



Przedsiębiorstwo Badawczo-Produkcyjne

OPTEL Sp. z o.o.

ul. Morelowskiego 30

PL-52-429 Wrocław

tel.: +48 (071) 329 68 54

fax.: +48 (071) 329 68 52

e-mail: optel@optel.pl

www.optel.eu

Ultrasonic Multiplexer OPMUX v12.0

Manual

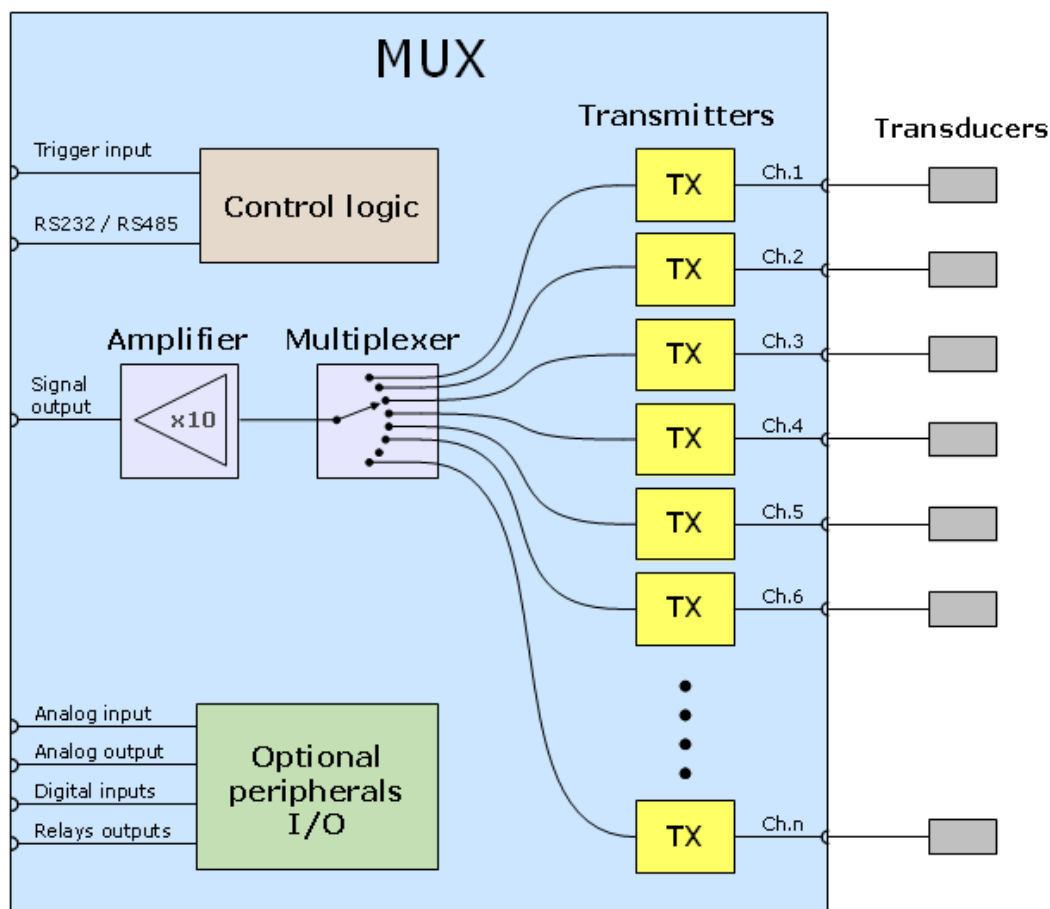
Dla OPMUXa z oprogramowaniem w wersji 1.01

Spis treści

1 Opis urządzenia.....	3
1.1 Specyfikacja techniczna.....	4
1.2 Technika pomiaru.....	6
1.3 Sekwencja pomiarowa.....	8
2 Nadajnik.....	9
2.1 Opis działania.....	9
2.2 Parametry impulsu.....	10
2.3 Opóźnienie sygnału triggera.....	11
3 Tor pomiarowy.....	12
3.1 Opis toru sygnałowego.....	12
3.2 Czas przełączania kanałów.....	13
3.3 Przesłuch między kanałami.....	13
4 Gniazda.....	14
4.1 Rozmieszczenie gniazd z przodu obudowy.....	14
4.1.1 Gniazdo „Control”.....	15
4.1.2 Gniazdo „Power socket”.....	15
4.1.3 Gniazdo „Trigger in”.....	15
4.1.4 Gniazdo „Signal out”.....	16
4.1.5 Gniazdo „Serial interface”.....	17
4.1.6 Gniazdo „Peripherals”.....	18
4.2 Rozmieszczenie gniazd z tyłu obudowy.....	20
5 Rozkazy sterujące.....	21
5.1 Rozpoczęcie pracy.....	21
5.2 Sekwencja pomiarowa.....	21
5.3 Parametry impulsu.....	23
5.4 Peryferia We-Wy.....	24
5.5 Diagnostyka.....	25
5.6 Komunikaty błędów.....	26
5.7 Zabezpieczenie termiczne.....	27
5.8 Przekroczenie maksymalnej częstotliwości sygnału na wejściu triggera.....	28
5.9 Przykładowa aplikacja.....	29

1 Opis urządzenia

OPMUX jest przystosowany do wszelkiego rodzaju pomiarów ultradźwiękowych wszędzie tam gdzie jest potrzebny więcej niż jeden kanał. Łącznie z kartą OPCARD 2.0 ([link](#)) lub przyrządem pomiarowym OPBOX 2.0 oraz głowicą ultradźwiękową jest to kompletny system pomiarowy do zastosowań w badaniach ultradźwiękowych. Każdy kanał ma niezależny obwód nadawczo-odbiorczy. Kolejność pracy poszczególnych kanałów można dowolnie konfigurować.



Schemat blokowy MUX-a

MUX może pracować z przetwornikami o częstotliwości rezonansowej 0.5MHz – 25MHz i dowolnej impedancji. MUX posiada, w zależności od wersji, od 4 do 35 kanałów. Każdy kanał może pracować jako nadajnik oraz jako odbiornik. W danej chwili może pracować tylko jeden nadajnik. Nadawanie i odbieranie może się odbywać na różnych kanałach – np. nadajemy przetwornikiem podłączonym do kanału pierwszego, a odbieramy sygnał z przetwornika na kanale drugim.

MUX posiada pamięć w której można zaprogramować dowolną sekwencję pomiarową (sekwencja czyli adresy nadajników i odbiorników dla kolejnych triggerów).

MUX posiada jedno wyjście sygnałowe. Przetwornik z którego chcemy rejestrować sygnał, wybierany jest za pomocą multiplexera. Następnie sygnał podawany jest na wzmacniacz z filtrem.

Urządzenie konfiguruje się poprzez łącze szeregowe (standardowo RS232).

Urządzenie zasilane jest z 12V DC. Urządzenie wyposażone jest w bezpiecznik oraz zabezpieczenie przeciwzwarceniowe oraz termiczne w obwodzie nadajników.

Wejście triggera akceptuje nawet bardzo krótkie impulsy (<400ns) w standardzie TTL.

MUX może zostać wyposażony w dodatkowe peryferia wejścia-wyjścia:

- Wejście analogowe 0V-10V
- Wyjście analogowe 0V-10V
- Cztery przekaźniki do sterowania zewnętrznym obciążeniem
- Dwa wejścia cyfrowe przeznaczone do podłączenia przycisków.

1.1 Specyfikacja techniczna

Parametry	
Zasilanie:	12V DC; 2A
Liczba kanałów (zależna od typu MUX-a):	4; 8; 11; 16; 19; 32; 35
Maks. częstotliwość pracy (PRF):	75kHz (<5kHz dla pojedynczego kanału)
Maks. długość kabla do komputera:	30m

Wymiary (wysokość / długość / szerokość)	
MUX4	3,5cm / 17cm / 14cm
MUX8+3	8cm / 20cm / 15cm
MUX16+3	8cm / 30cm / 20cm
MUX32+3	8cm / 40cm / 20cm

Interface	
Rodzaj komunikacji:	łącze szeregowe RS232 (standardowo); RS422 / RS485*
Prędkość:	115200
złącze:	DB9, żeńskie
*na życzenie; niedostępny dla MUX4	

Nadajniki	
Impedancja wyjściowa:	<1Ω
Zakres częstotliwości pracy przetwornika ultradźwiękowego:	0.5MHz - 20MHz
Amplituda generowanego impulsu:	0 (off) – 400V*
Sterowanie amplitudą:	łącze szeregowe lub sterowanie analogowe 0-10V
Długość impulsu:	0.1us - 6.3us (rozdzielczość 0.1us)
Czas zbocza opadającego impulsu:	<=25ns
*maksymalna amplituda jest zależna od obciążenia	

Wzmacniacz	
Pasma przenoszenia (3dB):	1MHz – 15MHz*
wzmocnienie:	20dB
Maksymalna amplituda sygnału wejściowego:	±200mV
Maksymalna amplituda sygnału wyjściowego:	±2V
Impedancja wejściowa:	50Ω @10MHz
Impedancja wyjściowa:	<1Ω
*na życzenie wartości mogą zostać zmienione	

Opcjonalne sygnały wejścia/wyjścia

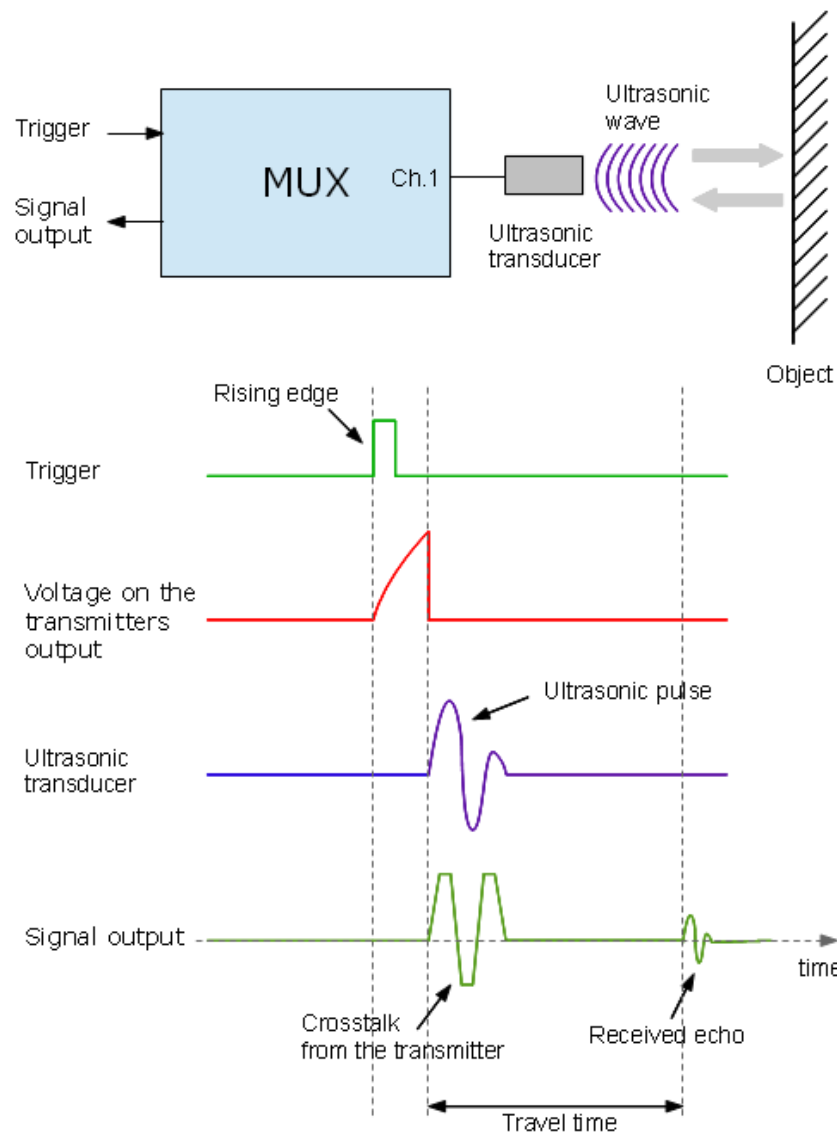
Wejście analogowe:	Zakres napięcia: $\pm$ 0V-10V Pasma: 360Hz rozdzielczość 12bit
Wyjście analogowe:	Zakres napięcia: 0V-10V pasmo: 530Hz rozdzielczość 12bit
przełączniki:	Maks. 4 wyjścia; zdolność przełączenia: 2A 24VDC, 2A 125VAC
Wejście cyfrowe:	Maks. 2 wejścia; Maks. dopuszczalne napięcie 5.5 V; Wejścia wyposażone w rezystory "pull-up" do 5V;

1.2 Technika pomiaru

MUX pozwala na pracę z wykorzystaniem dwóch technik pomiarowych:

- Praca na odbiciu (Pulse Echo)
- Praca na przejściu (Through Transmission)

Pulse Echo



Pulse Echo (PE)

Metoda ta wykorzystuje ten sam przetwornik ultradźwiękowy do nadawania i odbioru.

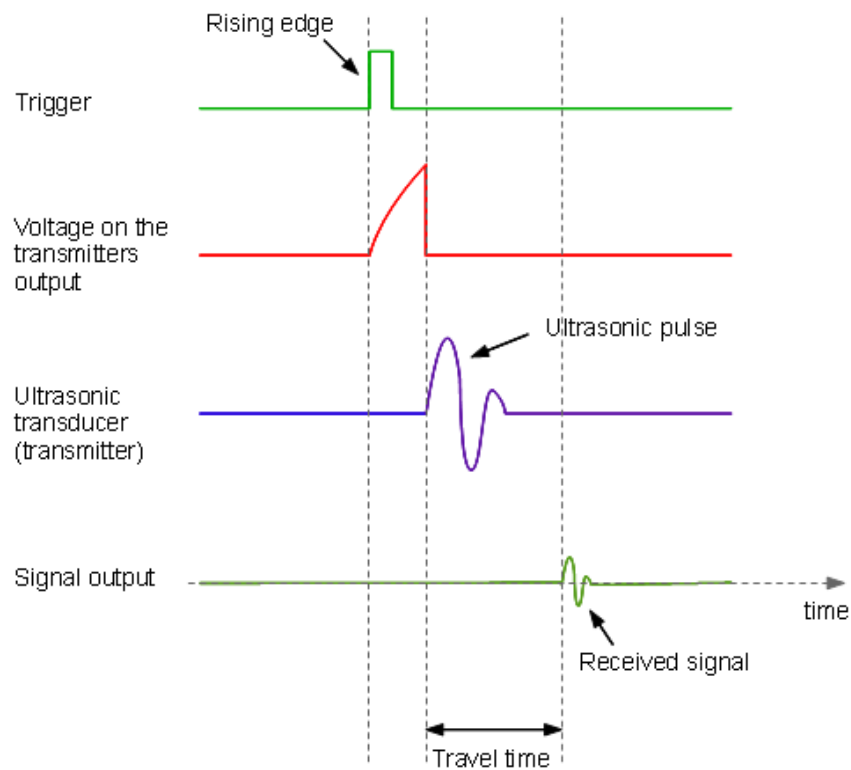
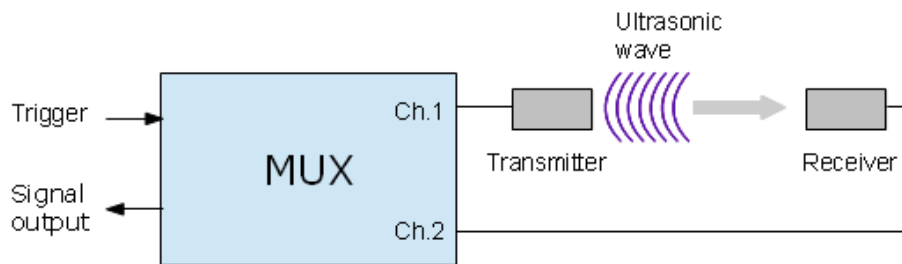
Aby pracować w tym trybie, wybieramy w MUXie ten sam kanał do nadawania i odbioru (na rysunku Ch.1).

W chwili przyścia sygnału triggera, nadajnik wytworzy impuls, który pobudzi przetwornik ultradźwiękowy. Przetwornik wygeneruje fale ultradźwiękową, która po odbiciu się od badanego obiektu, zostanie odebrana przez ten sam przetwornik.

Sygnał zarejestrowany na wyjściu MUXa (wyjście Signal Output) będzie miał małą amplitudę, ponieważ fala ultradźwiękowa ulega tłumieniu w środowisku oraz częściowo jest pochłaniana przez badany obiekt. Dlatego należy ustawić odpowiednie wzmocnienie w karcie pomiarowej.

Na wyjściu sygnału będzie widoczny także przesłuch od nadajnika – jest to normalne zjawisko.

Through Transmission



Through Transmission (TT)

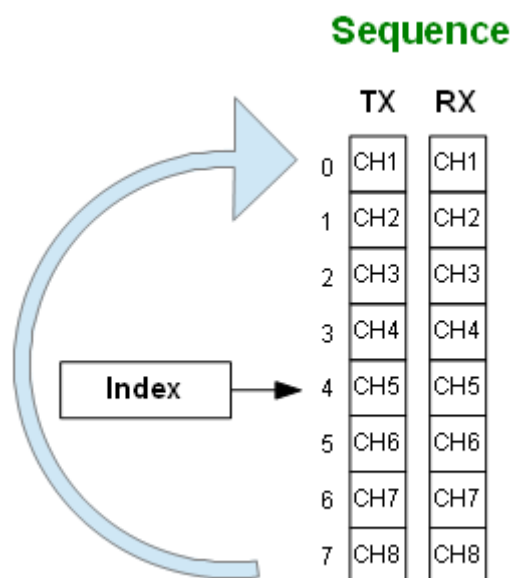
W tej metodzie wykorzystuje się dwa lub więcej przetworników. W ten sposób można badać tłumienie fali ultradźwiękowej w obiekcie na przejściu (jak na rysunku) lub rejestrować fale odbitą od obiektu (wtedy przetworniki mogą patrzeć pod różnymi kątami na obiekt).

W przykładzie przedstawionym na rysunku, przetwornik podłączony do kanału pierwszego nadaje falę ultradźwiękową, natomiast rejestruje ją przetwornik podłączony do kanału drugiego.

1.3 Sekwencja pomiarowa

MUX ma wbudowaną pamięć, w której można zaprogramować dowolną sekwencję pomiarową.

Przykładowa sekwencja składająca się z 8 elementów:



TX – adres nadajnika

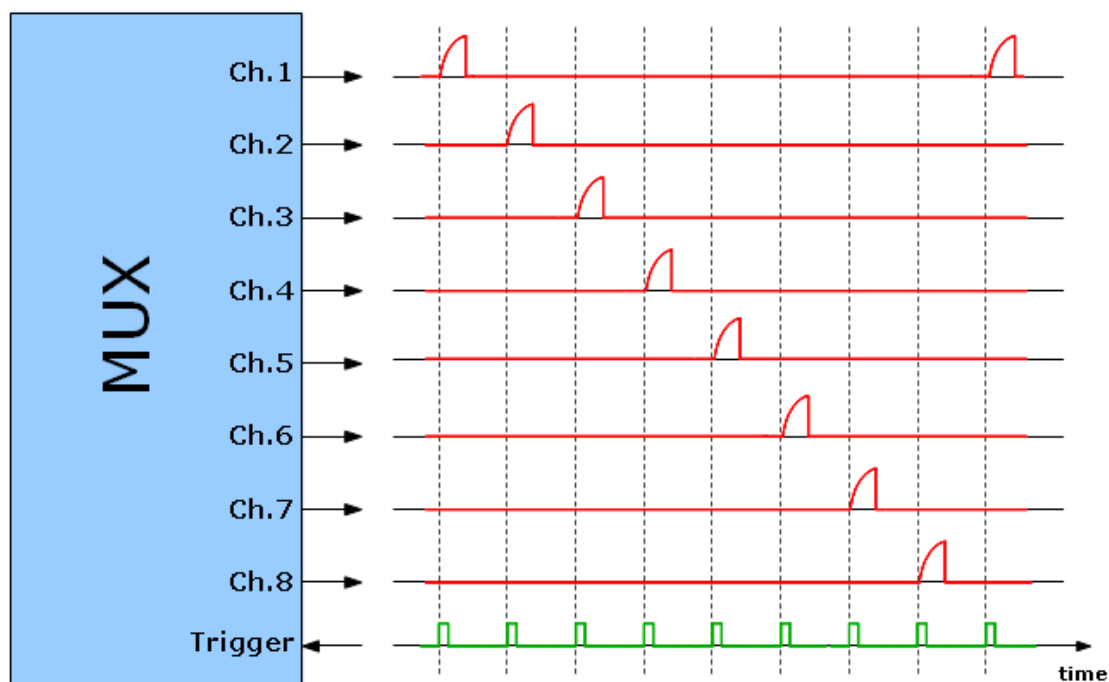
RX – adres odbiornika

W tym przykładzie adresy nadawania i odbierania są takie same. Oznacza to, że dla pierwszego triggera nadajemy przetwornikiem podłączonym do kanału pierwszego (CH1) i jednocześnie odbieramy sygnał na tym samym przetworniku (Pulse Echo).

Dla drugiego triggera, nadajemy przetwornikiem podłączonym do kanału drugiego (CH2).

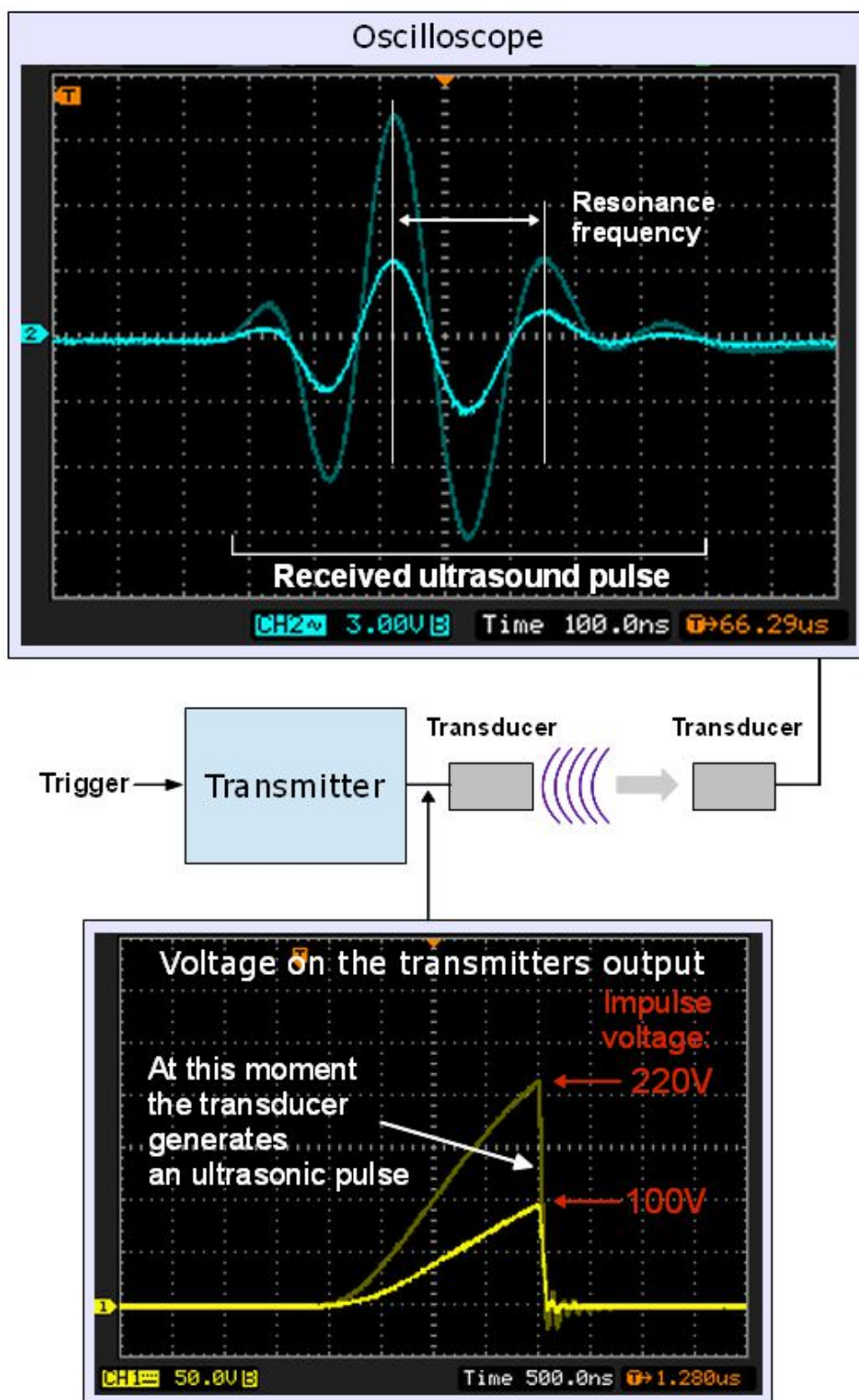
Dziewiąty trigger powoduje wyzerowanie się indeksu i rozpoczęcie odtwarzania sekwencji od początku.

Ta przykładowa sekwencja tak będzie wyglądać na diagramie czasowym:



2 Nadajnik

2.1 Opis działania



W momencie odebrania sygnału triggera, nadajnik generuje impuls wysokiego napięcia o ściśle określonym czasie. Zbocze opadające tego impulsu, powoduje pobudzenie przetwornika ultradźwiękowego i wygenerowanie fali ultradźwiękowej. Przy takim sterowaniu, przetwornik zostaje pobudzony na swojej częstotliwości rezonansowej (np. 5MHz).

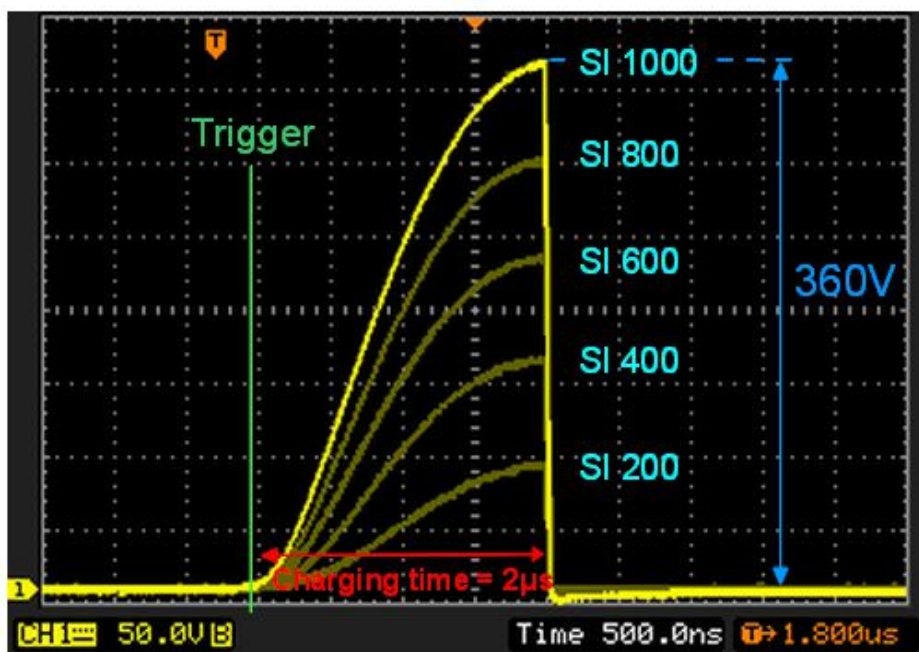
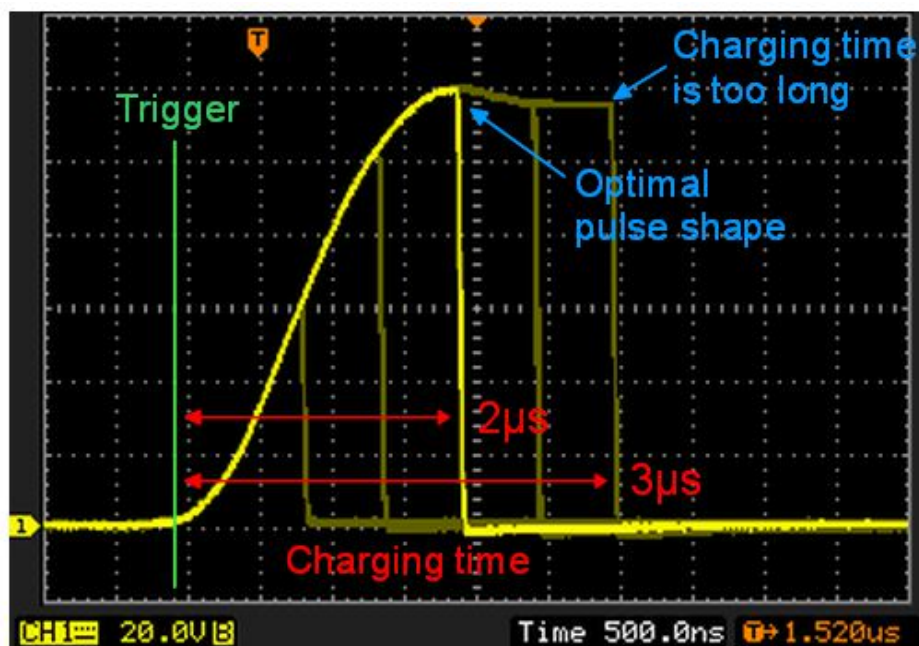
! Im większe napięcie na wyjściu nadajnika, tym większa moc wytworzonego impulsu ultradźwiękowego.

2.2 Parametry impulsu

Impuls na wyjściu nadajnika można regulować za pomocą dwóch parametrów:

- czas ładowania (komenda SL)
- napięcie ładowania (komenda SI)

Rysunki pokazują zależność kształtu impulsu na wyjściu nadajnika w zależności od ustawionych parametrów nadawania (komendy SI oraz SL):



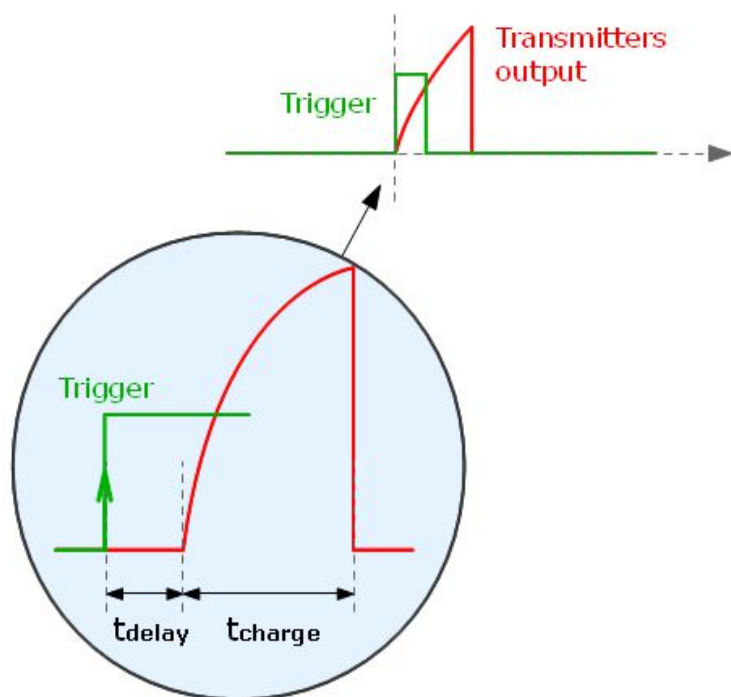
! Maksymalne napięcie impulsu zależy od typu przetwornika i może wynosić np. 200V (podczas gdy nieobciążony nadajnik ma na wyjściu napięcie ok 400V).

Optymalny czas ładowania (patrz rysunek powyżej) zależy od typu podpiętego przetwornika. Przetworniki o większej pojemności, mogą wymagać dłuższego czasu ładowania.

! Wydłużanie czasu ładowania (po osiągnięciu już maksymalnego napięcia) nic nie daje – nie powoduje to zwiększenia mocy impulsu ultradźwiękowego. Powoduje to natomiast niepotrzebne grzanie się nadajników.

2.3 Opóźnienie sygnału triggera

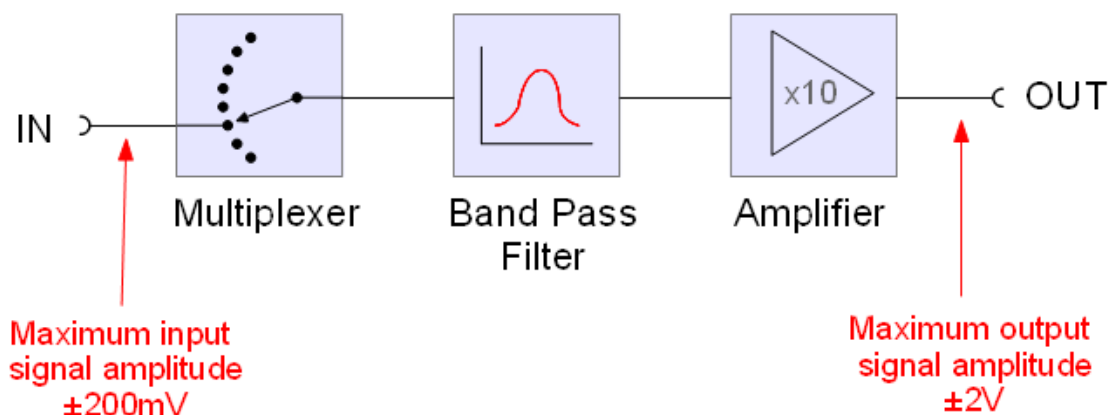
MUX reaguje na narastające zbocze sygnału triggera. Impuls ładowania nie rozpoczyna się jednak dokładnie w tym samym momencie - nadajnik startuje z pewnym opóźnieniem. Czas ten oznaczony jako t_{delay} wynosi ok 200ns i jest on stały. Opóźnienie to wynika z czasu propagacji bramek.



3 Tor pomiarowy

3.1 Opis toru sygnałowego

Tor sygnałowy składa się z trzech głównych bloków:

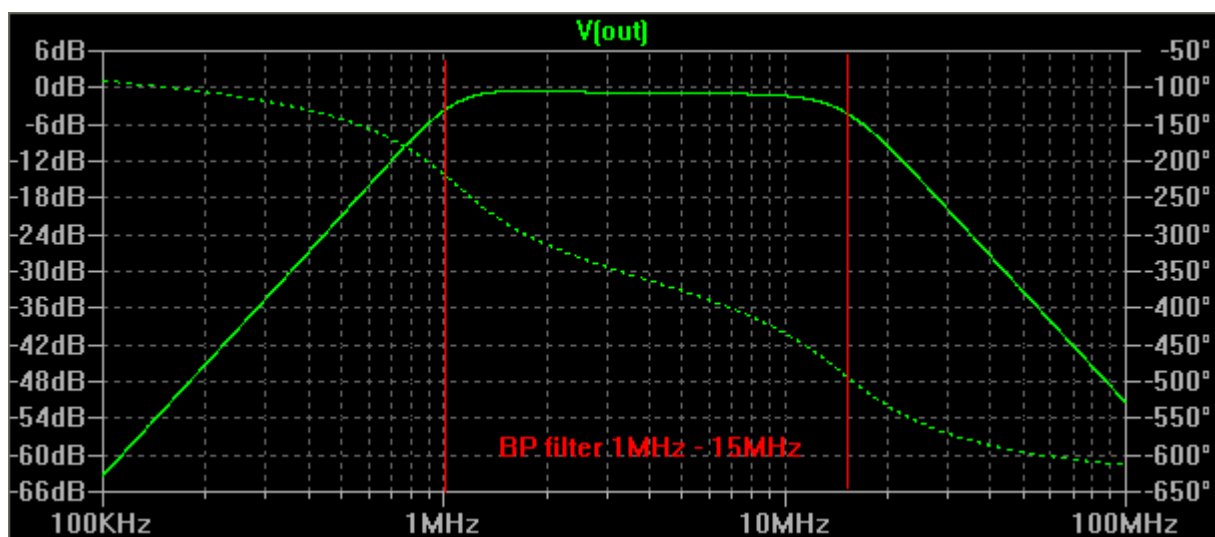


1. Multiplexer pozwala wybrać kanał z którego będzie mierzony sygnał.
2. Filtr pasmowo-przepustowy wycina zakłócenia poza interesującym nas pasmem pomiarowym.
3. Wzmacniacz wstępnie wzmacnia odebrany słaby sygnał z przetwornika, tak aby można go było przesłać nawet długim kablem do karty pomiarowej.

Sygnał na wejściu multiplexera może mieć maksymalną wartość 400mVpp . Przy wzmacnieniu $\times 10$ daje to sygnał wyjściowy o amplitudzie 4Vpp .

MUX może pracować z przetwornikami o częstotliwości z zakresu od 0.5MHz do 25MHz .

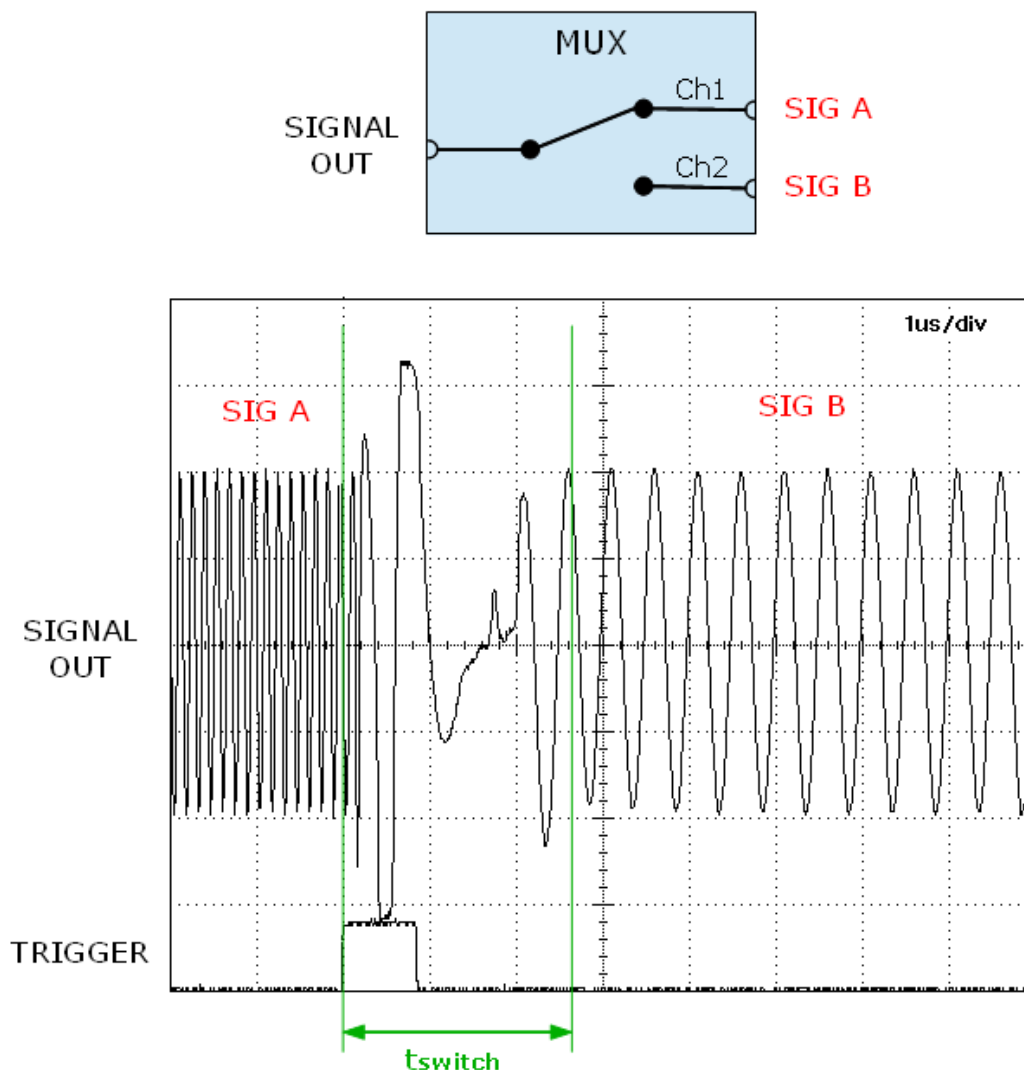
Standardowy filtr wykorzystywany w MUX-ie jest filtrem pasmowo-przepustowym o częstotliwości przenoszenia od 1MHz do 15MHz . Na życzenie klienta, parametry filtra BP mogą być dobrane do konkretnego przetwornika.



Charakterystyka przenoszenia standardowego filtra BP

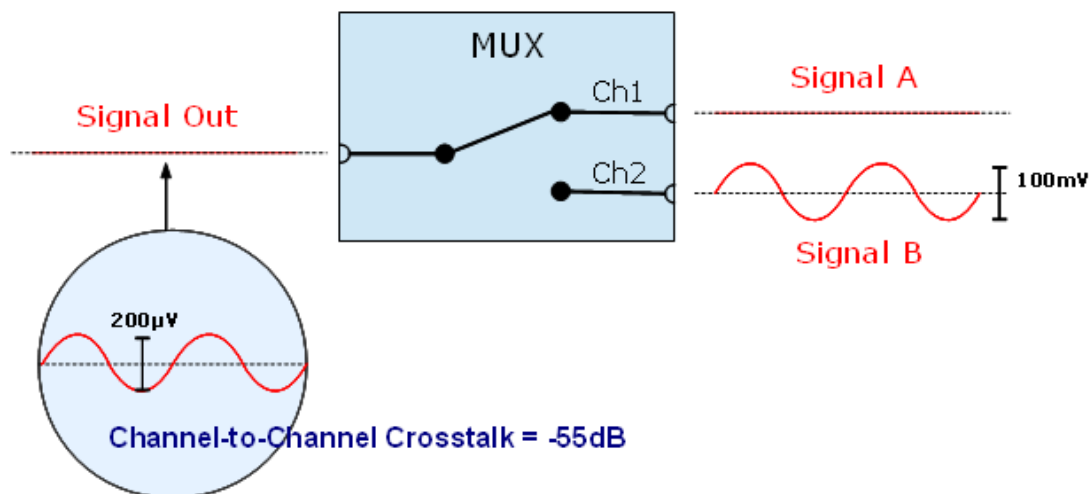
3.2 Czas przełączania kanałów

Kanały w multiplekserze przełączane są w momencie odebrania impulsu triggera. Sygnał z wybranego kanału nie jest jednak od razu widoczny na wyjściu. Niezbędny jest pewien czas na ustabilizowanie się toru sygnałowego. Czas ten oznaczony jako t_{switch} wnosi ok 3 μs .



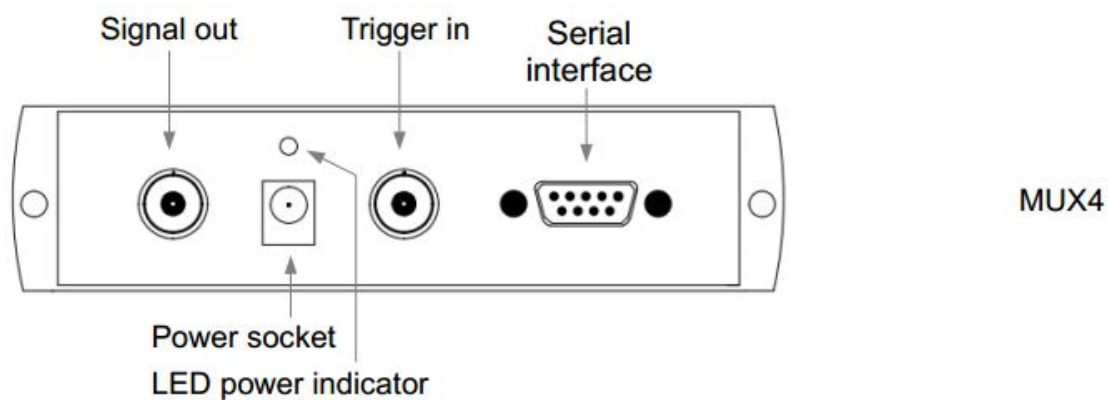
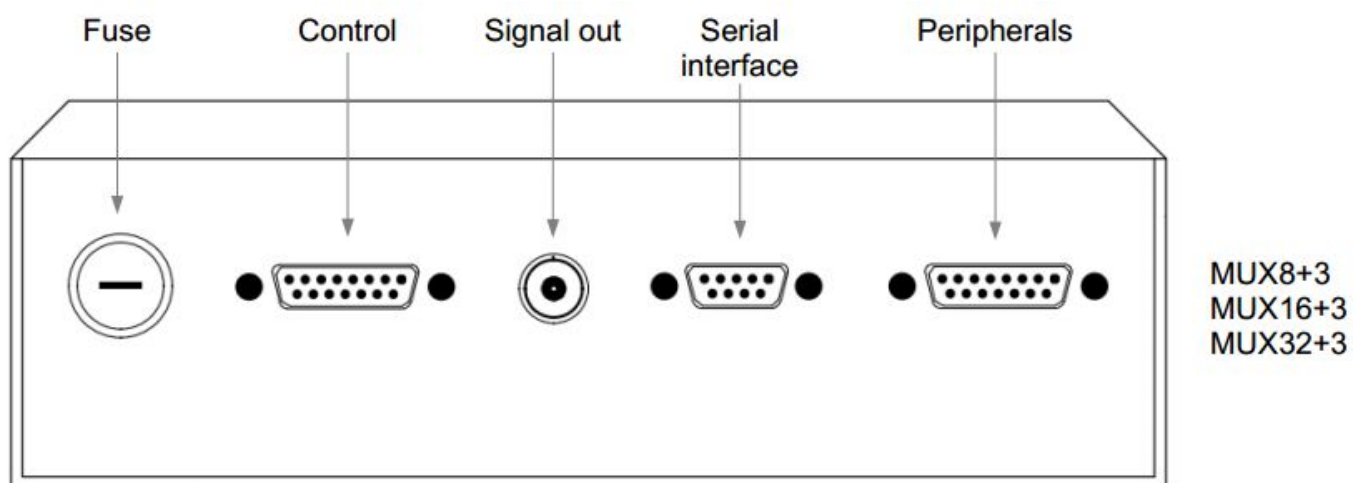
3.3 Przesłuch między kanałami

Przesłuch pomiędzy kanałami jest rzeczą nie do uniknięcia. Ma on jednak bardzo małą wartość - sygnał z niewybranego kanału przedostaje się na wyjście, stłumiony ok 550 razy.



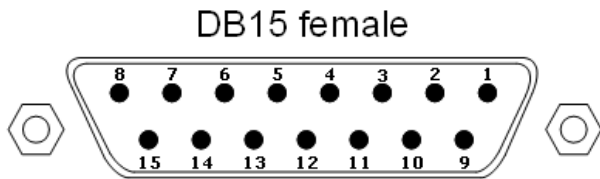
4 Gniazda

4.1 Rozmieszczenie gniazd z przodu obudowy



4.1.1 Gniazdo „Control”

Jest to gniazdo typu DB15 żeńskie. Złącze to służy do podłączenia zasilania oraz sygnałów sterujących z karty pomiarowej.



PIN	Description	PIN	Description
1	Trigger input (TTL)	9	General Input 1 (TTL)
2	General Input 2 (TTL)	10	General Input 3 (TTL)
3	GND	11	n.c.
4	Switch Output 1 (TTL)	12	Switch Output 2 (TTL)
5	MUX ok (TTL)	13	General Input 4 (TTL)
6	n.c.	14	GND
7	Vreg input (0-10V)	15	n.c.
8	+12V DC (power supply)		

! MUX do pracy wymaga zasilania (n.8 i n.3) oraz sygnału triggera (n.1) – wykorzystanie pozostałych linii jest opcjonalne.

Linia „MUX ok”:

Po włączeniu zasilania, urządzenie wystawia na tej linii stan wysoki. Oznacza to, że urządzenie poprawnie zainicjowało się i jest gotowe do pracy.

Linia ta przyjmuje stan niski, w przypadku gdy zadziała zabezpieczenie termiczne (patrz rozdział **Zabezpieczenie termiczne**).

4.1.2 Gniazdo „Power socket”

Jest to gniazdo zasilające DC z bolcem 2,1mm.

Należy do niego podłączyć napięcie +12VDC 2A z zewnętrznego zasilacza wtyczkowego.

Dioda LED sygnalizuje obecność napięcia z zasilacza.

! W MUX4 bezpiecznik został umieszczony na płycie drukowanej. Aby go wymienić, należy otworzyć obudowę (w tym celu należy odkręcić dwie śruby na panelu przednim).

4.1.3 Gniazdo „Trigger in”

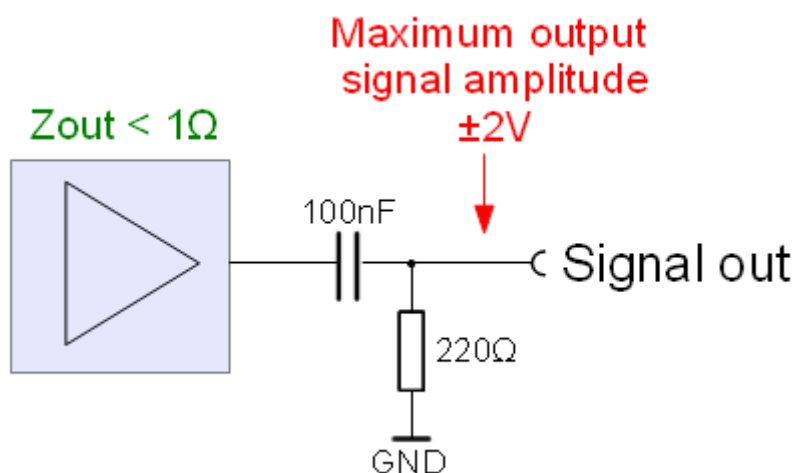
Jest to złącze typu BNC. Należy do niego podłączyć sygnał triggera z karty pomiarowej.

Wejście akceptuje impulsy w standardzie TTL.

4.1.4 Gniazdo „Signal out”

Jest to złącze typu BNC. Na złączu tym dostępny jest sygnał analogowy z wybranego kanału multiplexera.

Rysunek przedstawia uproszczony schemat stopnia wyjściowego:

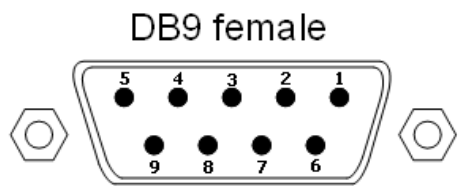


Sygnał jest sprzężony AC. Amplituda sygnału na wyjściu może mieć maksymalną wartość 4Vpp.

W przypadku gdy karta pomiarowa znajduje się w znacznej odległości od MUX-a (co wymusza użycia długich kabli), pracowanie na możliwie dużych amplitudach sygnału zwiększa odporność na zakłócenia zewnętrzne.

4.1.5 Gniazdo „Serial interface”

Jest to gniazdo typu DB9 żeńskie. Dostępny jest na nim interfejs szeregowy (RS232 lub RS485/422). Interfejs ten pozwala na konfigurację MUX-a.



RS-232 mode

PIN	Description	PIN	Description
1	n.c.	6	n.c.
2	TXD	7	n.c.
3	RXD	8	n.c.
4	n.c.	9	VOLTAGE
5	GND		

RS-485 half duplex mode (optional)

PIN	Description	PIN	Description
1	RTX-	6	n.c.
2	RTX+	7	n.c.
3	n.c.	8	n.c.
4	n.c.	9	VOLTAGE
5	GND		

RS-422 / RS-485 full duplex mode (optional)

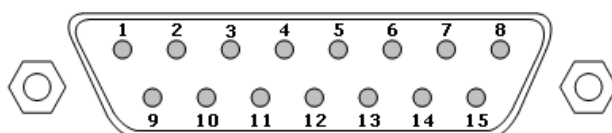
PIN	Description	PIN	Description
1	RX-	6	TX-
2	RX+	7	TX+
3	n.c.	8	n.c.
4	n.c.	9	VOLTAGE
5	GND		

VOLTAGE – optional +12V (normal not connected)

4.1.6 Gniazdo „Peripherals”

Jest to gniazdo typu DB15 męskie. Na tym złączu dostępne są opcjonalne peryferia wejścia – wyjścia.

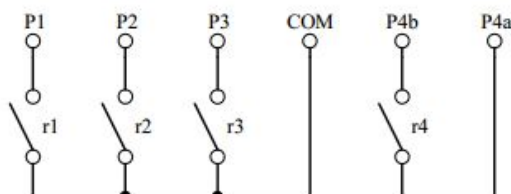
DB15 male



PIN	Description	PIN	Description
1	Relay 1		
2	Relay 2	9	Relay 4a
3	Relay 3	10	Relay 4b
4	COM	11	+12V out (optional)
5	Digital input 1	12	GND
6	Digital input 2	13	GND
7	Analog out +	14	Analog out -
8	Analog in +	15	Analog in -

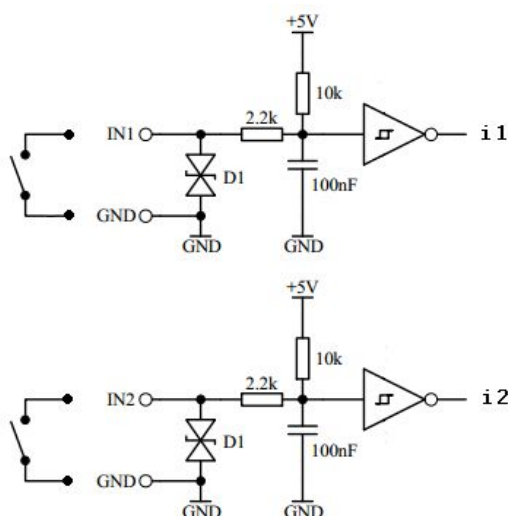
Poniżej znajdują się uproszczone schematy dostępnych peryferii.

Przełączniki:



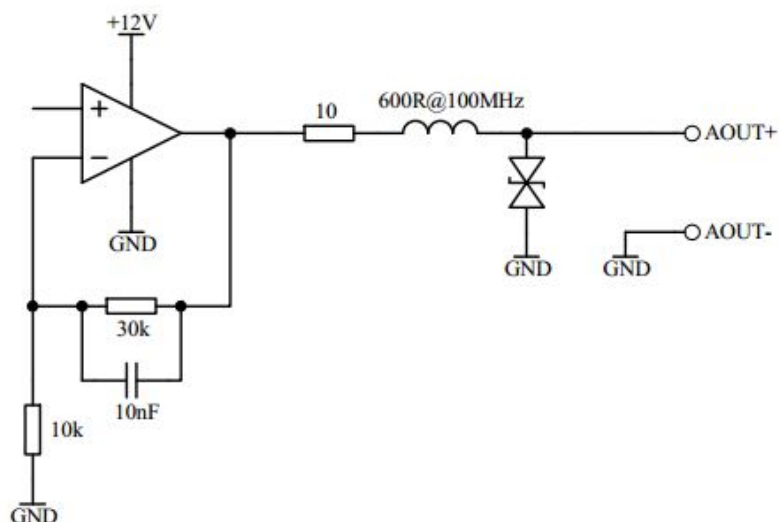
- nominalny prąd styków: 2A/120VAC; 2A/24VDC
- maksymalna moc łączenia: 240VA (dla napięć AC)
- czas zadziałania / powrotu: 5ms / 5ms

Wejścia cyfrowe:



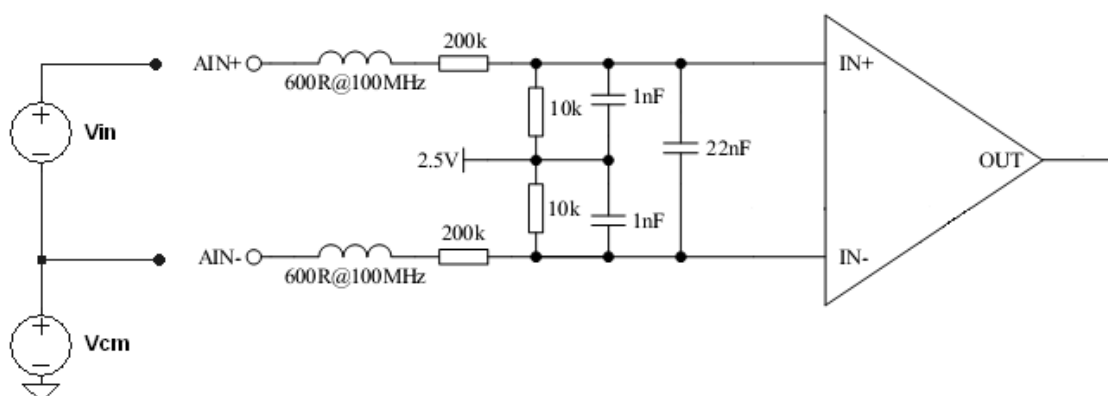
- impuls wejściowy musi trwać co najmniej 50ms

Wyjście analogowe:



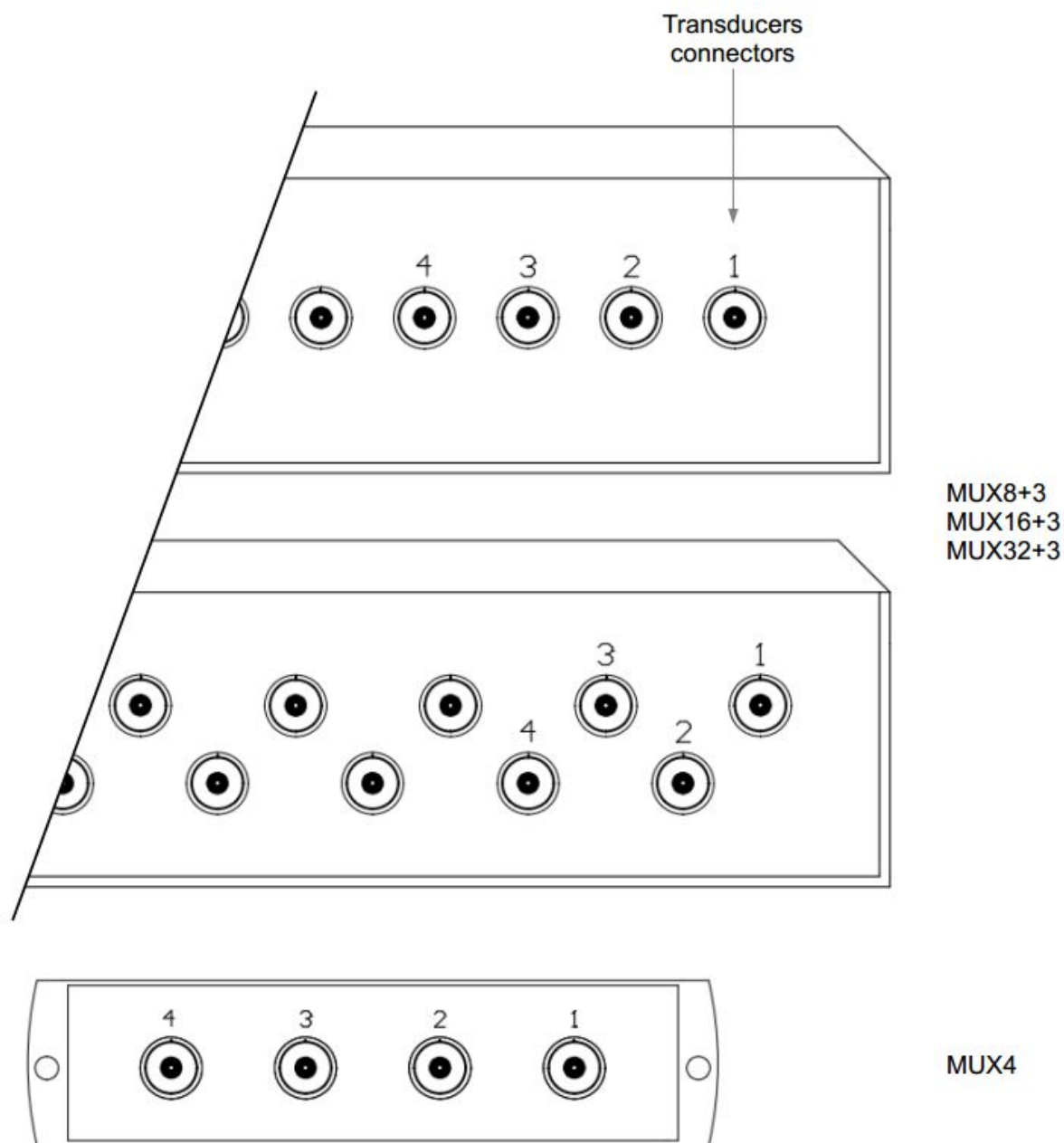
- pasmo: 530Hz
- napięcie wyjściowe: 0...10V
- rozdzielczość: 12bit

Wejście analogowe:



- pasmo: 360Hz
- zakres pomiarowy: $\pm 10,5V$
- V_{cm} max: $\pm 10V$
- rozdzielczość: 12bit

4.2 Rozmieszczenie gniazd z tyłu obudowy



Gniazda BNC służą do podłączenia przetworników ultradźwiękowych (na życzenie klienta, mogą to być gniazda innego typu np. LEMO).

W zależności od liczby kanałów, gniazda są rozmieszczone w jednym rzędzie lub w dwóch rzędach. Niezależnie od rozmieszczenia gniazd, skrajne gniazdo z prawej strony to zawsze kanał o numerze 1.

5 Rozkazy sterujące

- Każdy rozkaz musi być zakończony znakiem końca linii: **/n** (LF – „Line feed” . W kodzie ASCII jest to znak o wartości 10).
- Parametry mogą być rozdzielone spacją, przecinkiem lub średnikiem.
- Znak „?” w rozkazach pytających musi być oddzielony spacją od rozkazu.
- Parametry transmisji **RS232**: **115200, 8bit, parity: even, 1bit stop**
- MUX potwierdza odebranie rozkazu wysyłając informację zwrotną w postaci:
<mnemonik rozkazu> OK /n
- Jeśli w rozkazie był jakiś błąd to MUX wysyła informację zwrotną w postaci:
<mnemonik rozkazu> ERR <kod błędu> /n
- Jeśli MUX nie rozpoznał rozkazu to wysyła informację w postaci:
ERR <kod błędu> /n

5.1 Rozpoczęcie pracy

Komenda	Mnemonik	OPIS
Ready	RDY	Otrzymanie komendy „RDY” potwierdzone jest informacją zwrotną „R” Każda inna komenda będzie zwracała komunikat błędu w postaci „E”

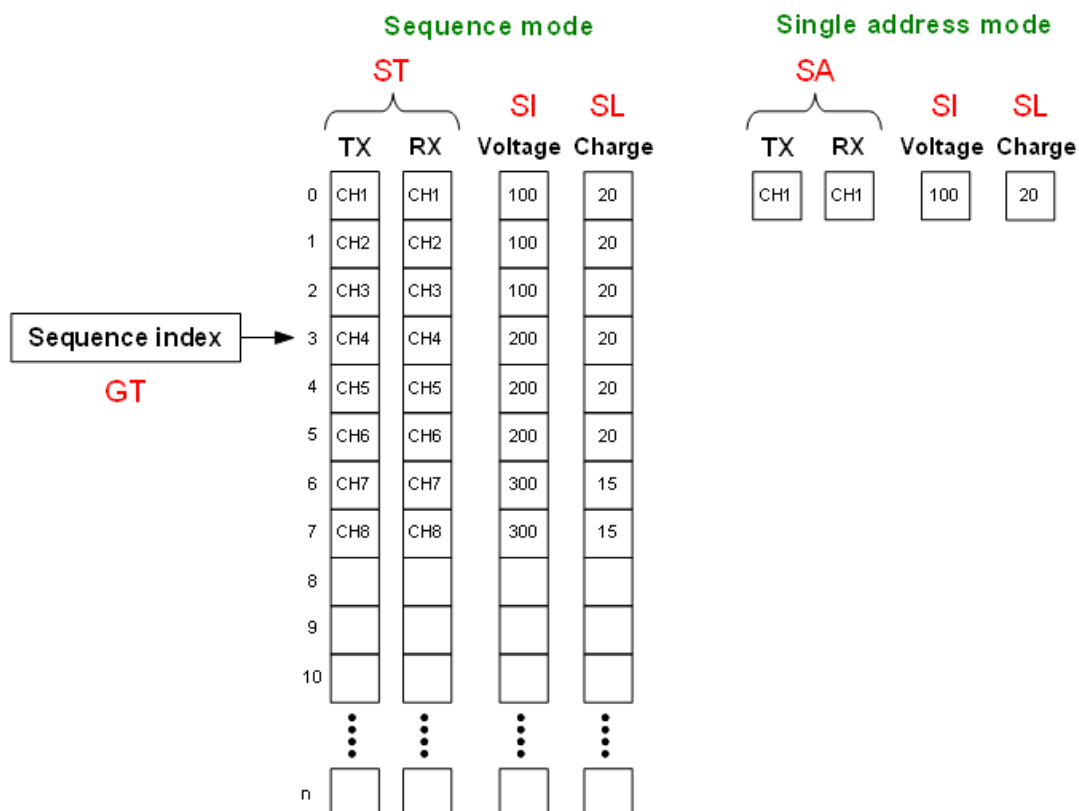
5.2 Sekwencja pomiarowa

MUX ma dwa tryby pracy:

- praca z sekwencją (ST)
- praca z pojedynczym adresem (SA)

! Te dwa tryby pracy są od siebie niezależne. Dla każdego z nich należy osobno ustawić adresy nadawania / odbierania, napięcie ładowania (SI) oraz czas ładowania (SL).

Pomiędzy trybami można się w każdej chwili przełączać wydając polecenie ST lub SA.



Sterowanie triggerem

Control Trigger	CT x	x – stan triggera: 0 – trigger wyłączony (wyłączenie triggera nie wpływa na indeks tablicy) 1 – trigger włączony (włączenie triggera zeruje indeks tablicy)
-----------------	------	---

! Przed każdą zmianą parametrów pracy (nowa sekwencja, parametry nadawania) zaleca się zablokowanie triggera (polecenie CT 0).

Odczytanie indeksu tablicy sekwencji

Get Table Index	GT	Zwraca aktualną pozycję w tablicy sekwencji (pozycja jest liczona od zera)
-----------------	----	--

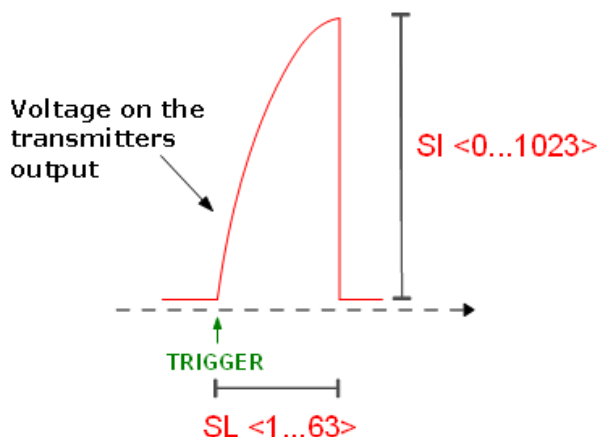
Ustawienie pojedynczego adresu:

Set Single Address	SA T R	T – kanał nadawczy R – kanał odbiorczy (adresy mogą być rozdzielone przecinkami lub spacjami) (komenda wyłącza trigger) (komenda przełącza na tryb pracy z pojedynczym adresem)
	SA T	T – kanał nadawczy W tym przypadku kanał odbiorczy jest taki sam jak kanał nadawczy. (komenda wyłącza trigger)
	SA	Przełącza MUXa w tryb pracy na jednym kanale (komenda nie ma wpływu na trigger i indeks tablicy sekwencji, ale blokuje trigger na 2us)
	SA ?	Informacja zwrotna będzie przesłana w następującej postaci: SA T R

Ustawienie tablicy sekwencji:

Set Table	ST T ₀ R ₀ T ₁ R ₁ ... T _n R _n	T _n – kanał nadawczy R _n – kanał odbiorczy, (adresy mogą być rozdzielone przecinkami lub spacjami, lista argumentów musi być parzysta) (komenda wyłącza trigger) (komenda przełącza na tryb pracy z sekwencją pomiarową)
	ST	Przełącza MUXa w tryb sekwencji (komenda nie ma wpływu na trigger i indeks tablicy sekwencji, ale blokuje trigger na 2us)
	ST ?	Informacja zwrotna będzie przesłana w następującej postaci: ST T T ₀ ,T ₁ ,T ₂ ,T ₃ ,T ₄ ,T ₅ ,T ₆ ,T ₇ ,T ₈ ,T ₉ ,T ₁₀ ,T ₁₁ R R ₀ ,R ₁ ,R ₂ ,R ₃ ,R ₄ ,R ₅ ,R ₆ ,R ₇ ,R ₈ ,R ₉ ,R ₁₀ ,R ₁₁

5.3 Parametry impulsu



Ustawienie napięcia ładowania:

Set Impulse Voltage	SI V	V – wartość napięcia ładowania. Jest to wartość z zakresu od 0 do 1023 (co reguluje to napięcie ładowania w zakresie 0...100%)
	SI V_0 I_1 V_1 I_2 $V_2...$	Napięcie ładowania zależy od pozycji w tablicy sekwencji. V_0 – początkowe napięcie ładowania (ustawiane zaraz po wydaniu tej komendy) I_1 V_1 – gdy sekwencja znajdzie się na pozycji I_1 to zostanie ustawione napięcie ładowania V_1 I_2 V_2 – gdy sekwencja znajdzie się na pozycji I_2 to zostanie ustawione napięcie ładowania V_2 (komenda blokuje trigger na 30us)
	SI ?	

Ustawienie czasu ładowania:

Set Impulse Length	SL x	x – czas trwania impulsu ładowania. Jest to wartość z przedziału 1 do 63 wyrażona w jednostkach [0.1us]. Przykładowo polecenie „SL 20” ustawi czas trwania impulsu ładowania na 2us
	SL C_0 I_1 C_1 I_2 $C_2...$	Czas ładowania zależy od pozycji w tablicy sekwencji. C_0 – początkowy czas ładowania (ustawiane zaraz po wydaniu tej komendy) I_1 C_1 – gdy sekwencja znajdzie się na pozycji I_1 to zostanie ustawiony czas ładowania C_1 I_2 C_2 – gdy sekwencja znajdzie się na pozycji I_2 to zostanie ustawiony czas ładowania C_2 (komenda blokuje trigger na 30us)
	SL ?	

Wybór źródła sterowania napięciem ładowania

Config Impulse Voltage	CI x	x – określa źródło sterowania wartością napięcia ładowania: R – napięcie ładowania jest ustawiane przez RS232 (rozkaz SI) A – napięcie ładowania jest sterowane przez wejście analogowe (gniazdo Control) (zakres napięć wejścia analogowego wynosi 0...10V, co odpowiada napięciu ładowania: 0...100%) (po włączeniu zasilania domyślnie aktywne jest sterowanie poprzez RS232)
	CI ?	

5.4 Peryferia We-Wy

Przełączniki

Set Relays	SR x	Polecenie steruje przełącznikami x : 0 – wyłącza wszystkie przełączniki 1 – włącza wszystkie przełączniki T – zmienia stan przełączników na przeciwny C – włącza sterowanie z karty pomiarowej
	SR r₁ r₂ r₃ r₄	Polecenie indywidualnie określa stan każdego przełącznika r₁ r₂ r₃ r₄ : 0 – wyłącz przełącznik 1 – włącz przełącznik T – zmień stan przełącznika na przeciwny X – nie zmieniaj stanu przełącznika

Wejścia cyfrowe

Enable Input	EI ei₁ ei₂	Polecenie ustawia rodzaju zbocza (opadające / narastające), na które będzie reagowało wejście (IN1 / IN2). ei₁ ei₂ : 0 – wejście nie jest sprawdzane 1 – wejście reaguje na zbocze narastające 2 – wejście reaguje na zbocze opadające Funkcja zwraca równocześnie aktualny stan wejść w postaci: EI i₁ i₂ 0 – wejście jest w stanie niskim 1 – wejście jest w stanie wysokim
		Jeśli MUX wykryje zmianę na którymś z wejść to wysyła informacje w postaci: IN1 – nastąpiła zmiana stanu na wejściu IN1 IN2 – nastąpiła zmiana stanu na wejściu IN2

Wyjście analogowe 0-10V

Set Voltage	SV x	Ustawia napięcie na wyjściu analogowym. x – słowo DACa (12 bitów czyli wartość z zakresu 0..4095)
	SV ?	Zwraca wartość napięcia na wyjściu analogowym (w postaci słowa DACa)
	SV x mV	Ustawia napięcie na wyjściu analogowym. x – napięcie wyrażone w [mV] w zakresie od 0 do 9999mV
	SV ? mV	Zwraca wartość napięcia na wyjściu analogowym (wyrażone w mV)

Wejście analogowe 0-10V

Get Voltage	GV	Zwraca wartość napięcia na wejściu analogowym. Napięcie wyrażone jest w [mV]
-------------	----	---

5.5 Diagnostyka

Version information	# ?	Informacja o wersji firmware-u
Software Trigger	TRG	Trigger MUXa z poziomu aplikacji
Reset	RST	Reset urządzenia

Get Temperature Measurement	GTM	Zwraca wartość temperatury radiatora w bloku Vreg. (temperatura wyrażona jest w stopniach Celsjusza z rozdzielczością 5 st.)
Get Voltage Measurement	GVM	Zwraca wartość napięcia Vreg oraz napięcia na wejściu analogowym Vreg_in. Format zwracanej informacji: GVM <i>Vreg</i> <i>Vreg_in</i> (napięcie wyrażone jest w [mV])

5.6 Komunikaty błędów

MUX potwierdza odebranie rozkazu wysyłając informację zwrotną w postaci:

<mnemonik rozkazu> OK /n

Jeśli w rozkazie był jakiś błąd to MUX wysyła informację zwrotną w postaci:

<mnemonik rozkazu> ERR <kod błędu> /n

Niektóre błędy nie związane są z konkretnym rozkazem (np. "Uart frame error"). W takim przypadku MUX wysyła informację w postaci:

ERR <kod błędu> /n

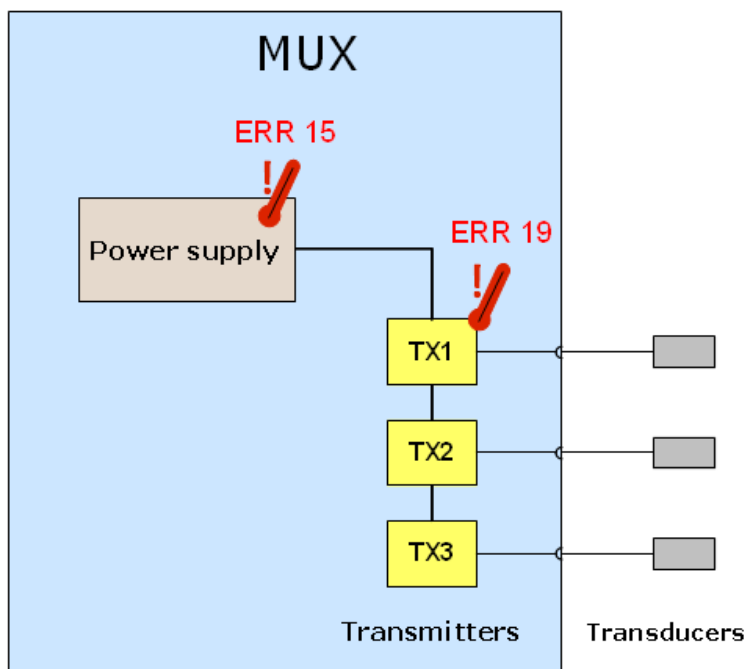
Error code	Error message
2	"RS232 frame error"
3	"Watchdog Reset"
4	"Wrong command"
5	"Too few parameters"
6	"Too many parameters"
7	"Too many items in the command"
8	"Odd number of parameters"
9	"Wrong parameter"
10	"Wrong address"
11	"Address out of range"
12	"Wrong voltage"
13	"Analog input source is selected"
14	"Wrong impulse length"
15	"Power transmitters temperature is too high"
17	"Even number of parameters"
18	"Lost trigger"
19	"Transmitters is overheating"
20	"UART receive buffer overflow"
21	"Device is busy"

5.7 Zabezpieczenie termiczne

MUX posiada podwójne zabezpieczenie termiczne:

1. Monitorowana jest temperatura modułu zasilającego nadajniki (temperaturę można odczytać rozkazem GTM)
2. Każdy nadajnik posiada zabezpieczenie termiczne. Użytkownik nie ma jednak dostępu do informacji

o tym, który z nadajników ma zbyt wysoką temperaturę.



Gdy zadziała zabezpieczenie termiczne to urządzenie:

- wysyła komunikat o zadziałaniu zabezpieczenia („ERR 15” lub „ERR 19”)
- wyłącza trigger
- wyłącza zasilacz
- zmienia stan linii „MUX ok” na 0 (patrz rozdział **Gniazdo „Control”**).

Aby odblokować urządzenie, należy wysłać rozkaz: „CT 1”, które:

- włączy ponownie trigger
- zmieni stan linii „MUX ok” na 1.

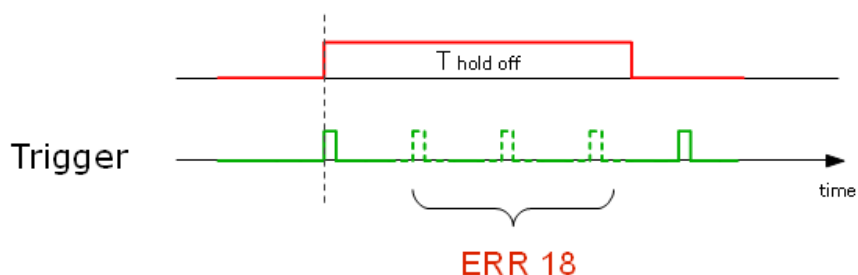
Jeśli jednak po wydaniu rozkazu „CT 1”, temperatura urządzenia nie spadła do bezpiecznej wartości, to zabezpieczenie termiczne zadziała ponownie.

Jeśli w czasie pracy MUXa włącza się zabezpieczenie termiczne to spróbuj:

- ! • zmniejszyć długość i/lub napięcie impulsu nadawania (patrz rozdział **Parametry impulsu**).
- zmniejszyć PRF (częstotliwość impulsów triggera)

5.8 Przekroczenie maksymalnej częstotliwości sygnału na wejściu triggera

Gdy MUX wykryje impuls na wejściu triggera to rozpoczyna generację impulsu wysokiego napięcia na wyjściu wybranego nadajnika (patrz rozdział **Nadajnik**). Przez ten czas ($T_{hold\ off}$), urządzenie nie przyjmie następnych impulsów.

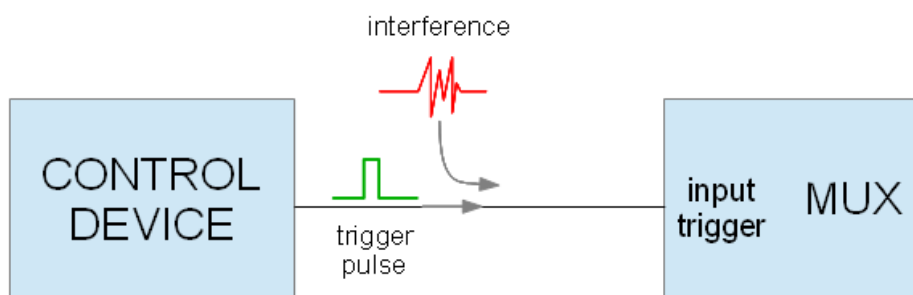


Jeśli w tym czasie na wejściu triggera zostaną wykryte kolejne impulsy, to urządzenie zgłosi błąd „ERR 18”. Błąd ten informuje użytkownika, że został pominięty impuls triggera (komunikat nie precyzuje ile impulsów zostało pominiętych, ale co najmniej jeden).

! Maksymalna częstotliwość impulsów na wejściu triggera wynosi 75KHz. Pojedynczy kanał multipleksera nie może jednak pracować z tak dużą częstotliwością (w zależności od obciążenia, nadajnik może pracować z PRFem do 5kHz).

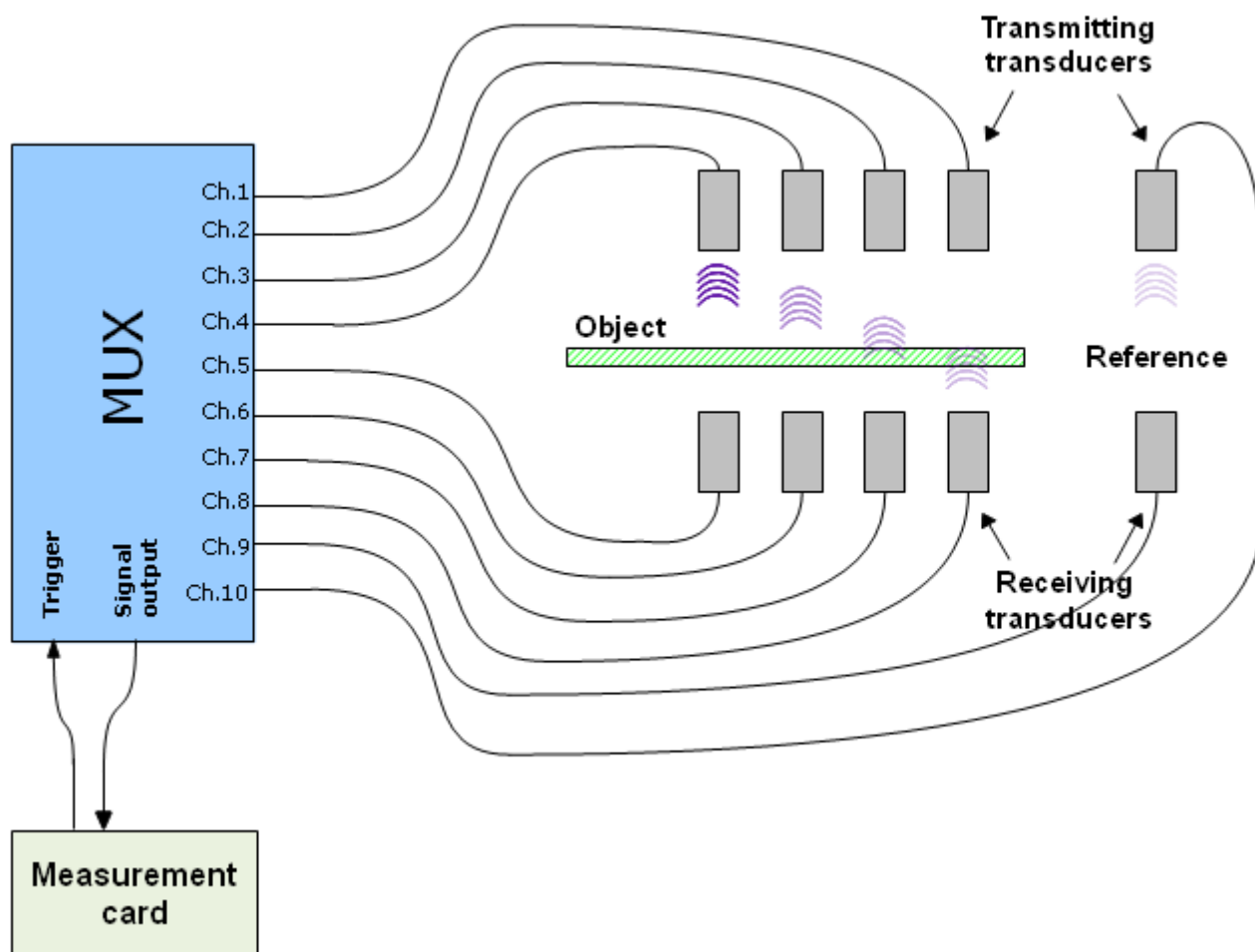
Jeśli w czasie pracy, MUX zgłasza błąd „ERR 18” może to być spowodowane przez dwie rzeczy:

1. Twoje urządzenie sterujące pracuje ze zbyt dużym PRFem. Spróbuj zmniejszyć częstotliwość impulsów triggera.
2. Zakłócenia z zewnątrz przedostające się do kabla łączącego urządzenie sterujące z MUXem, powodują fałszywe impulsy triggera. W takim przypadku sprawdź kabel oraz jego ułożenie.



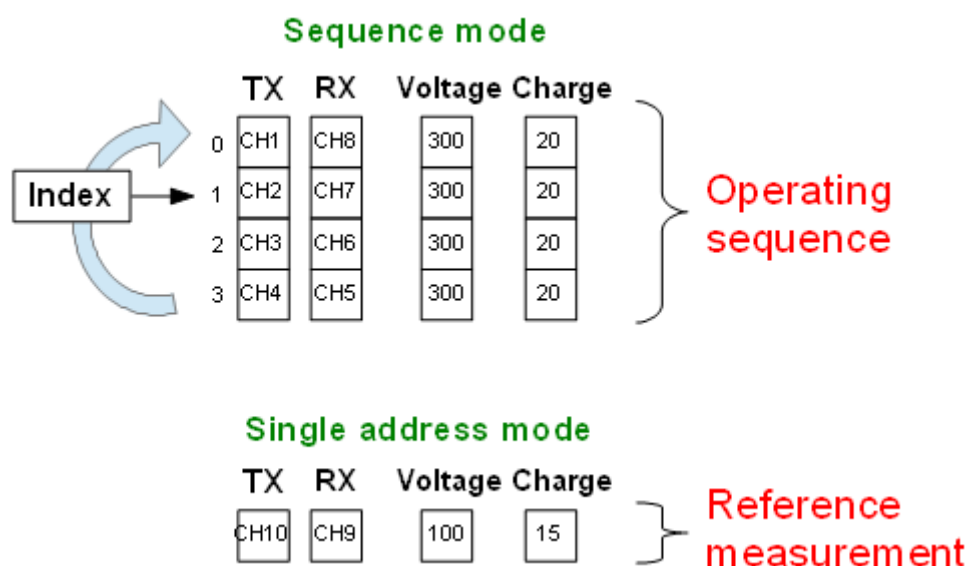
5.9 Przykładowa aplikacja

Rozważmy przykładową aplikację. Badamy obiekt w 4 punktach, mierząc tłumienie fali ultradźwiękowej na przejściu. Dodatkowa para przetworników jest punktem odniesienia (pomiar temperatury). W tym celu podłączamy 10 przetworników tak jak na rysunku:



Półowa przetworników tylko nadaje, a druga połowa tylko nasłuchuje. Sekwencja pomiarowa składa się z 4 kroków. Przetworniki referencyjne wykorzystywane są tylko do kalibracji i nie ma potrzeby by były używane w czasie normalnej pracy.

Zgodnie z tym opisem, chcemy zaprogramować MUXa by pracował w ten sposób:



W tym celu wydajemy następujące rozkazy poprzez interfejs szeregowy:

RDY po włączeniu zasilania, MUX wymaga wydania tej komendy by przejść do normalnej pracy

Najpierw programujemy pomiar referencyjny:

- SA 10 9** Dla trybu pracy z pojedynczym adresem wybrano kanał 10 do nadawania i 9 do odbierania
- SI 100** Napięcie ładowania dla trybu pracy z pojedynczym adresem został ustawiony na 100
- SL 15** Czas ładowania wynosi 1.5us

Następnie programujemy roboczą sekwencję pomiarową:

- ST 1 8, 2 7, 3 6, 4 5** Prosta sekwencja pomiarowa – nadajemy i odbieramy na kolejnych kanałach
- SI 300** Napięcie ładowania dla całej sekwencji wynosi 300
- SL 20** Czas ładowania dla sekwencji wynosi 2us

MUX został właściwie skonfigurowany. Możemy do pomiarów.

- CT 1** trigger został włączony

Od tego momentu, impuls triggera wyzwoli nadajnik nr 1, a następnie nr 2, 3, i 4, po czym sekwencja pomiarowa się powtórzy.

Jeśli potrzebujemy coś zmierzyć na kanale referencyjnym to wydajemy polecenie:

SA

Od tego momentu, impuls triggera wyzwoli nadajnik nr 10.

Po pomiarze referencyjnym wracamy do sekwencji za pomocą:

ST

(te dwa polecenia nie blokują triggera)