowania sygnału. Polega to najczęściej na wzmocnieniu sygnału, zmianie standardu - np. prądowy na napięciowy, napięciowy symetryczny na niesymetryczny, linearyzacji sygnału, filtracji. 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 modułami pomiarowo-kontrolnymi 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 nieodfiltrowanego 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 do 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 wejścia tego typu nazwane są -TRIG\_ADC\_IN i -TRIG\_DAC\_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;
- bezpośrednie zatrzymanie sprzętowe poprzez zmianę stanu specjalnej linii, w module LC-015-1612 do tego celu wykorzystane są wejścia -STOP\_ADC\_IN i -STOP\_DAC\_IN;
- 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 wyzwalające 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.

Analogiczne linie do sterowania i synchronizacji pracy układów sterowania analogowego noszą nazwy -CTRL\_DAC\_IN i -CTRL\_DAC\_OUT.

### **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:

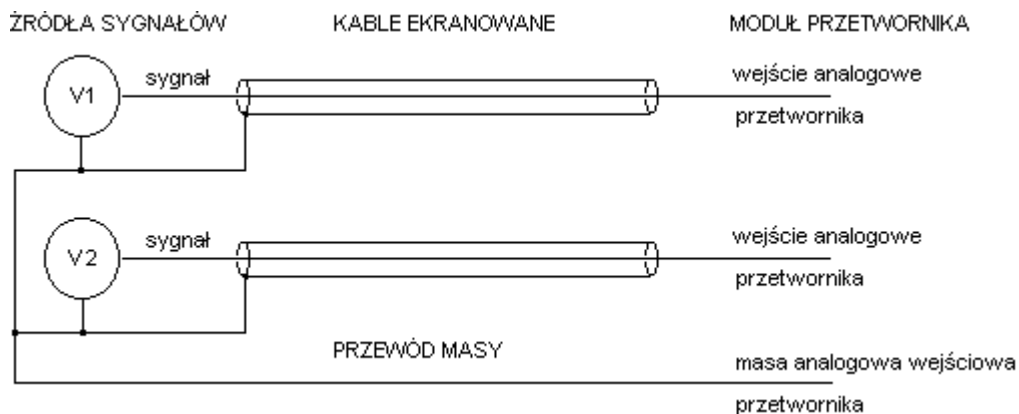
- wstrzymanie przebiegu procesu w obiekcie mierzonym;
- zabezpieczenie często unikalnych danych pomiarowych poprzez wykonanie kopii bezpieczeństwa (o ile nie robi tego program pomiarowy);
- wyłączenie zasilania systemu w kolejności odwrotnej, niż w przypadku załączania.

### 3.3. Przykłady wykonania okablowania.

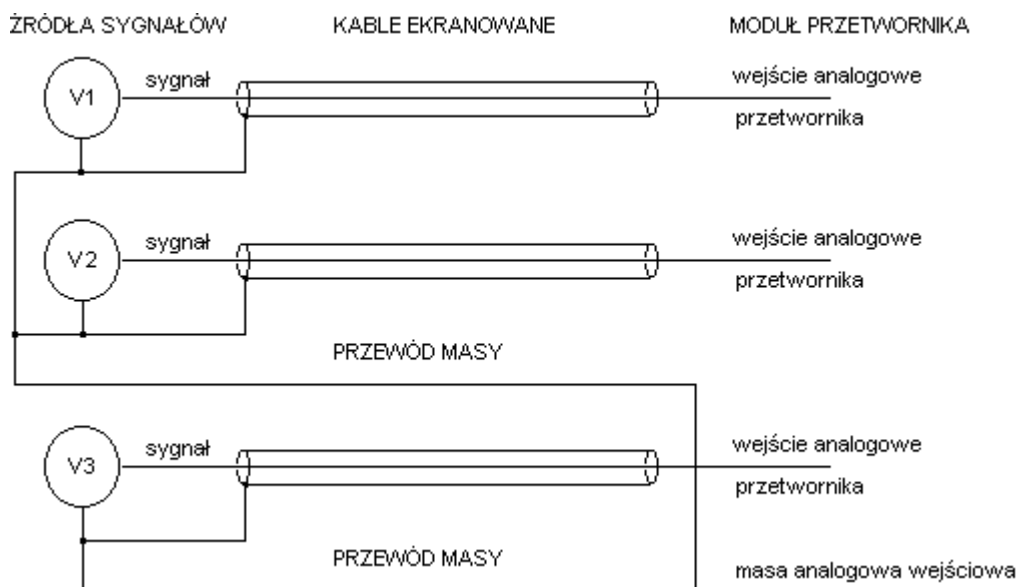
Wersja z wejściami lub wyjściami niesymetrycznymi ze wspólną masą.

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

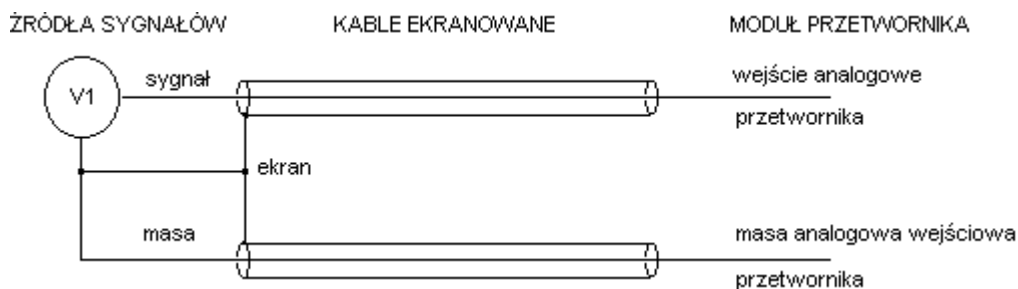
Przykład pomiaru z jednego lub z wielu źródeł o wspólnej masie pomiarowej za pomocą kabli ekranowanych:



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



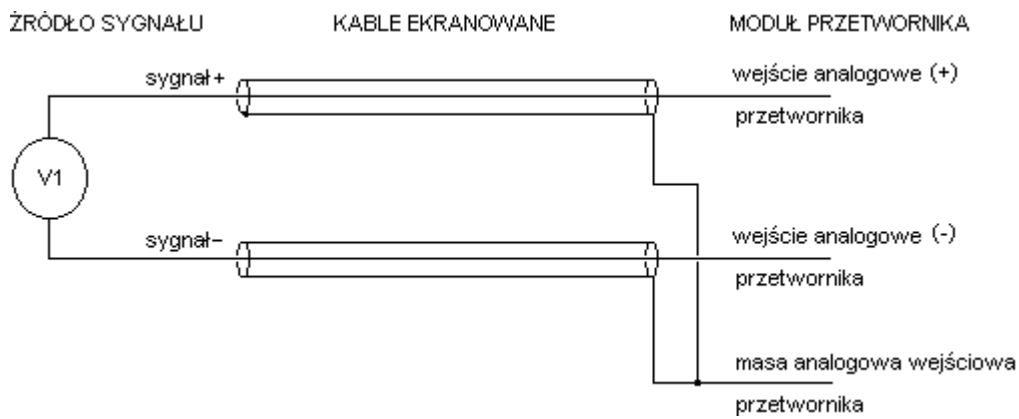
Przykład innego sposobu prowadzenia masy w celu zmniejszenia poziomu zakłóceń za pomocą kabli ekranowanych:



Wersja z wejściami symetrycznymi bez wspólnej masy.

W poniższym rozdziale założono, że źródło sygnału ma charakter napięciowy i oznaczono je tutaj jako V1.

Przykład pomiaru z jednego źródła bez wspólnej masy pomiarowej za pomocą kabli ekranowanych, ekrany dołączone od strony modułu pomiarowego:



Pomiary z wielu źródeł realizuje się poprzez powielenie powyższej aplikacji.

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 poprawnie działającego 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 mas 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 któregośkolwiek 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 037 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 żeńskim 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 wzmacnienie 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 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) - CTC2_GATE_2	18 (22) - CTC2_CLK_2
19 (10) - DIG_GND	20 (23) - CTC2_OUT_2
21 (11) - DIG_GND	22 (24) - DIG_GND
23 (12) - +5V (JP23)	24 (25) - +5V (JP23)
25 (13) - DIG_GND	26 - DIG_GND

linia +5V dołączana przez zworę JP23

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

---

**CON2 - 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_GATE_1	18 (22) - CTC1_CLK_1
19 (10) - CTC1_CLK_2	20 (23) - CTC1_OUT_1
21 (11) - CTC1_OUT_2	22 (24) - CTC1_GATE_2
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.

**CON3 - gniazdo zewnętrzne żeńskie D-SUB 037**

1 - AN_IN_A0/0	20 - AN_IN_A1/1
2 - AN_IN_A2/2	21 - AN_IN_A3/3
3 - AN_IN_A4/4	22 - AN_IN_A5/5
4 - AN_IN_A6/6	23 - AN_IN_A7/7
5 - AN_IN_B0/8	24 - AN_IN_B1/9
6 - AN_IN_B2/10	25 - AN_IN_B3/11
7 - AN_IN_B4/12	26 - AN_IN_B5/13
8 - AN_IN_B6/14	27 - AN_IN_B7/15
9 - AN_IN_GND	28 - AN_IN_GND
10 - AN_OUT_0	29 - AN_OUT_1
11 - AN_OUT_GND	30 - AN_OUT_GND
12 -	31 - DIG_GND
13 - DIG_GND	32 - EXTERN_IRQ
14 - TRIG_ADC_IN	33 - STOP_ADC_IN
15 - SMPL_ADC_IN	34 - SMPL_ADC_OUT
16 - TRIG_DAC_IN	35 - STOP_DAC_IN
17 - CTRL_DAC_IN	36 - CTRL_DAC_OUT
18 - +5V	37 - DIG_GND
19 - DIG_GND	



### 3.7. Znaczenie linii na gniazdach.

DIG_IN <sub>i</sub>	wejście dwustanowe	$i = 0 \dots 15$	
DIG_OUT <sub>i</sub>	wyście dwustanowe	$i = 0 \dots 15$	
CTC <sub>j</sub> _CLK <sub>i</sub>	układ czasowy wejście zegarowe	moduł $j = 1, 2$	kanał $i = 1, 2$
CTC <sub>j</sub> _GATE <sub>i</sub>	układ czasowy wejście wyzwalające	moduł $j = 1, 2$	kanał $i = 1, 2$
CTC <sub>j</sub> _OUT <sub>i</sub>	układ czasowy wyście	moduł $j = 1, 2$	kanał $i = 1, 2$
AN_IN_A <sub>i/j</sub>	wejście analogowe tryb niesymetryczny tryb symetryczny	$j = 0 \dots 15$ $i = 0 \dots 7$ A B	numer kanału analogowego numer kanału analogowego wejście dodatnie wejście ujemne
AN_IN_GND	masa wejść analogowych		
AN_OUT <sub>i</sub>	wyście 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		
STOP_ADC_IN	wejście TTL zatrzymujące blok konwersji a/c		
SMPL_ADC_IN	wejście TTL wyzwalające jedną sekwencję pomiarową na uprzednio zaprogramowanej liczbie kanałów a/c		
SMPL_ADC_OUT	wyście TTL informujące o rozpoczęciu pojedynczej sekwencji pomiarowej a/c		
TRIG_DAC_IN	wejście TTL wyzwalające blok sterowania c/a według uprzednio zaprogramowanych parametrów		
STOP_DAC_IN	wejście TTL zatrzymujące blok sterowania c/a		
CTRL_DAC_IN	wejście TTL wyzwalające jedną sekwencję sterowania na uprzednio zaprogramowanej liczbie kanałów c/a		
CTRL_DAC_OUT	wyście TTL informujące o rozpoczęciu pojedynczej sekwencji sterowania c/a		
EXTERN_IRQ	zewnętrzna linia przerywająca		
DIG_GND	masa cyfrowa i zasilająca		

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

---

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

### **4.1. Program sterujący - driver LC1516.EXE.**

Jest to rezydentny program typu TSR instalujący się w pamięci operacyjnej komputera. Program ten nazywa się LC1516.EXE.

Program służy do sterowania modułem LC-015-1612 z poziomu programów użytkowych. Umożliwia wykorzystanie modułu bez szczególnej znajomości sprzętu, optymalnie realizuje wszelkie możliwe funkcje pomiarowe oraz związane z transmisjami danych do pamięci komputera.

Część instalacyjna programu służy do instalacji w komputerze modułów LC-015-1612 i drivera. Realizuje ona następujące funkcje:

- ustawienie konfiguracji modułu;
- ustawienie zakresów napięć (informacja o ustawieniu na mikroprzełącznikach);

Driver wykonuje też test szybkości pracy toru a/c modułu.

### **4.2. Program testujący LCTEST.EXE.**

Program służy do wszechstronnego przetestowania modułu LC-015-1612 pod względem prawidłowości działania oraz właściwego sposobu przyłączenia sygnałów zewnętrznych.

Program umożliwia zaprogramowanie modułu LC-015-1612, 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. Programowanie w językach wyższego poziomu.**

Pełna obsługa modułu LC-015-1612 z programów napisanych w dowolnych językach wyższego poziomu możliwa jest bezpośrednio z programu użytkownika albo poprzez program sterujący driver.

Do kompletu oprogramowania podstawowego dostarczanego wraz z kartą należą przykładowe programy oraz struktury danych do komunikacji z modułem poprzez driver.

## 5. SŁOWNIK POJEĆ.

**SEKWENCJA PRÓBKOWANIA** - zapoczątkowany jednym impulsem startowym pochodzącym z układu czasowego lub z zewnątrz (wejście SMPL\_ADC\_IN) ciąg wykonywanych bezpośrednio po sobie konwersji na wskazanych przez kolejne komórki pamięci sekwencji próbkowania kanałach aż do napotkania bitu kontrolnego końca sekwencji pomiarowej;

**SEKWENCJA STEROWANIA** - zapoczątkowany jednym impulsem startowym pochodzącym z układu czasowego lub z zewnątrz (wejście CTRL\_DAC\_IN) ciąg wysłanych bezpośrednio po sobie wartości na jeden albo dwa kanały wyjść analogowych;

**PRÓBKOWANIE WEJŚĆ ANALOGOWYCH** - załadowanie układu próbkująco-pamiętającego danymi analogowymi; układ próbkująco-pamiętający 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 albo sterowania analogowego poprzez jeden impuls pochodzący z zewnątrz (wejście TRIG\_ADC\_IN albo TRIG\_DAC\_IN);

**ZEGAR ZEWNĘTRZNY** - rozpoczęcie każdej sekwencji pomiarowej albo sekwencji sterowania impulsem pochodzącym z zewnątrz (wejście SMPL\_ADC\_IN albo CTRL\_DAC\_IN) przy wyłączonym zegarze wewnętrznym z układu czasowego;

**REZERWACJA BUFORA DMA** - zapewnienie określonego, niezbędnego dla pracy układu DMA bloku pamięci operacyjnej PC w sposób zgodny z wymaganiami systemu operacyjnego komputera; dla pracy toru a/c należy rezerwować jeden albo dwa bufory DMA, w przypadku toru c/a tylko jeden bufor DMA;

**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 bity (XT - transmisja 8-bitowa) , 8 bitów (AT - transmisja 8-bitowa) albo 7 bitów (AT - transmisja 16-bitowa) adresu dopełniającego 16-bitowy adres transmisji w kontrolerze DMA w obrębie jednego bloku DMA; rejestr strony jest niezależny dla każdego kanału DMA.

# DOKUMENTACJA SZCZEGÓŁOWA

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

## 6. PAMIĘĆ PROGRAMU SEKWENCJI POMIAROWEJ.

### 6.1. Opis ogólny.

Ważnym elementem układu sterującego modułu jest lokalna pamięć programu sekwencji pomiarowej. Umożliwia ona dowolne programowanie przebiegu sekwencji pomiarowej. W jej kolejnych komórkach na czterech młodszych bitach znajduje się informacja o numerze aktualnie przetwarzanego kanału, na dwóch następnych informacja o wzmacnieniu pożądanym dla wskazanego uprzednio kanału a na dwóch najstarszych informacja o zakończeniu aktualnej sekwencji oraz o zakończeniu ostatniej sekwencji. W następnych punktach przedstawiony zostanie schemat programowania i interpretacji danych w pamięci programu.

Walory układu sterującego z lokalną pamięcią programu:

- dowolne zestawienie pojedynczej sekwencji pomiarowej;
- możliwość zaprogramowania nawet kilkuset różnych sekwencji pomiarowych;
- możliwość wielokrotnego powtarzania pomiaru jednego kanału w obrębie jednej sekwencji w celu umożliwienia późniejszej eliminacji zakłóceń toru przetwarzającego lub w celu skalowania sygnału (pomiar w obrębie jednej sekwencji tego samego kanału z różnym wzmacnieniem);
- faktyczny pomiar różnych grup kanałów z różnymi częstotliwościami;
- duży rozmiar pamięci programu - sumarycznie aż do 2048 kroków programu.

Uwagi dotyczące programowania pamięci:

- konieczność wstępnego przemyślenia i przygotowania zawartości pamięci, szczególnie przy pomiarach wielu grup kanałów z różnymi częstotliwościami;
- konieczność zapisu całego programu do pamięci zarówno po włączeniu zasilania jak i po każdej zmianie jego treści tj. od początku pamięci do bajtu zawierającego bit końca ostatniej sekwencji włącznie;
- możliwość pomiarów przebiegów wolnozmiennych w podwielokrotności częstotliwości próbkowania przebiegów szybkozmiennych;
- w przypadku pracy z minimum trzema grupami kanałów z różnymi częstotliwościami i z wymogiem równomiernego próbkowania w każdej z grup konieczność takiego doboru częstotliwości próbkowania w grupach (faktycznie podwielokrotności częstotliwości podstawowej) aby istniał ich wspólny iloczyn będący numerem

programu ostatniej sekwencji pomiarowej i aby wszystkie te sekwencje zmieściły się w pamięci programu;

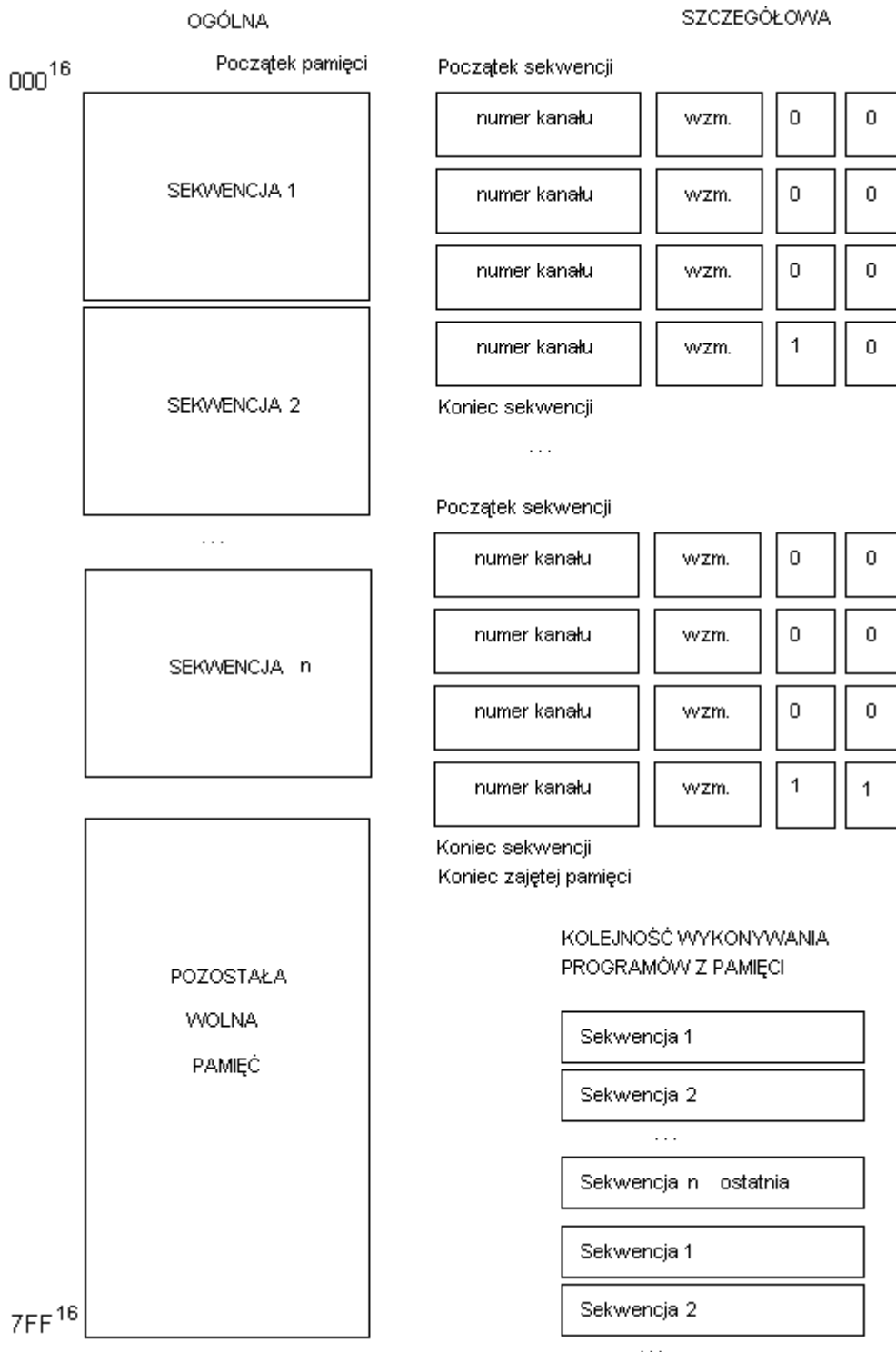
- maksymalna częstotliwość próbkowania musi być tak dobrana, aby pomiędzy impulsami startowymi zmieściła się największa zaprogramowana sekwencja pomiarowa (patrz Dane Techniczne - wzór), niespełnienie tego warunku spowoduje pojawienie się błędu transmisji danych OVERRUN.

## 6.2. Interpretacja informacji w pamięci.

Znaczenie poszczególnych bitów w jednym bajcie w pamięci programu:

bit0 - ADR_0	numer kanału analogowego bit 0
bit1 - ADR_1	numer kanału analogowego bit 1
bit2 - ADR_2	numer kanału analogowego bit 2
bit3 - ADR_3	numer kanału analogowego bit 3
bit4 - AMP_0	wzmocnienie wzmacniacza instrumentalnego bit 0
bit5 - AMP_1	wzmocnienie wzmacniacza instrumentalnego bit 1
bit6 - END_SEQ	bit końca pojedynczej sekwencji pomiarowej - aktywny "1"
bit7 - END_MEM	bit końca ostatniej sekwencji pomiarowej czyli koniec zajętej pamięci programu - aktywny "1" łącznie z aktywnym bitem 6

### 6.3. Mapa pamięci programu sekwencji pomiarowej.



### 6.4. Przykłady programowania sekwencji pomiarowej.

W przykładach przyjęto notację od 0. Każda sekwencja pomiarowa rozpoczyna się impulsem startowym z układu czasowego zgodnie z uprzednim jego



zaprogramowaniem lub z zewnątrz przy pracy z zegarem zewnętrznym. Zawartość pamięci przedstawiona jest binarnie, od lewej są bity bardziej znaczące. W przykładach pracy z wieloma częstotliwościami przyjęto częstotliwość podstawową 1 kHz (okres 1 ms). Przyjęto, że zainstalowany jest wzmacniacz instrumentalny PGA202KP ( $k = 1, 10, 100, 1000$ ) oraz, że moduł pracuje w trybie z wejściami niesymetrycznymi (kanały od 0 do 15).

Przykład 1 - praca jednokanałowa na kanale 3 ze wzmacnieniem 1:

Bajt 0 pamięci: 1 1 0 0 0 0 1 1 b    kanał 3    wzmacnienie 1

Uwaga: zajęty tylko jeden bajt pamięci programu.

Przykład 2 - praca na kanałach 1, 6, 7 i 15:

Bajt 0 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmacnienie 1
Bajt 1 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10
Bajt 2 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10
Bajt 3 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 1 b	7	10
Bajt 4 pamięci: 1 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10

Uwaga: układ sterujący czyta tylko pierwszych 5 bajtów pamięci programu i w następnej sekwencji wraca do bajtu o adresie 0.

Przykład 3 - praca na kanałach 1, 6, 15 z częstotliwością podstawową np. co 1 ms oraz dodatkowo pomiar kanałów 0 i 14 co 17 ms:

Bajt 0 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmacnienie 1	sekwencja 0
Bajt 1 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 2 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 3 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
Bajt 4 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmacnienie 1	sekwencja 1
Bajt 5 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 6 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 7 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
...			
Bajt 60 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmacnienie 1	sekwencja 15
Bajt 61 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 62 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 63 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
Bajt 64 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmacnienie 1	sekwencja 16
Bajt 65 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 66 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	

---

Bajt 67 pamięci: 0 0 0 1 1 1 1 1 b	15	10
Bajt 68 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 0 b	0	1
Bajt 69 pamięci: 1 1 1 1 1 1 1 0 b	14	1000

Uwaga: sekwencje od 0 do 15 są identyczne, układ sterujący wykonuje je kolejno po kolejnych impulsach startowych, następnie wykonuje sekwencję 16 i wraca do bajtu o adresie 0.

Przykład 4 - praca na kanałach 1, 6, 15 z częstotliwością podstawową np. co 1 ms oraz dodatkowo pomiar kanałów 0 i 14 co 7 ms oraz dodatkowo na kanałach 3, 4, 5, 13 co 140 ms:

Bajt 0 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmocnienie 1	sekwencja 0
Bajt 1 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 2 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 3 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
Bajt 4 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmocnienie 1	sekwencja 1
Bajt 5 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 6 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 7 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
...			
Bajt 20 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmocnienie 1	sekwencja 5
Bajt 21 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 22 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 23 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
Bajt 24 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmocnienie 1	sekwencja 6
Bajt 25 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 26 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 27 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
Bajt 28 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 0 b	0	1	
Bajt 29 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 0 b	14	10	
...			
Bajt 50 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmocnienie 1	sekwencja 12
Bajt 51 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 52 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 53 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
Bajt 54 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmocnienie 1	sekwencja 13
Bajt 55 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 56 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 57 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
Bajt 58 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 0 b	0	1	
Bajt 59 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 0 b	14	10	
...			

---

Bajt 287 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmocnienie 1	sekwencja 138
Bajt 288 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 289 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 290 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
Bajt 291 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 1 b	kanał 1	wzmocnienie 1	sekwencja 139
Bajt 292 pamięci: 0 0 0 1 0 0 0 1 b	1	10	
Bajt 293 pamięci: 0 0 0 1 0 1 1 0 b	6	10	
Bajt 294 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 1 b	15	10	
Bajt 295 pamięci: 0 0 0 0 0 0 0 0 b	0	1	
Bajt 296 pamięci: 0 1 0 1 1 1 1 0 b	14	10	
Bajt 297 pamięci: 0 0 0 0 0 0 1 1 b	3	1	
Bajt 298 pamięci: 0 0 0 0 0 1 0 0 b	4	1	
Bajt 299 pamięci: 0 0 0 0 0 1 0 1 b	5	1	
Bajt 300 pamięci: 1 1 1 0 1 1 0 1 b	13	100	

Uwaga: kanały 1, 6, 15 próbkowane są z częstotliwością 1 kHz, kanały 0, 14 z częstotliwością 143 Hz, a kanały 3, 4, 5, 13 z częstotliwością ok. 7 Hz.

## 7. WZMACNIACZ INSTRUMENTALNY.

W module LC-015-1612 może być zastosowany instrumentalny wzmacniacz pomiarowy. Znajduje się od pomiędzy układami multiplekserów analogowych a przetwornikiem analogowo-cyfrowym. W zależności od potrzeb stosowany jest wzmacniacz PGA202KP o wzmocnieniach 1, 10, 100 i 1000 albo PGA203KP o wzmocnieniach 1, 2, 4 i 8. Wzmocnienie ustawiane jest za pomocą linii sterujących dochodzących do układu.

bit AMP_0		0	1	0	1
bit AMP_1		0	0	1	1
PGA202KP	wzmocnienie	1	10	100	1000
PGA203KP	wzmocnienie	1	2	4	8

---

## **8. PRACA JEDNOCZESNA WIELU MODUŁÓW.**

Moduły LC-015-1612 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 tylko w jednym 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.

## 9. OPIS KONFIGURACJI WEWNĘTRZNEJ PAKIETU.

### 9.1. Rejestry wewnętrzne modułu.

BASE oznacza adres bazowy dla oprogramowania.

rejestry 8-bitowe

BASE	IN/OUT	CTC_0	adres bazowy układu CTC 0
BASE + 4	IN/OUT	CTC_1	adres bazowy układu CTC 1
BASE + 8	IN/OUT	CTC_2	adres bazowy układu CTC 2
BASE + 12	OUT	RAM_WRITE	zapis bajtu do pamięci programu
BASE + 13	OUT	ADC_ST_PR	start programowy sekwencji pomiarów a/c
BASE + 14	OUT	DAC_ST_PR	start programowy sekwencji sterowania c/a
BASE + 15	OUT	SET_EN_ADC	zezwozenie na start bloku pomiarów a/c
BASE + 12	IN	RAM_READ	odczyt bajtu z pamięci programu

rejestry 16-bitowe

BASE + 16	OUT	STATUS_WRITE	zapis słowa sterującego
BASE + 18	OUT	DIG_OUT_WRITE	zapis słowa wyjść dwustanowych
BASE + 20	OUT	SET_EN_DAC	zezwozenie na start bloku sterowań
BASE + 22	OUT	DAC_1_WRITE	zapis danych na wyjście analogowe 1
BASE + 24	OUT	DAC_2_WRITE	zapis danych na wyjście analogowe 2
BASE + 16	IN	STATUS_READ	odczyt słowa stanu
BASE + 18	IN	DIG_IN_READ	odczyt słowa wejść dwustanowych
BASE + 20	IN	ADC_READ	odczyt programowy danych z rejestru a/c

Opis bitów rejestru STATUS\_WRITE:

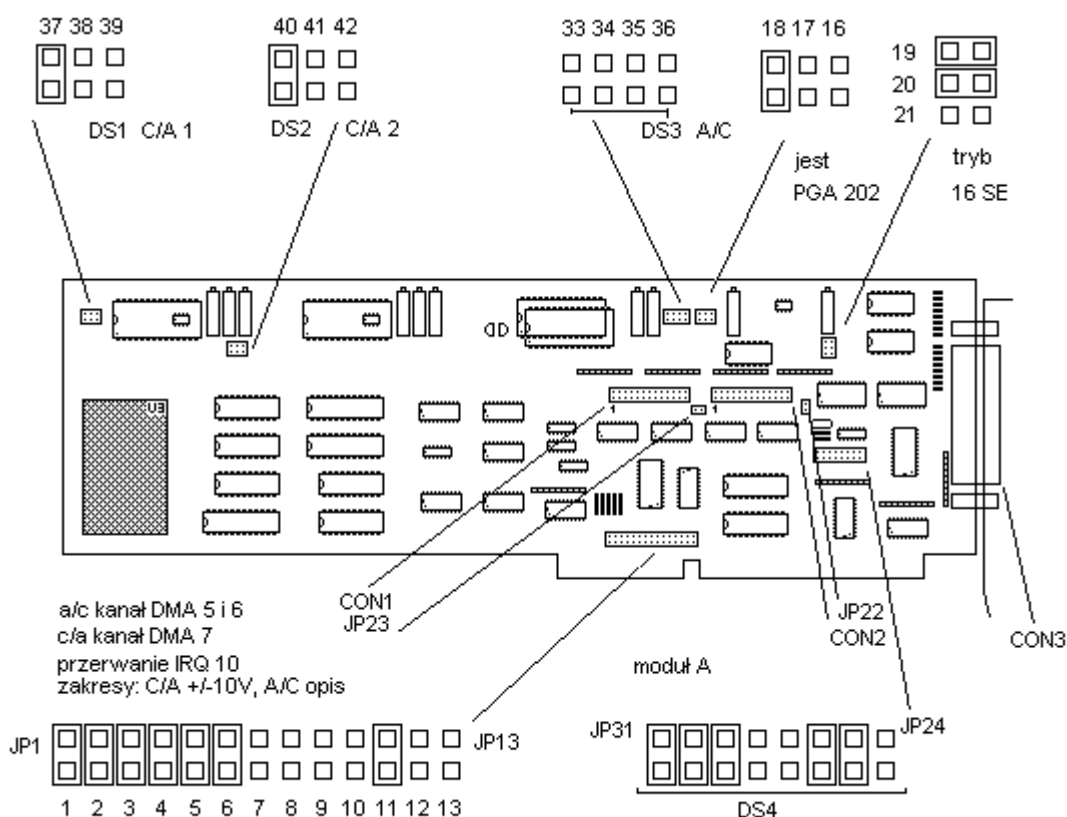
bit 0	-RESET_IRQ	zerowanie przerzutników żądania przerwania
bit 1	-ENABLE_IRQ	zezwozenie na żądanie przerwania
bit 2	-ENABLE_DMA_ADC	zezwozenie na pracę kanału DMA toru a/c
bit 3	-ENABLE_SAMPLE_IN	zezwozenie na zewnętrzny start sekwencji a/c
bit 4	ENABLE_CTC_ADC	zezwozenie na pracę układu timera toru a/c
bit 5	ENABLE_CHG_DMA_ADC	zezwozenie na pracę 2 kanałów DMA toru a/c
bit 6	-ENABLE_PRETRIG_ADC	zezwozenie na pomiar przed wyzwoleniem toru a/c
bit 7	-ENABLE_DIFF	zezwozenie na pracę różnicową toru a/c
bit 8	-DAC_SINGLE	jednokanałowa praca toru c/a

bit 9	-ENABLE_CTRL_IN	zezwozenie na zewnetrzny start sekwencji c/a
bit 10	-ENABLE_DMA_DAC	zezwozenie na prace kanalu DMA toru c/a
bit 11	ENABLE CTC_DAC	zezwozenie na prace ukkladu timera toru c/a
bit 12		rezerwa
bit 13		rezerwa
bit 14	-RESET_ADC	zerowanie ukkladu sterowania toru a/c
bit 15	-RESET_DAC	zerowanie ukkladu sterowania toru c/a

Opis bitów rejestru STATUS\_READ:

bit 0	ADC_DATA_READY	gotowosc danych z przetwornika a/c
bit 1	IRQ_ADC_TRIG	przerwanie od wyzwolenia bloku a/c
bit 2	IRQ_ADC_SEQ	przerwanie od wyzwolenia sekwencji a/c
bit 3	IRQ_ADC_DMA	przerwanie ządania zmiany kanalu DMA a/c
bit 4	IRQ_ADC_OVR	przerwanie od błędu transmisji DMA a/c
bit 5	IRQ_DAC_TRIG	przerwanie od wyzwolenia bloku c/a
bit 6	IRQ_DAC_CTRL	przerwanie od wyzwolenia sekwencji sterowania c/a
bit 7	IRQ_EXTERNAL	przerwanie zewnetrzne

**9.2. Widok modułu i ustawienie standardowe.**



### 9.3. Zworki i mikroprzełączniki.

#### Przyłączenie kanału DMA do toru sterowania analogowego c/a:

JP1 - DRQ 7

JP2 - DACK 7

Praca w kanale DMA - zwarte JP1 i JP2 - kanał 7

#### Przyłączenie kanału DMA do toru pomiarowego a/c:

JP3 - DRQ 6

JP4 - DACK 6

JP5 - DRQ 5

JP6 - DACK 5

JP7 - DACK 6

JP8 - DRQ 6

Praca w dwóch kanałach DMA - zwarte JP3, JP4, JP5 i JP6 - kanały 5 i 6

Praca w jednym kanale DMA - zwarte JP5 i JP6 - kanał 5

- zwarte JP7 i JP8 - kanał 6

#### Wybór linii przerwania:

JP 9 - IRQ12 ON - zworka wybiera przerwanie

JP 10 - IRQ11

JP 11 - IRQ10 dopuszczalna tylko jedna z podanych

JP 12 - IRQ3

JP 13 - IRQ5

#### Konfiguracja wzmacniaczy buforowych toru pomiarowego:

Praca z buforem analogowym bez wzmacniacza instrumentalnego, wejścia ze wspólną masą

JP16 ON

JP17 OFF

JP18 OFF

Praca ze wzmacniaczem instrumentalnym, wejścia ze wspólną masą albo różnicowe

JP16 OFF

JP17 OFF

JP18 ON



Praca bez bufora analogowego i bez wzmacniacza instrumentalnego, wejścia ze wspólną masą, opcja nie zalecana, dopuszczalna tylko z przetwornikiem AD678KN, bez strojenia zera zakresu unipolarnego 0-10 V

JP16	OFF
JP17	ON
JP18	OFF

Konfiguracja typu wejść pomiarowych (niesymetryczne/symetryczne):

Praca ze wspólną masą (16 wejść niesymetrycznych)

JP19	ON
JP20	ON
JP21	OFF

Praca różnicowa (8 wejść symetrycznych)

JP19	OFF
JP20	OFF
JP21	ON

Ustawienie zakresów a/c DS3 (wzmocnienie PGA = 1):

Przetwornik AD678KN:

	+/-5 V	0-10 V
JP33	OFF	OFF
JP34	OFF	OFF
JP35	OFF	ON
JP36	ON	OFF

na zakresie bipolarnym kod uzupełnieniowy do 2 - U2  
na zakresie unipolarnym naturalny kod binarny

Przetwornik ADS574KP, ADS774KP:

	+/-10 V	+/-5 V	0-10 V
JP33	ON	OFF	OFF
JP34	OFF	ON	ON
JP35	OFF	OFF	ON
JP36	ON	ON	OFF

na zakresie bipolarnym kod binarny z przesunięciem

na zakresie unipolarnym naturalny kod binarny

Ustawienie zakresów c/a1 DS1:

	+/- 10 V	+/-5 V	0-10 V
JP37	ON	ON	OFF
JP38	OFF	OFF	ON
JP39	OFF	ON	ON

Ustawienie zakresów c/a2 DS2:

	+/- 10 V	+/-5 V	0-10 V
JP40	ON	ON	OFF
JP41	OFF	OFF	ON
JP42	OFF	ON	ON

Dołączenie +5 V do złącz CON1 i CON2:

(zalecana pozycja OFF, potrzebne jeśli chcemy zasilić urządzenie zewnętrzne z komputera)

JP23	ON	+5 V dołączone do CON1
	OFF	+5 V odłączone od CON1
JP22	ON	+5 V dołączone do CON2
	OFF	+5 V odłączone od CON2

Adresacja modułu DS4:

DS 4

1 - A5

2 - A6

3 - A7

4 - A8

5 - A9

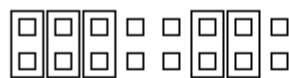
6 - A10

7 - A11

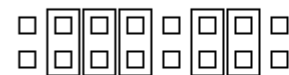
8 - A12

ON - adres = 0

OFF - adres = 1



Moduł A adres bazowy  $1300^{16}$



Moduł B adres bazowy  $1220^{16}$

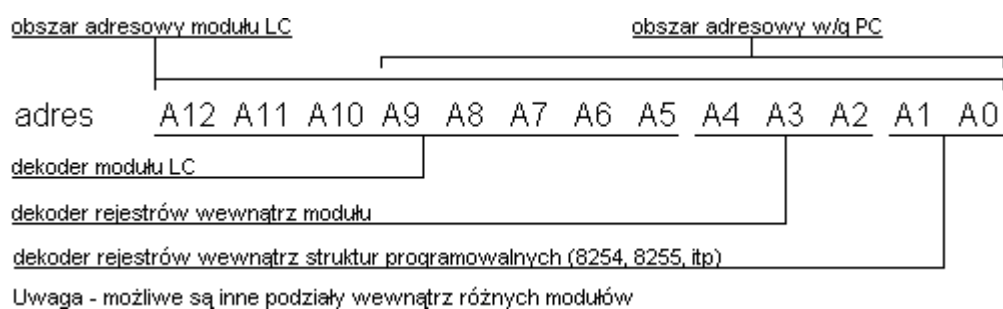
1 2 3 4 5 6 7 8

Adresy bazowe:

- adresy w obszarze we/wy komputera IBM / adres bazowy dla oprogramowania
- moduł A  $300^{16} \dots 31F^{16} / 1300^{16}$

- moduł B 220<sup>16</sup> ... 23F<sup>16</sup> / 1220<sup>16</sup>

Pojęcie modułu A i B oznacza symbolicznie pierwszy i drugi moduł danego typu zainstalowany w komputerze. Symbolika ta jest używana w parametrach programu sterującego (driver) oraz programu instalacyjnego. Komunikacja procesora z modulem 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 jego oprogramowania np. B00<sup>16</sup> widziany 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.



## 9.4. Funkcje kanałów w układach CTC.

### Programowalny układ czasowy 0 (CTC0).

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	- odliczenie czasu na 1 cykl obróbki kanału wejścia analogowego
wejście zegarowe kanału 0	- przebieg z generatora 10 MHz
wejście zegarowe kanału 1	- wyjście kanału 0
wejście zegarowe kanału 2	- przebieg z generatora 10 MHz
wejście wyzwalające kanału 0	- zezwolenie na pracę CTC a/c

wejście wyzwalające kanału 1	-	zezwolenie na pracę CTC a/c
wejście wyzwalające kanału 2	-	z układu sterowania a/c
wyjście kanału 0	-	do wejścia kanału 1
wyjście kanału 1	-	do układu sterowania a/c
wyjście kanału 2	-	do układu sterowania a/c
tryby pracy kanału 0	-	tryb 2
tryby pracy kanału 1	-	tryb 2
tryby pracy kanału 2	-	tryb 5
wartość zaprogramowana w kanale 0	-	zmienna - okres próbkowania
wartość zaprogramowana w kanale 1	-	zmienna - okres próbkowania
wartość zaprogramowana w kanale 2	-	zmienna - zależna od wzmacnienia

### Programowalny układ czasowy 1 (CTC1).

typ - 82C54

kanał 0 - licznik transmisji DMA toru a/c  
kanał 1 - kanał do wykorzystania przez użytkownika  
kanał 2 - kanał do wykorzystania przez użytkownika

wejście zegarowe kanału 0	-	sygnał potwierdzenia DMA a/c
wejście zegarowe kanału 1	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
wejście zegarowe kanału 2	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
wejście wyzwalające kanału 0	-	zezwolenie na pracę w 2 kanałach DMA a/c
wejście wyzwalające kanału 1	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
wejście wyzwalające kanału 2	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
wyjście kanału 0	-	do układu sterowania a/c
wyjście kanału 1	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
wyjście kanału 2	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
tryby pracy kanału 0	-	tryb 3
tryby pracy kanału 1	-	dowolny
tryby pracy kanału 2	-	dowolny
wartość zaprogramowana w kanale 0	-	zmienna - liczba transmisji w jednym kanale
wartość zaprogramowana w kanale 1	-	zależna od potrzeb

wartość zaprogramowana w kanale 2 - zależna od potrzeb

### Programowalny układ czasowy 2 (CTC2).

typ	- 82C54	
kanal 0	- taktowanie pracy automatycznej toru c/a (32 bitowy licznik wspólnie z kanałem 1, młodsze 16 bitów)	
kanal 1	- taktowanie pracy automatycznej toru c/a (32 bitowy licznik wspólnie z kanałem 0, starsze 16 bitów)	
kanal 2	- kanał do wykorzystania przez użytkownika	
wejście zegarowe kanału 0	-	przebieg z generatora 10 MHz
wejście zegarowe kanału 1	-	wyjście kanału 0
wejście zegarowe kanału 2	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
wejście wyzwalające kanału 0	-	zezwozenie na pracę CTC c/a
wejście wyzwalające kanału 1	-	zezwozenie na pracę CTC c/a
wejście wyzwalające kanału 2	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
wyjście kanału 0	-	do wejścia kanału 1
wyjście kanału 1	-	do układu sterowania c/a
wyjście kanału 2	-	złącze szpilkowe rozszerzenia
tryby pracy kanału 0	-	tryb 2
tryby pracy kanału 1	-	tryb 2
tryby pracy kanału 2	-	dowolny
wartość zaprogramowana w kanale 0	-	zmienna - okres próbkowania
wartość zaprogramowana w kanale 1	-	zmienna - okres próbkowania
wartość zaprogramowana w kanale 2	-	zależna od potrzeb

### **9.5. 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. Rozpoznanie przyczyny możliwe jest poprzez odczyt rejestru stanu modułu.

- Przerwanie po rozpoczęciu sesji pomiarowej tzn. po pojawieniu się sygnału wyzwalającego blok pomiarowy z układu sterującego a/c lub z zewnątrz.
  - rozpoznanie bit `IRQ_ADC_TRIG = 1`

- Przerwanie po rozpoczęciu każdej sekwencji pomiarowej tzn. po pojawieniu się sygnału startu sekwencji z układu sterującego a/c lub z zewnątrz.
  - rozpoznanie bit `IRQ_ADC_SEQ = 1`
- Przerwanie żądania przeprogramowania układu DMA przy pracy 2 kanałowej toru a/c.
  - rozpoznanie bit `IRQ_ADC_DMA = 1`
- Przerwanie po wykryciu błędu `OVERRUN` tzn. przy żądaniu startu nowej sekwencji próbkowania a/c pomimo nieodebrania danych z poprzedniej.
  - rozpoznanie bit `IRQ_ADC_OVER = 1`
- Przerwanie po rozpoczęciu sesji sterowania tzn. po pojawieniu się sygnału wyzwalającego blok sterowania z układu sterującego c/a lub z zewnątrz.
  - rozpoznanie bit `IRQ_DAC_TRIG = 1`
- Przerwanie po rozpoczęciu każdej sekwencji sterowania tzn. po pojawieniu się sygnału startu sekwencji sterowania z układu sterującego c/a lub z zewnątrz.
  - rozpoznanie bit `IRQ_DAC_CTRL = 1`

Powyższe bity są aktywne również przy ustawionym zakazie generacji przerwania sprzętowego - bit `-EN_IRQ = 1` i powyższe sytuacje mogą być rozpoznane programowo.

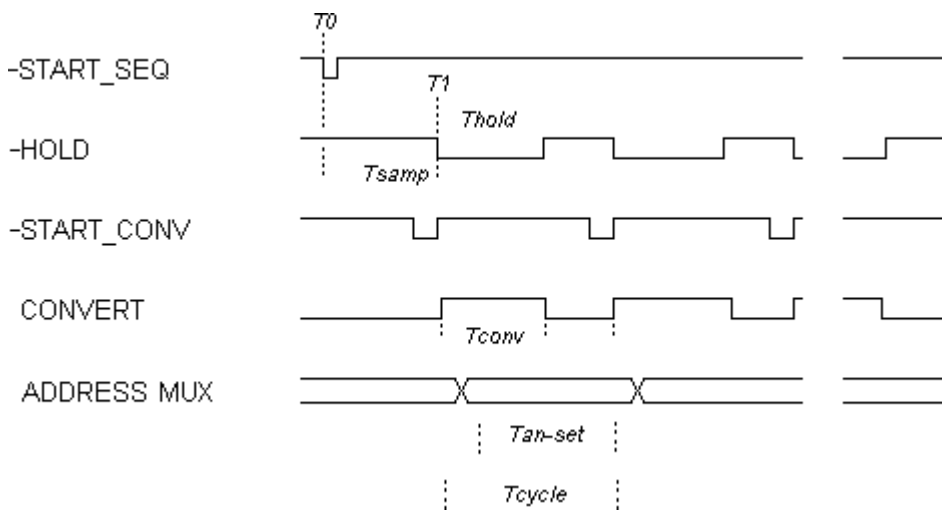
Kasowanie zgłoszenia przerwania sprzętowego rozkazem `RES_INT` oraz stosownym rozkazem do kontrolera przerwań w komputerze.

## 10. CYKL PRACY TORU POMIAROWEGO MODUŁU.

### 10.1. 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

### 10.2. Przebiegi czasowe.



Czasy charakterystyczne:

T0	- moment rozpoczęcia sekwencji pomiarowej, liczy się od opadającego zbocza sygnału START_SEQ z dokładnością +0 -100 ns
T1	- moment zatrzasku danych analogowych z pierwszego przetwarzanego kanału w układzie próbkująco-pamiętającym
Tsamp	- rezerwa czasu na próbkowanie linii wejść analogowych
Tconv	- czas konwersji przetwornika
Tcycle	- rezerwacja czasu na obróbkę danych z jednego kanału tj. przełączenie adresu multipleksera i ustawienie wzmacniacza instrumentalnego,

Tan-set      próbkowanie, konwersję i przesłanie danych do bufora TTL  
- łączny czas przygotowania danych analogowych z jednego kanału tj.  
przełączenie adresu multipleksera i ustawienie wzmacniacza  
instrumentalnego i próbkowanie



## 11. PROGRAMOWANIA TORU POMIAROWEGO MODUŁU.

### 11.1. Wstęp do programowania toru pomiarowego.

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.

### 11.2. Programowanie kontrolera DMA.

Typ kontrolera DMA - odpowiednik INTEL 8237A

Kanał 0 drugiego kontrolera - zarezerwowany  
 Kanał 1 drugiego kontrolera - kanał 5 DMA  
 Kanał 2 drugiego kontrolera - kanał 6 DMA  
 Kanał 3 drugiego kontrolera - kanał 7 DMA

Adres bazowy drugiego kontrolera DMA w komputerze AT -  $0C0^{16}$

Wybrane rejestry kontrolera:

Adres bazowy i bieżący kanału 5 DMA	-	$0C4^{16}$
Licznik adresu bieżącego kanału 5 DMA	-	$0C6^{16}$
Adres bazowy i bieżący kanału 6 DMA	-	$0C8^{16}$
Licznik adresu bieżącego kanału 6 DMA	-	$0CA^{16}$
Adres bazowy i bieżący kanału 7 DMA	-	$0CC^{16}$
Licznik adresu bieżącego kanału 7 DMA	-	$0CE^{16}$
Odczyt rejestru stanu, zapis rejestru poleceń	-	$0D0^{16}$
Zapis rejestru żądania transmisji	-	$0D2^{16}$
Zapis rejestru indywidualnych bitów maski	-	$0D4^{16}$
Zapis rejestru trybu pracy	-	$0D6^{16}$
Zerowanie wskaźnika młodszego bajtu	-	$0D8^{16}$
Odczyt rejestru dodatkowego, zapis polecenia ogólnego zerowania	-	$0DA^{16}$
Zerowanie rejestru maski	-	$0DC^{16}$
Zapis rejestru grupowego bitów maski	-	$0DE^{16}$
Adres rejestru strony kanału 5	-	$08B^{16}$
Adres rejestru strony kanału 6	-	$089^{16}$

Adres rejestru strony kanału 7 - 08A<sup>16</sup>

Rejestr strony zawiera bity od A17 do A23 adresu lokacji w pamięci.

Rejestr adresowy w kontrolerze zawiera bity od A1 do A16 adresu lokacji w pamięci.

Przy transmisjach 16-bitowych bit A0 jest zawsze ustawiony na "0".

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

### 11.3. Programowanie czasu cyklu a/c.

Czas cyklu a/c jest to sumaryczny czas obróbki jednej próbki na jednym kanale analogowo-cyfrowym. Zawiera zatem konwersję analogowo-cyfrową, ewentualną zmianę kanału analogowego, ustawienie wzmacniacza oraz ładowanie wzmacniacza próbkująco-pamiętającego. W tle przeprowadzana jest transmisja danych z konwersji do bufora a potem do pamięci komputera. Parametr ten (przy zagwarantowanej transmisji DMA do komputera) precyzuje czas, jaki upływa pomiędzy kolejnymi konwersjami na kolejnych zaprogramowanych uprzednio kanałach analogowych. Jego właściwe zaprogramowanie gwarantuje zatem równomierność pobierania próbek w obrębie jednej sekwencji pomiarowej oraz rezerwuje czas na ustawienie i próbkowanie kolejnego kanału analogowego.

Czas cyklu odmierzanym jest w CTC0 kanał 2, jego start następuje w momencie rozpoczęcia konwersji a/c, rozpoczęcie następnej konwersji możliwe jest dopiero po jego upłynięciu (oczywiście jeżeli nie ma zakłóceń w odbiorze danych analogowych z przetwornika i z buforów co jest praktycznie zagwarantowane przy pracy w trybie DMA).

Wyliczenie czasu cyklu.

- |   |         |
|---|---------|
| - czas konwersji analogowo-cyfrowej przetwornika  | Tconv   |
| - czas przełączenia multiplekserów analogowych    | Tmux    |
| - czas próbkowania wejść analogowych              | Tsample |
| - czas przestawienia wzmacniacza instrumentalnego | Tampl   |

$$T_{\text{cycle}} = T_{\text{conv}} + T_{\text{mux}} + T_{\text{sample}} + T_{\text{ampl}}$$

Wszystkie powyższe czasy są parametrami katalogowymi zastosowanych elementów.

### 11.4. Inicjalizacja toru pomiarowego modułu.

- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	0	! - zeruje również przerwania z c/a
bit 1 - -ENABLE_IRQ	1	! - blokuje również przerwania z c/a
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	1	
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	1	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	0	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	0	
bit 6 - -ENABLE_PRETRIG_ADC	1	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	1	
bit 8 - -DAC_SINGLE	x	(x) stan zależny od trybu pracy c/a
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	x	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	x	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	x	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	0	
bit 15 - -RESET_DAC	1	

*Moduł jest w stanie aktywnego zerowania toru pomiarowego.*

- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	1	
bit 1 - -ENABLE_IRQ	1	! - blokuje również przerwania z c/a
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	1	
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	1	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	0	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	0	
bit 6 - -ENABLE_PRETRIG_ADC	1	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	1	
bit 8 - -DAC_SINGLE	x	(x) stan zależny od trybu pracy c/a
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	x	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	x	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	x	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	
bit 15 - -RESET_DAC	1	

*Tor pomiarowy modułu jest w stanie neutralnym.*

- zaprogramować CTC0 kanał 0, 1 - tryb 2, bez transmisji danych

- zaprogramować CTC0 kanał 2      - tryb 5, czas cyklu  $T_{cycl} = n * 0.1 [ \mu s ]$   
(próbki, konwersja, przepisanie danych z przetwornika do buforów)
- zaprogramować CTC1 kanał 0      - tryb 2, bez transmisji danych

### 11.5. Zapis danych do pamięci programu.

- wykonanie zerowania toru a/c (zerowanie adresu pamięci programu)
- zapis kolejnych bajtów z danymi do rejestru RAM\_WRITE
- wykonanie zerowania toru a/c
- kontrolny odczyt kolejnych bajtów z rejestru RAM\_READ
- wykonanie zerowania toru a/c

### 11.6. 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 pamięci programu sekwencji pomiarowej;
- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	1	
bit 1 - -ENABLE_IRQ	0	
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	1	
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	1	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	0	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	0	
bit 6 - -ENABLE_PRETRIG_ADC	1	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	1	! - zależne od konfiguracji analogowej

bit 8 - -DAC_SINGLE	x	(x) stan zależny od trybu pracy c/a
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	x	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	x	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	x	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	
bit 15 - -RESET_DAC	1	

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy.*

- zapis pusty do rejestru SET\_EN\_ADC (programowy start bloku pomiarów).
- zapis pusty do rejestru ADC\_START\_PR (programowy start sekwencji próbkowania).
- odczyt rejestru stanu i kontrola bitu ADC\_DATA\_READY
- jeśli dane gotowe to odczyt rejestru danych ADC\_READ

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.*

### **11.7. Pomiar w trybie automatycznym DMA - jeden kanał DMA.**

#### Dane i cechy charakterystyczne:

- transmisją wyników jednym 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 próbkach;

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

*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 10 MHz,
- dane dla CTC0-1 - drugi dzielnik zegara podzielonego w kanale 0,

- zapis danych do pamięci programu sekwencji pomiarowej;

- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	1	
bit 1 - -ENABLE_IRQ	0	
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	0	
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	1	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	1	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	0	
bit 6 - -ENABLE_PRETRIG_ADC	1	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	1	! - zależne od konfiguracji analogowej
bit 8 - -DAC_SINGLE	x	(x) stan zależny od trybu pracy c/a
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	x	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	x	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	x	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	

---

bit 15 - -RESET\_DAC

1

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy. Czeką na polecenie startu. W celu wykrycia momentu startu pomiarów przy ewentualnym oczekiwaniu na sygnał zewnętrzny moduł generuje przerwanie od startu bloku pomiarów (patrz opis układu przerwań).*

- 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.*

### **11.8. Pomiar w trybie automatycznym DMA - dwa kanały DMA.**

Dane i cechy charakterystyczne:

- transmisją wyników w dwóch kanałach DMA
- bufor pomiarowy w obrębie jednego bloku DMA na każdy kanał
- praca z wykorzystaniem własnego zegara taktującego modułu.
  
- krótkie i szybkie pomiary
- wstęp do maksymalnie szybkich pomiarów przy bardzo długich buforach (pełna pamięć PC)
- stosunkowo trudne oprogramowanie

Kolejne czynności:

- wykonanie inicjalizacji toru a/c

*Moduł jest w stanie nieaktywnym.*

- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru dla transmisji kanałem DMA 5
- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru dla transmisji kanałem DMA 6
  
- programowanie kontrolera DMA w komputerze - dotyczy kanału 5 i 6:
  - rejestr strony DMA,
  - adresy początkowe buforów w obrębie strony DMA,

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

*Komputer jest gotowy do transmisji.*

- programowanie częstotliwości próbkowania modułu:
  - tryb pracy kanału CTC0-0 i CTC0-1 modułu - 2,
  - dane dla CTC0-0 - pierwszy podzielnik zegara 10 MHz,
  - dane dla CTC0-1 - drugi podzielnik zegara podzielonego w kanale 0,
- zaprogramowanie licznika transmisji DMA (zmiana kanału co N transmisji)
  - tryb pracy kanału CTC1-0 modułu - 3,
  - dane dla CTC1-0 - N liczba transmisji DMA w jednym kanale, a po zmianie w drugim
- zapis danych do pamięci programu sekwencji pomiarowej;
- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	1	
bit 1 - -ENABLE_IRQ	0	
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	0	
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	1	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	1	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	1	
bit 6 - -ENABLE_PRETRIG_ADC	1	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	1	! - zależne od konfiguracji analogowej
bit 8 - -DAC_SINGLE	x	(x) stan zależny od trybu pracy c/a
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	x	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	x	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	x	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	
bit 15 - -RESET_DAC	1	

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy. Czeka na polecenie startu. 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. Podczas transmisji danych pomiarowych kanałem DMA po wykonaniu N transmisji nastąpi samoczynne przełączenie kanału DMA z 5 na 6. Układ wygeneruje w tym momencie przerwanie mówiące o zwolnieniu kanału 5 i możliwości jego programowego przygotowania (w kontrolerze DMA na płycie PC) do dalszej pracy. Taki tryb pracy - na długich buforach z dynamicznym przeprogramowaniem opisany jest w przykładzie III. 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.*

### **11.9. Pomiar w trybie automatycznym DMA - dwa kanały DMA i długie transmisje.**

#### Dane i cechy charakterystyczne:

- transmisją wyników w dwóch kanałach 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
- bardzo 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 5 z modułu;
- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru dla kilku buforów danych dla transmisji kanałem DMA 6 z modułu;
- programowanie kontrolera DMA w komputerze - dotyczy kanału 5 i 6:
  - rejestry stron DMA,
  - adresy początkowe buforów w obrębie strony DMA,

- długości buforów 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 rozpoczęcia transmisji.*

- programowanie częstotliwości próbkowania modułu:
  - tryb pracy kanału CTC0-0 i CTC0-1 modułu - 2,
  - dane dla CTC0-0 - pierwszy dzielnik zegara 10 MHz,
  - dane dla CTC0-1 - drugi dzielnik zegara podzielonego w kanale 0,
- zaprogramowanie licznika transmisji DMA (zmiana kanału co N transmisji)
  - tryb pracy kanału CTC1-0 modułu - 3,
  - dane dla CTC1-0 - N liczba transmisji DMA w jednym kanale, a po zmianie w drugim
- zapis danych do pamięci programu sekwencji pomiarowej;
- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	1	
bit 1 - -ENABLE_IRQ	0	
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	0	
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	1	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	1	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	1	
bit 6 - -ENABLE_PRETRIG_ADC	1	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	1	! - zależne od konfiguracji analogowej
bit 8 - -DAC_SINGLE	x	(x) stan zależny od trybu pracy c/a
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	x	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	x	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	x	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	
bit 15 - -RESET_DAC	1	

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy. Czeka 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. Podczas transmisji danych pomiarowych kanałem DMA po wykonaniu N transmisji nastąpi samoczynne przełączenie kanału DMA z 5 na 6. Układ wygeneruje w tym momencie przerwanie mówiące o zwolnieniu kanału 5 i konieczności jego programowego przygotowania (w kontrolerze DMA na płycie PC) do dalszej pracy w następnym przydzielonym mu uprzednio buforze (po zakończeniu pracy DMA 6).*

- przeprogramowanie kontrolera DMA 5 w komputerze:
  - nowy rejestr strony
  - pozostałe parametry bez zmian

*Moduł kontynuuje pomiary i transmisje danych według zaprogramowanych parametrów. Podczas transmisji danych pomiarowych kanałem DMA 6 po wykonaniu N transmisji nastąpi samoczynne przełączenie kanału z powrotem z 6 na 5. Układ wygeneruje w tym momencie przerwanie mówiące o zwolnieniu kanału 6 i konieczności jego programowego przygotowania (w kontrolerze DMA na płycie PC) do dalszej pracy w następnym przydzielonym mu uprzednio buforze (po zakończeniu pracy DMA 5).*

- przeprogramowanie kontrolera DMA 6 w komputerze:
  - nowy rejestr strony
  - pozostałe parametry bez zmian

*Moduł kontynuuje pomiary i transmisje danych według zaprogramowanych parametrów. Cykl zamiany kanałów DMA przebiega według powyższego algorytmu.*

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

- wykonanie inicjalizacji toru a/c

*Moduł jest w stanie nieaktywnym.*

## **11.10. Pomiar w trybie automatycznym DMA - "pretriggering".**

Dane i cechy charakterystyczne:

- bufor wyników "przed wyzwoleniem" w 5 kanale DMA
- bufor wyników "po wyzwoleniu" w 6 kanale DMA
- transmisją wyników "po wyzwoleniu" jednym kanałem DMA

- praca z wykorzystaniem własnego zegara taktującego modułu
- praca z pamięcią stanu sprzed wyzwolenia
- szybkie pomiary z koniecznością pamiętania stanu sprzed wyzwolenia
- stosunkowo trudne oprogramowanie

#### Kolejne czynności:

- wykonanie inicjalizacji toru a/c

*Moduł jest w stanie nieaktywnym.*

- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru bufora danych dla transmisji kanałem 5 DMA z modułu;
- rezerwacja w systemie operacyjnym obszaru bufora danych dla transmisji kanałem 6 DMA z modułu;
- programowanie kontrolera DMA w komputerze - dotyczy kanału 5 i 6:
  - rejestr strony DMA,
  - adres początkowy bufora w obrębie strony DMA,
  - długość bufora w próbkach;
  - kanał 5 w trybie "autoinicjalizacji"
- 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 10 MHz,
  - dane dla CTC0-1 - drugi dzielnik zegara podzielonego w kanale 0,
- zapis danych do pamięci programu sekwencji pomiarowej;
- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	1
bit 1 - -ENABLE_IRQ	0
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	0
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	1
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	1
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	0
bit 6 - -ENABLE_PRETRIG_ADC	0

bit 7 - -ENABLE_DIFF	1	! - zależne od konfiguracji analogowej
bit 8 - -DAC_SINGLE	x	(x) stan zależny od trybu pracy c/a
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	x	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	x	
bit 11 - -ENABLE_CTC_DAC	x	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	
bit 15 - -RESET_DAC	1	

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy. Czekając 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. Transmisja danych przebiega w sposób cykliczny w obrębie jednego bloku w pierwszym (5) kanale DMA. Będąc w tym dynamicznym stanie moduł czeka na sygnał wyzwolenia sprzętowego.*

- sygnał wyzwolenia sprzętowego - ujemny poziom na linii ADC\_TRIG\_IN o czasie trwania nie dłuższym niż okres próbkowania

*Po wystąpieniu wyzwolenia sprzętowego zostanie wygenerowane przerwanie informujące program o zaistnieniu wyzwolenia w trybie "pretriggering". Jednocześnie w bloku danych na 4 starszych bitach danych pomiarowych pojawi się znacznik - wartość bitu 1 informująca precyzyjnie o sekwencji, przed którą nastąpiło wyzwolenie. Znacznik pozostanie aktywny na czas jednej sekwencji pomiarowej, która to będzie ulokowana w pamięci zgodnie z przedstawionym poniżej rysunkiem.*

*Moduł samoczynnie przełączy kanał DMA na drugi i rozpocznie normalne przetwarzanie i transmisje według uprzednio zaprogramowanych parametrów.*

*Program w obsłudze przerwania powinien przeprogramować układy DMA i moduł tak, aby przy najbliższej potencjalnej zmianie kanału DMA transmisja danych została skierowana do pustego bufora DMA. Program ma na te czynności czas równy wypełnieniu jednego bufora DMA. Podczas tego kroku do modułu należy wysłać następujące sterowanie:*

- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

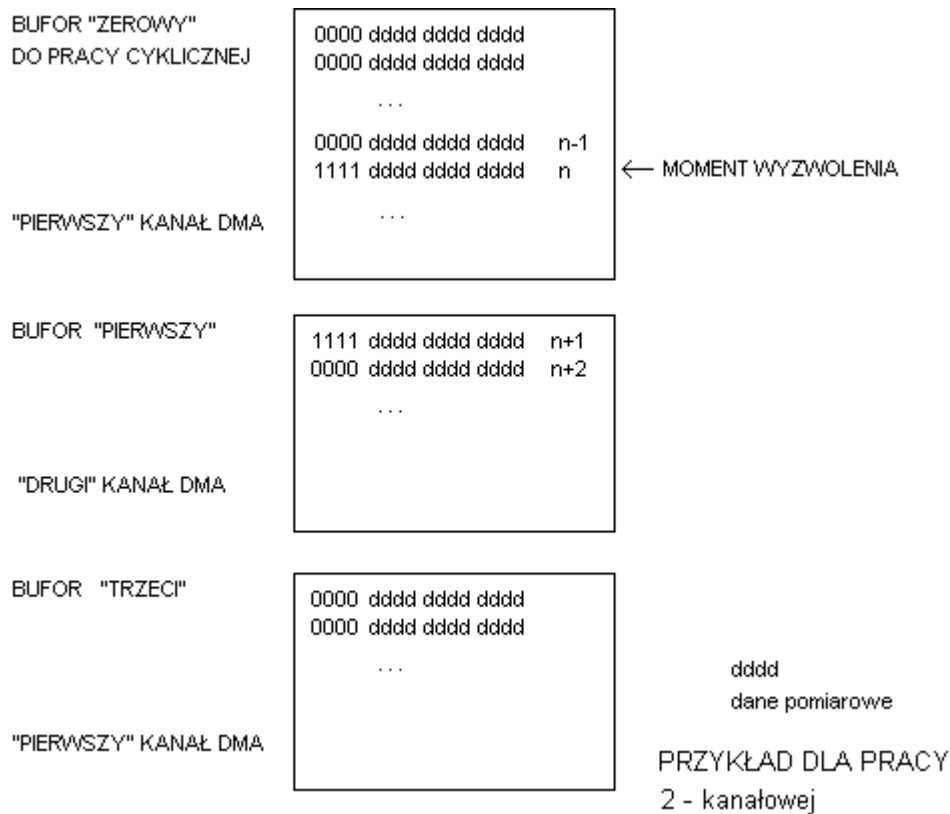
bit 0 - -RESET_IRQ	1
bit 1 - -ENABLE_IRQ	0

---

bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	0	
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	1	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	1	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	1	
bit 6 - -ENABLE_PRETRIG_ADC	1	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	1	! - zależne od konfiguracji analogowej
bit 8 - -DAC_SINGLE	x	(x) stan zależny od trybu pracy c/a
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	x	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	x	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	x	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	
bit 15 - -RESET_DAC	1	

*Po takim przeprogramowaniu moduł przetwarza i transmituje dane tak jak w przypadku trybu pracy w dwóch kanałach DMA. Dalsze czynności należy wykonywać zgodnie z zamieszczonym na poprzednich stronach algorytmem.*

Struktura danych w pamięci przy pracy w trybie "pretriggering".



Struktura danych w postaci wydruku hexadecymalnego (praca 4 kanałowa):

sekwencja n-2	0ddd	0ddd	0ddd	0ddd	bufor kanału 5 DMA
sekwencja n-1	0ddd	0ddd	0ddd	0ddd	bufor kanału 5 DMA
<u>sekwencja n</u>	<u>1ddd</u>	0ddd	0ddd	0ddd	bufor kanału 5 DMA
sekwencja n-m	0ddd	0ddd	0ddd	0ddd	bufor kanału 5 DMA
sekwencja n-m	0ddd	0ddd	0ddd	0ddd	bufor kanału 5 DMA
<u>sekwencja n</u>		<u>1ddd</u>	<u>1ddd</u>	<u>1ddd</u>	bufor kanału 6 DMA
sekwencja n+1	0ddd	0ddd	0ddd	0ddd	bufor kanału 6 DMA

sekwencja podkreślona - moment wyzwolenia - rozłożona na 2 bufory DMA

n - bieżący licznik sekwencji

m - długość w sekwencjach bufora "przed wyzwoleniem"

**11.11. Pomiary w trybie różnicowym.**

Pomiary w trybie różnicowym oprogramowywane są w taki sam sposób jak pomiary w trybie ze wspólną masą. Jedyne różnice to możliwość pomiaru ośmiu zamiast szesnastu różnych wejść analogowych.

We wszystkich zapisach słowa sterującego do rejestru STATUS\_WRITE należy bit 7 -ENABLE\_DIFF ustawić na 0 oraz na module przestawić odpowiednio zworki konfigurujące multiplekser analogowy. Należy pamiętać, że praca różnicowa możliwa jest jedynie z zainstalowanym wzmacniaczem instrumentalnym, w rezultacie zmieniającym sygnał symetryczny (różnicowy) na niesymetryczny (ze wspólną masą) właściwy dla przetwornika analogowo-cyfrowego.



## 12. PROGRAMOWANIE TORU STEROWANIA ANALOGOWEGO.

### 12.1. Inicjalizacja toru sterowania analogowego modułu.

- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	0	! - zeruje również przerwania z a/c
bit 1 - -ENABLE_IRQ	1	! - blokuje również przerwania z a/c
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	x	(x) stan zależny od trybu pracy a/c
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	x	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	x	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	x	
bit 6 - ENABLE_PRETRIG_ADC	x	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	x	
bit 8 - -DAC_SINGLE	1	
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	1	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	1	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	0	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	
bit 15 - -RESET_DAC	0	

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

- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	1	
bit 1 - -ENABLE_IRQ	1	! - blokuje również przerwania z a/c
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	x	(x) stan zależny od trybu pracy a/c
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	x	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	x	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	x	
bit 6 - ENABLE_PRETRIG_ADC	x	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	x	
bit 8 - -DAC_SINGLE	1	
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	1	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	1	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	0	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	

---

bit 14 - -RESET_ADC	1
bit 15 - -RESET_DAC	1

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

- zaprogramować CTC2 kanał 0, 1 - tryb 2, bez transmisji danych

## **12.2. 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;
- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	1	
bit 1 - -ENABLE_IRQ	0	
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	x	(x) stan zależny od trybu pracy a/c
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	x	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	x	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	x	
bit 6 - ENABLE_PRETRIG_ADC	x	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	x	
bit 8 - -DAC_SINGLE	1	
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	1	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	1	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	0	

---

bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	
bit 15 - -RESET_DAC	1	

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy.*

- zapis pusty do rejestru SET\_EN\_DAC (programowy start bloku sterowania).
- zapis pusty do rejestru DAC\_START\_PR (programowy start sekwencji sterowania).
- zapis danych dotyczących bieżącego sterowania do rejestrów układów c/a

dwa ostatnie kroki powtarzać aż do zakończenia sekwencji pomiarowej

Wykonywać kolejne sekwencje pomiarowe według algorytmu aż do zapełnienia bufora.

- wykonanie inicjalizacji toru c/a

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

### **12.3. 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 CTC2-0 i CTC2-1 modułu - 2,
  - dane dla CTC2-0 - pierwszy dzielnik zegara 10 MHz,
  - dane dla CTC2-1 - drugi dzielnik zegara podzielonego w kanale 0,
- zapis danych do rejestru STATUS\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	1	
bit 1 - -ENABLE_IRQ	0	
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	x	(x) stan zależny od trybu pracy a/c
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	x	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	x	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	x	
bit 6 - ENABLE_PRETRIG_ADC	x	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	x	
bit 8 - -DAC_SINGLE	1	
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	1	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	0	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	1	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	
bit 15 - -RESET_DAC	1	

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy. Czeka na polecenie startu sterowania z programu lub z zewnątrz (linia TRIG\_DAC\_IN). W celu wykrycia momentu startu sterowania przy oczekiwaniu na sygnał zewnętrzny moduł generuje przerwanie od startu bloku sterowania.*

- zapis pusty do rejestru SET\_EN\_DAC (programowy start bloku sterowania).

---

*Moduł realizuje sterowanie analogowe według uprzednio zaprogramowanych parametrów. Sterowanie zakończy się po zakończeniu transmisji danych z bufora DMA.*

- wykonanie inicjalizacji toru c/a

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

#### **12.4. 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\_WRITE:

bit 0 - -RESET_IRQ	1	
bit 1 - -ENABLE_IRQ	0	
bit 2 - -ENABLE_DMA_ADC	x	(x) stan zależny od trybu pracy a/c
bit 3 - -ENABLE_SAMPLE_IN	x	
bit 4 - ENABLE_CTC_ADC	x	
bit 5 - ENABLE_CHG_DMA_ADC	x	
bit 6 - ENABLE_PRETRIG_ADC	x	
bit 7 - -ENABLE_DIFF	x	
bit 8 - -DAC_SINGLE	1	
bit 9 - -ENABLE_CTRL_IN	1	
bit 10 - -ENABLE_DMA_DAC	1	
bit 11 - ENABLE_CTC_DAC	0	
bit 12 - --	-	(-) stan obojętny
bit 13 - --	-	
bit 14 - -RESET_ADC	1	
bit 15 - -RESET_DAC	1	

*W tym momencie moduł jest gotowy do pracy. Czekając na polecenie startu sterowania. W celu wykrycia momentu startu sterowania przy oczekiwaniu na sygnał zewnętrzny moduł generuje przerwanie od startu bloku sterowania.*

- zapis pusty do rejestru SET\_EN\_DAC (programowy start bloku sterowania).

*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 programowym albo zewnętrznym poleceniu zatrzymania sterowania.*

- wykonanie zerowania toru c/a

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

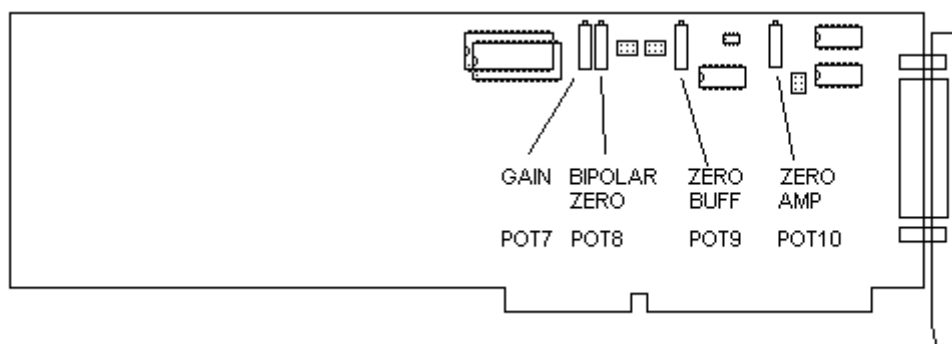
## 13. STROJENIE UKŁADÓW ANALOGOWYCH WEJŚCIOWYCH.

### 13.1. Numeracja potencjometrów.

- P7 - GAIN - górny koniec charakterystyki przetwornika
- P8 - BIPOLAR ZERO - dolny koniec charakterystyki przetwornika przy pracy na zakresach bipolarnych
- P9 - ZERO BUF - zerowanie bufora analogowego
- P10 - ZERO AMP - zerowanie analogowego wzmacniacza instrumentalnego

### 13.2. Znaczenie potencjometrów.

- ZERO AMP      zerowanie wzmacniacza instrumentalnego PGA 202/203  
zakres regulacji ok. +/- 20 mV;
- ZERO BUFF      zerowanie bufora analogowego  
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



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

Wybór zainstalowanego przetwornika analogowo-cyfrowego:

JP33        ON        ADS574KE, ADS774KE  
 (na zakresie bipolarnym kod binarny z przesunięciem, na unipolarnym naturalny kod binarny)

JP33        OFF        AD678KN  
 (na zakresie bipolarnym kod uzupełnieniowy do 2 - U2, na unipolarnym naturalny kod binarny)

Ustawienie zakresów a/c DS3 (wzmocnienie PGA = 1):

Przetwornik AD678KN:

	+/-5 V	0-10 V
JP34	OFF	OFF
JP35	OFF	ON
JP36	ON	OFF

Przetwornik ADS574KE, ADS774KE:

	+/-10 V	+/-5 V	0-10 V
JP34	OFF	ON	ON
JP35	OFF	OFF	ON
JP36	ON	ON	OFF

### 13.4. Instrukcja strojenia a/c.

Podczas strojenia modułu korzystamy z funkcji ciągłego odczytu wejść analogowych w programie TEST1516.EXE.

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

Dopuszczalne jest przełączanie zakresów wejść analogowych bez wyłączania 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. Układ wejść analogowych ustawić w tryb pracy niesymetrycznej (ze wspólną masą); programowo ustawić wzmocnienie układu wzmacniacza instrumentalnego PGA = 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;
- Układ wejść analogowych skonfigurować na pracę z wzmacniaczem instrumentalnym;
- Potencjometrem P9 (ZERO AMP) ustawić nienasycony odczyt 000<sup>16</sup>;
- Układ wejść analogowych skonfigurować na pracę z buforem analogowym;
- Potencjometrem P10 (ZERO BUF) ustawić nienasycony odczyt 000<sup>16</sup>;
- Ustawić zakres +/-10V;
- Na wejścia analogowe podać napięcie -10.000 V;
- Potencjometrem P8 (BIPOLAR ZERO) ustawić odczyt 000<sup>16</sup>;
- Na wejścia analogowe podać napięcie +10.000 V;
- Potencjometrem P7 (GAIN) ustawić 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). Dla konwerterów AD678KN strojenie wykonywane jest na zakresie +/-5V.

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

---

## 14. STROJENIE UKŁADÓW ANALOGOWYCH WYJŚCIOWYCH.

### 14.1. Numeracja potencjometrów.

#### Układ c/a1

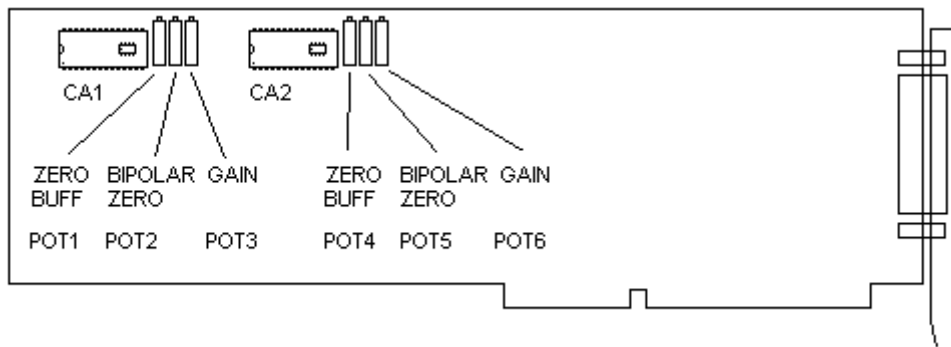
- P3 - GAIN - górny koniec charakterystyki przetwornika
- P2 - BIPOLAR ZERO - dolny koniec charakterystyki przetwornika przy pracy na zakresach bipolarnych
- P1 - ZERO BUFF - zerowanie bufora analogowego

#### Układ c/a2

- P6 - GAIN - górny koniec charakterystyki przetwornika
- P5 - BIPOLAR ZERO - dolny koniec charakterystyki przetwornika przy pracy na zakresach bipolarnych
- P4 - ZERO BUFF - zerowanie bufora analogowego

### 14.2. Znaczenie potencjometrów.

- ZERO BUFF      zerowanie wzmacniacza operacyjnego LM310 spełniającego rolę bufora analogowego dopasowującego impedancję w układzie wejścia analogowego - układ ten znajduje się pomiędzy wyjściem z multiplekserów 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



### 14.3. Ustawienie zakresów c/a.

#### Ustawienie zakresów c/a1 DS1:

	+/- 10 V	+/-5 V	0-10 V
JP37	ON	ON	OFF
JP38	OFF	OFF	ON
JP39	OFF	ON	ON

#### Ustawienie zakresów c/a2 DS2:

	+/- 10 V	+/-5 V	0-10 V
JP40	ON	ON	OFF
JP41	OFF	OFF	ON
JP42	OFF	ON	ON

### 14.4. Instrukcja strojenia c/a.

Podczas strojenia modułu korzystamy z funkcji wysłania pojedynczego sterowania do obu układów a/c w programie TEST1516.EXE.

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 woltomierzem o dokładności min. 4 i 1/2 cyfry;
- Na wyjścia analogowe wysłać wartość 000<sup>16</sup>;
- Ustawić zakres 0-10 V;

- Potencjometrem P1, P4 (ZERO BUF) ustawić napięcie 0.000 V;
- Ustawić zakres +/-10 V;
- Potencjometrem P2, P5 (BIPOLAR ZERO) ustawić napięcie -10.000 V;
- Na wyjścia analogowe wysłać wartość FFF<sup>16</sup>;
- Potencjometrem P3, P6 (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

### 15. 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.

### 16. 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.