

POLITECHNIKA POZNAŃSKA
INSTYTUT INFORMATYKI

Jacek Zbierski

**Wielokanałowy system pomiarowy z magistralą
systemu Dallas**

Praca magisterska napisana pod kierunkiem:

dr inż. Krzysztofa Lange

Koreferent:

dr hab. inż. Waldemar Nawrocki, prof. PP

POZNAŃ 2000

SPIS TREŚCI

Wstęp	4
1. Filozofia systemu Dallas.....	5
1.1. Rodzaje magistrali Dallas.....	5
1.1.1. Magistrala 1-Wire	5
1.1.1.1. Projektowanie magistrali 1-Wire.....	9
1.1.2. Magistrala 2-Wire	11
1.2. Podstawy komunikacji szeregowej w standardzie RS-232	15
1.3. Interfejs portu szeregowego RS232 / 1-Wire	17
1.4. Czterokanałowy przetwornik analogowo-cyfrowy DS2450	19
1.4.1. Charakterystyka ogólna	20
1.4.2. Rejestry układu DS2450.....	24
1.4.3. Rozkazy odczytu, zapisu oraz przetwarzania.....	28
1.4.4. Rozkazy adresujące i wyszukujące układy	32
2. Założenia pracy	35
2.1. Opis wykonanego sprzętu i oprogramowania	37
2.2. Uniwersalny Program Komunikacyjny dla magistrali Dallas 1-Wire	41
2.2.1. Charakterystyka i przeznaczenie programu	41
2.2.2. Moduł identyfikacji układów 1-Wire	43
2.2.2.1. Obliczanie sumy kontrolnej CRC 8	45
2.2.2.2. Identyfikacja układów przy użyciu rozkazu Read ROM	48
2.2.2.3. Identyfikacja układów przy użyciu rozkazu Search ROM.....	50
2.2.2.4. Struktura skryptów komunikacyjnych	57
2.3. Wielokanałowy System Pomiarowy z magistralą Dallas 1-Wire	59
2.3.1. Charakterystyka i przeznaczenie programu	59
2.3.2. Działanie programu	61
2.3.2.1. Moduł identyfikacji układów 1-Wire	61
2.3.2.2. Zmiana parametrów wybranego kanału	62
2.3.2.3. Odczytywanie wyników przetwarzania	65
2.3.2.4. Połączenie programu z arkuszem kalkulacyjnym	69

2.3.3. Badanie własności wielokanałowego systemu pomiarowego opartego na układach DS2450.....	72
4. Wnioski.....	81
5. Literatura	82
6. Dodatek A – Zawartość załączonej płyty CD-ROM	83

Wstęp

W ostatnich latach można zaobserwować gwałtowny rozwój elektroniki w zakresie układów scalonych oraz systemów transmisji danych. Jedną z firm, które podążyły za tym trendem, jest firma Dallas Semiconductor, która samodzielnie stworzyła dwa oryginalne systemy transmisji danych: system transmisji jedнопrzewodowej 1-Wire oraz dwuprzewodowej 2-Wire. Wśród wielu podobnych rozwiązań, systemy te wyróżniają się przede wszystkim łatwością programowania oraz, co najważniejsze, dużym asortymentem układów scalonych zgodnych z tymi standardami. W większości są to układy projektowane i produkowane przez firmę Dallas Semiconductor.

Niniejsza praca składa się z dwóch głównych rozdziałów. W pierwszym rozdziale zamieszczone zostały podstawowe informacje teoretyczne, niezbędne do zrozumienia filozofii i zasad projektowania magistrali 1-Wire oraz krótki opis magistrali 2-Wire. Ponieważ zadanie praktyczne polegało na wykonaniu i oprogramowaniu wielokanałowego systemu pomiarowego na bazie magistrali 1-Wire, dlatego też w części teoretycznej główny nacisk został położony na system transmisji jedнопrzewodowej firmy Dallas.

W drugim rozdziale znajduje się szczegółowy opis wykonanego przeze mnie sprzętu i oprogramowania do obsługi wielokanałowego systemu pomiarowego oraz charakterystyka Uniwersalnego Programu Komunikacyjnego dla magistrali 1-Wire, pozwalającego zapoznać się praktycznie z protokołem 1-Wire. W rozdziale tym znajdują się również praktyczne uwagi i rozwiązania problemów, na które natknąłem się w trakcie wykonywania pracy. Na końcu rozdziału, zamieszczone zostały wyniki badań sprawdzających funkcjonalność i podstawowe parametry stworzonego przeze mnie systemu pomiarowego.

1. Filozofia systemu Dallas

1.1. Rodzaje magistrali Dallas

Firma Dallas Semiconductor wprowadziła na rynek dwa rodzaje magistrali szeregowych: 1-Wire i 2-Wire. Podstawowa różnica między tymi dwoma typami magistral, polega zastosowaniu do komunikacji innej liczby linii sygnałowych. W standardzie 1-Wire jest to jedna linia sygnałowa i jedna linia masy, natomiast w standardzie 2-Wire do komunikacji służą dwie linie sygnałowe: danych i zegarowa oraz jedna linia masy.

1.1.1. Magistrala 1-Wire

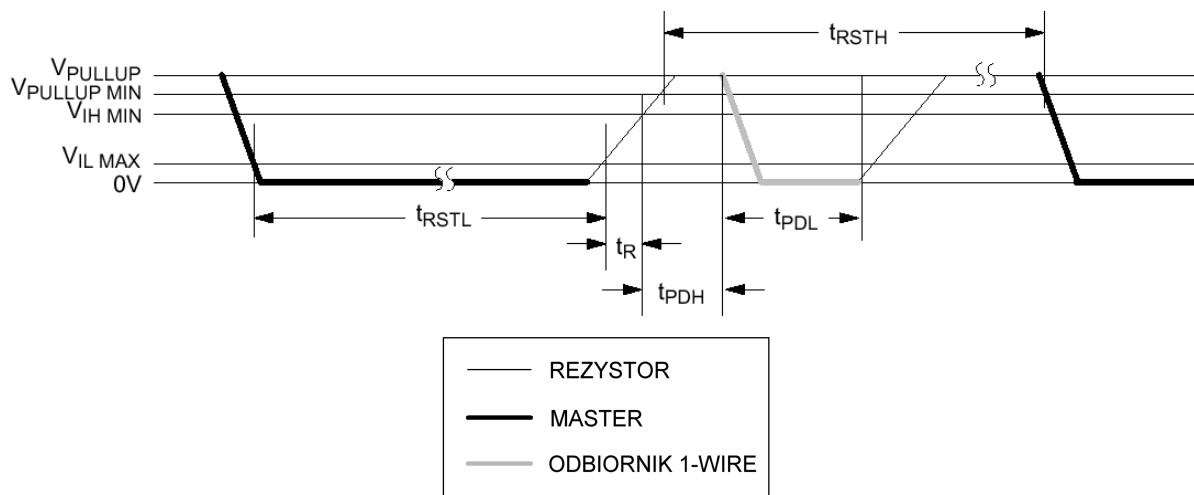
1-Wire jest ekonomiczną siecią bazującą na mikrokontrolerze lub komputerze PC, który komunikuje się z odbiornikami typu 1-Wire za pomocą jednoparowej skrętki telefonicznej. Firma Dallas Semiconductor stworzyła całą rodzinę układów zgodnych ze standardem 1-Wire, które ze względu na swoje parametry, cenę i prostotę działania mogą być stosowane z powodzeniem zarówno w przemyśle jak i w domach. Do rodziny układów 1-Wire należą między innymi interfejsy RS232/1-Wire, termometry, przetworniki A/C, układy czasu rzeczywistego, zawierające programowane timery i kalendarz oraz wiele innych.

Poziomy napięcie na dwuprzewodowej linii są zgodne ze standardem TTL, tzn. napięcie poniżej 0.8V identyfikowane jest jako stan niski, natomiast powyżej 2.2V jako stan wysoki.

Aby zapewnić pewną transmisję danych za pomocą jednej linii sygnałowej, w protokole 1-Wire zdefiniowano cztery podstawowe typy sekwencji, które określone zostały szczegółowymi zależnościami czasowymi. Są to: sekwencja inicjalizująca, zapis jedyнки, zapis zera oraz odczyt danych. Większość układów 1-Wire może pracować w dwóch prędkościach: standardowej (regular speed) oraz przyśpieszonej (override speed). Jeżeli prędkość nie zostanie określona, wówczas magistrala 1-Wire pracuje z prędkością standardową. Charakterystyczną cechą omawianego standardu jest brak systemu przerwań, który został zastąpiony flagami alarmowymi, wystawianymi przez układy w sytuacjach, w których przekroczone zostały wartości alarmowe.

Każda transmisja danych musi zostać zainicjowana przez układ master. Sekwencja inicjalizacji przedstawiona została na rys. 1.1. i składa się z dwóch części:

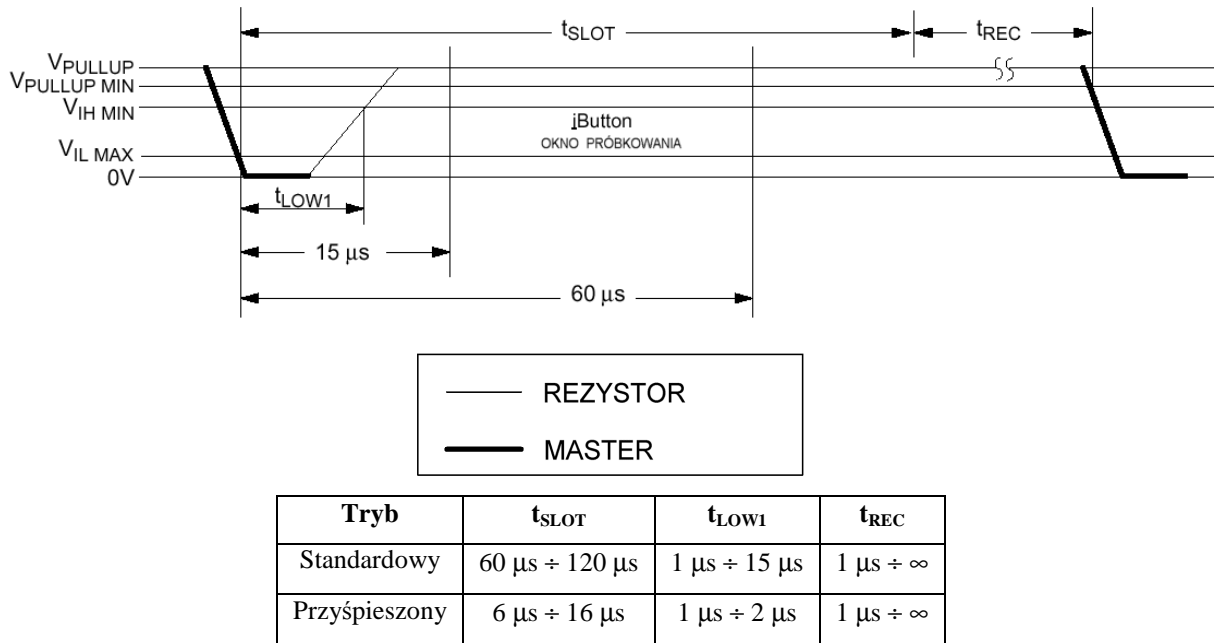
- wysłania impulsu Reset
- zgłoszenia jednego lub większej ilości układów



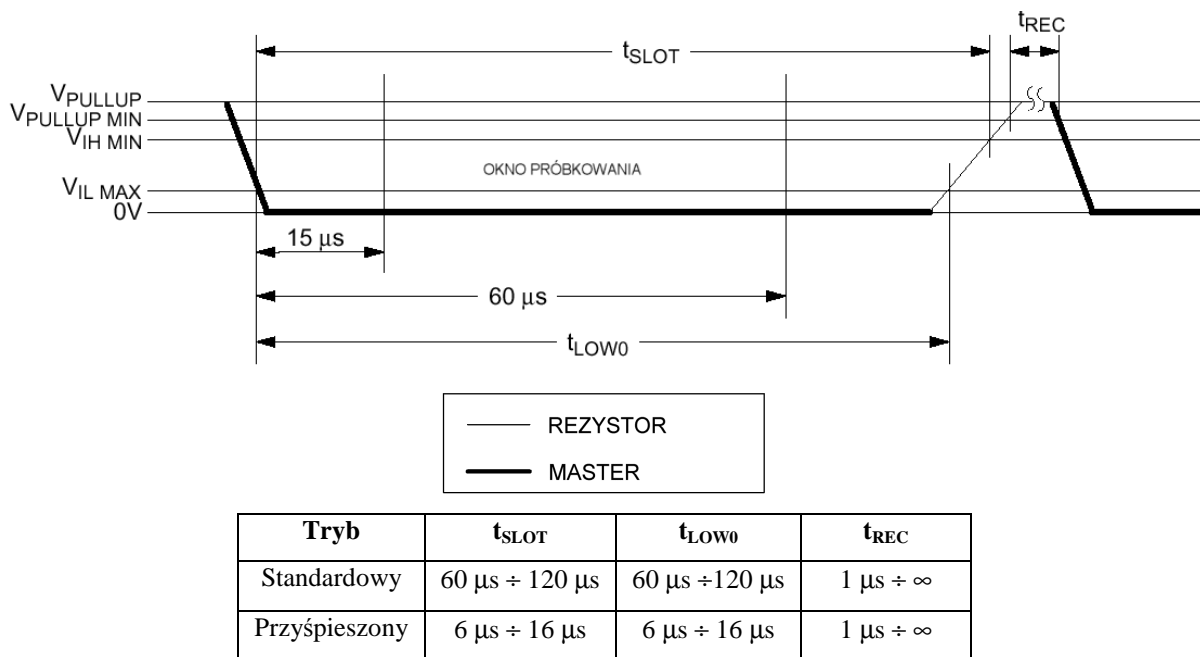
Tryb	t_{RSTL}	t_{RSTH}	t_{PDH}	t_{PDL}
Standardowy	$480 \mu s \div \infty$	$480 \mu s \div \infty$	$15 \mu s \div 60 \mu s$	$60 \mu s \div 240 \mu s$
Przyspieszony	$48 \mu s \div 80 \mu s$	$48 \mu s \div 80 \mu s$	$2 \mu s \div 6 \mu s$	$8 \mu s \div 24 \mu s$

Rys.1.1. Sekwencja inicjalizująca transmisję 1-Wire.

Po zainicjowaniu transmisji przez urządzenie nadrzędne, następuje jedna z trzech sekwencji: zapisu jedyнки, zapisu zera lub odczytu danych. Wszystkie sekwencje są inicjowane przez układ nadrzędny, który wymusza stan niski na linii danych. Opadające zbocze na linii danych synchronizuje układy podrzędne powodując załączenie w nich obwodu opóźniającego (ang. delay circuit) [3]. W czasie zapisu jedyнки i zera obwód opóźniający określa układowi podrzédnym, kiedy mają próbować linię danych. Sekwencje zapisu jedyнки i zera zostały przedstawione na rys. 1.2. i 1.3.

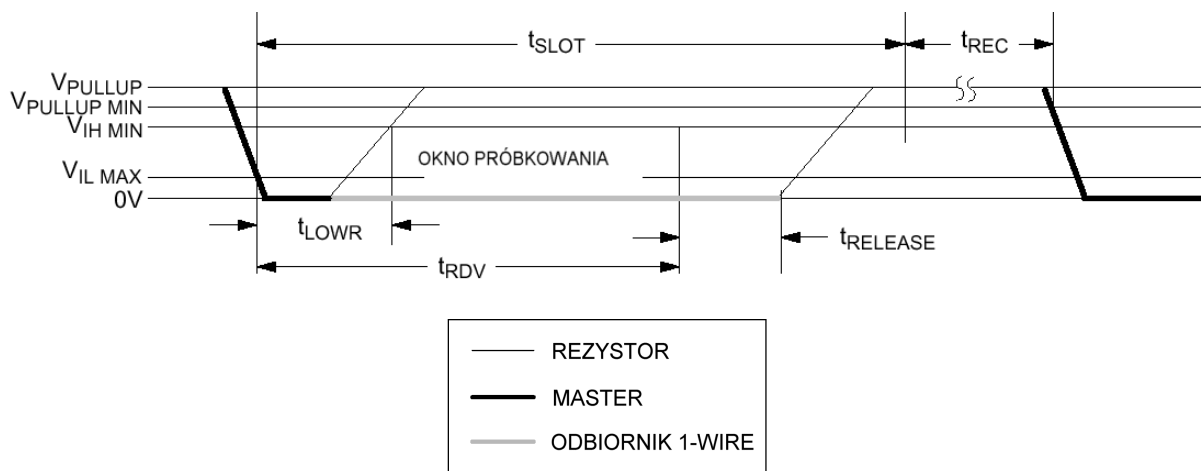


Rys.1.2. Sekwencja zapisu jedynki.



Rys.1.3. Sekwencja zapisu zera.

Na rys. 1.4. przedstawiono sekwencję odczytu danych. W trakcie odczytu zera, obwód opóźniający określa jak długo układ podrzędny ma utrzymywać stan niski na linii danych. Przy odczycie jedynki odbiornik pozostawia na linii danych stan wysoki.



Tryb	t_{SLOT}	t_{LOWR}	$t_{RELEASE}$	t_{REC}	t_{RDV}	t_{SU}
Standardowy	$60 \mu s \div 120 \mu s$	$1 \mu s \div 15 \mu s$	$0 \mu s \div 45 \mu s$	$1 \mu s \div \infty$	$15 \mu s$	$1 \mu s$
Przyspieszony	$6 \mu s \div 16 \mu s$	$1 \mu s \div 2 \mu s$	$0 \mu s \div 4 \mu s$	$1 \mu s \div \infty$	$2 \mu s$	$1 \mu s$

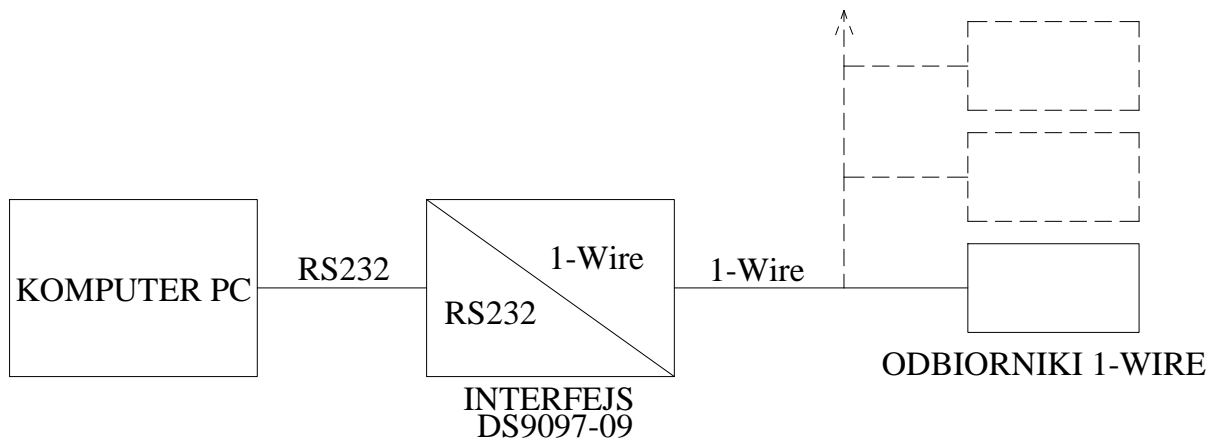
Rys.1.4. Sekwencja odczytu danych

Standard 1-Wire określa dodatkowo dwie sekwencje impulsów: impulsu napięciowego 5V oraz impulsu programującego 12V. Pierwszy z nich stosowany jest dla zapewnienia prawidłowego działania niektórych układów 1-Wire, które mają możliwość wyboru sposobu zasilania pomiędzy zasilaniem zewnętrznym lub z linii danych. Przykładem takiego układu jest przetwornik A/C, DS2450.

Impuls programujący 12V jest stosowany do programowania pamięci EPROM układów 1-Wire. Należy pamiętać, że w trakcie programowania układu, należy bezwzględnie odłączyć pozostałe układy nie posiadające pamięci EPROM z linii danych. W przeciwnym razie mogą one ulec uszkodzeniu. Długość kabla łączącego programowany układ z urządzeniem master nie powinna przekraczać kilku metrów.

1.1.1.1. Projektowanie magistrali 1-Wire

Od strony sprzętowej, magistrala 1-Wire charakteryzuje się niezwykle prostotą wykonania. Dla zapewnienia prawidłowej komunikacji wystarczy interfejs przetwarzający sygnał RS232 na 1-Wire oraz jednoparowa skrętka telefoniczna. Dzięki dobrze przemyślanemu protokołowi komunikacji, linia sygnałowa pełni potrójną rolę: linii danych, linii zegarowej oraz linii zasilającej. Tylko część odbiorników 1-Wire, wymaga dodatkowego zewnętrznego zasilania. Na rys. 1.5. przedstawiono typowe sprzężenie magistrali 1-Wire z komputerem PC.

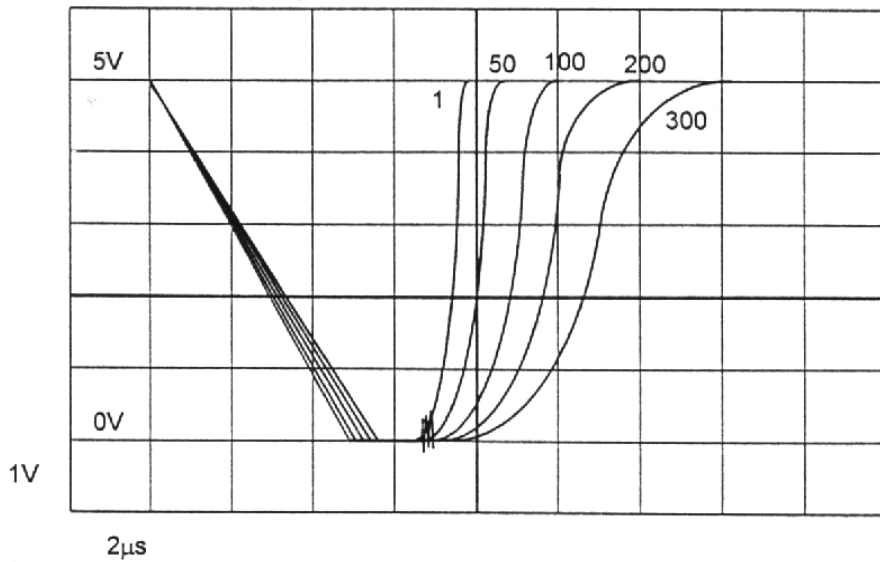


Rys.1.5. Typowe sprzężenie magistrali 1-Wire z komputerem PC.

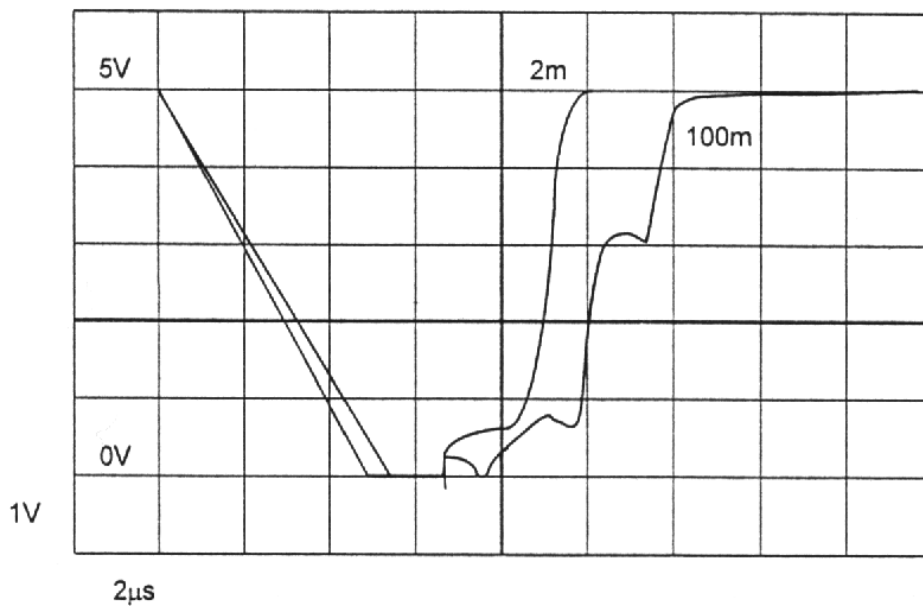
Zaletą magistrali 1-Wire jest jej duża elastyczność, uzyskana dzięki szeregowej transmisji danych. Jeżeli oprogramowanie obsługujące sieć jest dobrze napisane, wówczas użytkownik może z łatwością dołączać układy do magistrali nie zrywając trwającej transmisji danych. Dzięki wbudowanemu w układy generatorowi sumy kontrolnej CRC 16, ewentualne błędy wywołane chwilowymi zakłóceniami na linii danych mogą być w łatwy sposób wykrywane programowo [4].

Maksymalna ilość układów włączonych do magistrali wynosi 2^{56} . Jest to liczba teoretyczna, wynikająca ze sposobu adresowania układów 1-Wire. W praktyce, używając nawet średniej jakości skrętki telefonicznej, której pojemność jednostkowa wynosi 50pF/m, do magistrali 1-Wire można dołączyć około 100 układów, dla linii długości 240 metrów [2]. Ponieważ układy stanowią również obciążenie pojemnościowe dla magistrali, to długość linii może być wydłużona o 1 metr, na każde dwa układy odłączne od linii. Zależność ta jest

oczywiście prawdziwa w drugą stronę. Na rys. 1.6. przedstawiono wpływ ilości układów przyłączonych do magistrali na czas narastania napięcia, natomiast na rys. 1.7. pokazany jest wpływ długości linii na przebieg i czas narastania napięcia.



Rys.1.6. Wpływ ilości włączonych układów do magistrali 1-Wire na czas narastania napięcia.



Rys. 1.7. Wpływ długości linii na przebieg i czas narastania napięcia.

1.1.2. Magistrala 2-Wire

Protokół komunikacji 2-Wire różni się znacząco od protokołu 1-Wire. Podstawową różnicą jest jak sama nazwa wskazuje, inna liczba linii sygnałowych. Magistrala 2-Wire składa się z linii danych SDA, zegarowej SCL oraz masy. Układ, wysyłający dane nazywany jest nadajnikiem, natomiast odbierający - odbiornikiem. Urządzenie kontrolujące przebieg transmisji nazywany jest urządzeniem nadrzędnym (ang. master), natomiast układy sterowane przez urządzenie nadrzędne są układami podrzędnymi (ang. slave). Podstawowym zadaniem urządzenia „master” jest generacja sygnału zegarowego SCL, kontrola dostępu do magistrali oraz ustawianie warunków START i STOP [6].

Dla zapewnienia prawidłowej transmisji danych, w standardzie 2-Wire określono podstawowe warunki:

- Transmisja danych może być rozpoczęta tylko wtedy, gdy magistrala nie jest zajęta.
- W czasie transmisji danych, linia danych SDA musi pozostać w jednym stanie w trakcie trwania stanu wysokiego na linii zegarowej.
- Magistrala nie jest zajęta, gdy obie linie SCL i SDA znajdują się w stanie wysokim.
- Rozpoczęcie transmisji danych następuje przy zmianie stanu linii danych z wysokiego na niski
- Zatrzymanie transmisji danych następuje przy zmianie stanu linii danych z niskiego na wysoki.

Stan na linii danych reprezentuje dane, gdy po warunku START, stan na linii danych pozostaje niezmienny przez cały czas, gdy na linii zegarowej występuje stan wysoki. Stan linii danych może się zmieniać tylko wtedy, gdy linia zegarowa znajduje się w stanie niskim. Na jeden cykl zegarowy przypada jeden bit danych.

Każda transmisja danych jest rozpoczyna się warunkiem START i kończy warunkiem STOP. Liczba bajtów danych przesyłanych między warunkami START i STOP nie jest niczym ograniczona. Ilość przesyłanych danych jest kontrolowana przez urządzenie nadrzędne. Transmisja danych odbywa się w paczkach po osiem bitów. Po każdym przesłanym bajcie (ośmiu bitach) odbiornik potwierdza jego odbiór, wysyłając dziewiąty bit. Dlatego też, urządzenie nadrzędne musi dla każdego przesłanego bajtu wygenerować dodatkowy takt zegarowy [6].

Urządzenie potwierdzające, w trakcie potwierdzającego taktu zegara, musi wymusić stan niski na linii danych SDA, w taki sposób, że linia SDA musi znajdować się w stanie niskim, przez cały czas trwania stanu wysokiego taktu potwierdzającego na linii zegarowej SCL. Koniec przesyłania danych jest sygnalizowany przez urządzenie nadrzędne, taki sposób, że urządzenie to nie wysyła bitu potwierdzającego po ostatnim przesłanym bajcie. Jeżeli powstanie taka sytuacja, urządzenie podporządkowane musi pozostawić linię danych w stanie wysokim, po to, aby umożliwić urządzeniu master wygenerować warunek STOP.

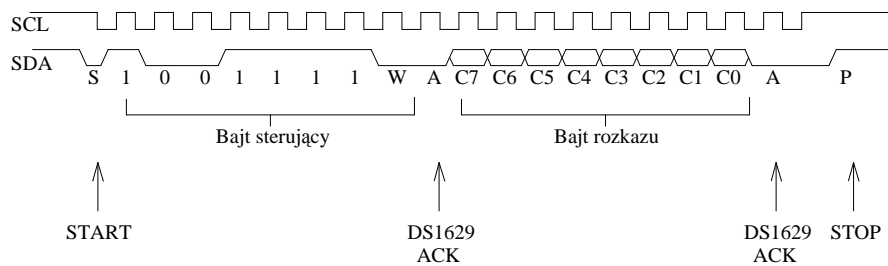
Na rys.1.8. przedstawiono przykładową sekwencję wymiany informacji pomiędzy urządzeniem master a układem DS1629, który służy do pomiaru temperatury. W zależności od stanu bitów R/\overline{W} , możliwe są dwa rodzaje transmisji:

1. **Transmisja z nadajnika master do odbiornika slave.** Pierwszy bajt wysyłany przez urządzenie master jest adresem urządzenia slave. Następnie wysyłane zostają bajty danych. Urządzenie slave wysyła bit potwierdzenia na każdy odebrany bajt.
2. **Transmisja z nadajnika slave do odbiornika master.** Pierwszy bajt, będący adresem urządzenia slave jest wysyłany przez urządzenie master. Urządzenie slave po odebraniu bajtu adresu, wysyła bit potwierdzenia. Następnie następuje transmisja danych z urządzenia slave do master. Master wysyła bit potwierdzenia po każdym odebranym bajcie, za wyjątkiem ostatniego.

Urządzenie nadrzędne generuje przez cały czas impulsy zegarowe oraz warunki START i STOP. Zakończenie transmisji następuje po wystąpieniu warunku STOP lub po powtórzonym warunku START. Po powtórzonym warunku START, rozpoczęta zostaje automatycznie następna transmisja szeregową.

Na poniższych rysunkach pokazano przykładowe sekwencje wymiany danych pomiędzy urządzeniem master a urządzeniem podrzędnym, którym jest w tym przypadku termometr cyfrowy zgodny ze standardem 2-Wire. Na rys. 1.8. pokazana jest sekwencja wysłania rozkazu z rząduenia master do termometru cyfrowego. Na rysunku stosowane są następujące oznaczenia:

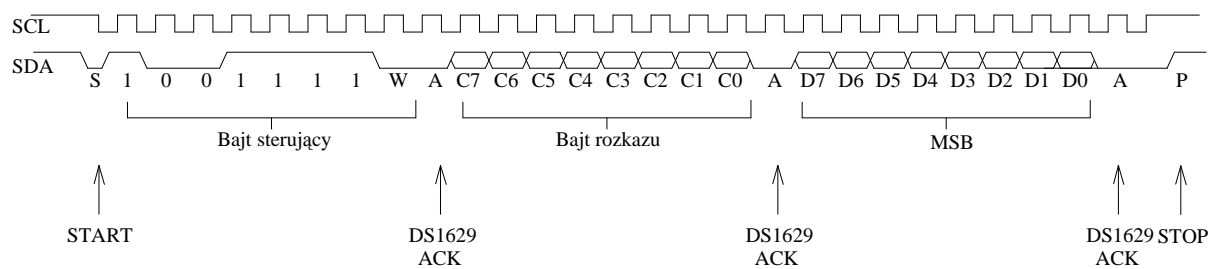
- S warunek START
- R powtórzony warunek START
- P warunek STOP
- W bit oznaczający zapis
- Rd bit oznaczający odczyt
- Cn n-ty bit rozkazu
- Dn n-ty bit danych



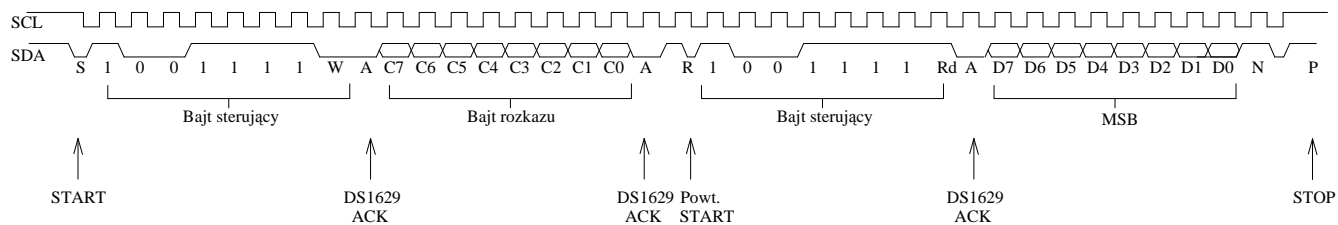
Rys 1.8. Wysłanie rozkazu przez urządzenie nadrzędne.

Po wysłaniu przez urządzenie nadrzędne warunku START, urządzenie to wysyła bajt sterujący. Bajt sterujący składa się z czterech bitów kodu sterującego, trzech bitów wyboru urządzenia oraz jednego bitu R/\overline{W} określającego czy ma zostać wykonana operacja zapisu czy odczytu. Ustawienie zera w bicie R/\overline{W} oznacza zapis, natomiast jedynki – odczyt [6].

Na rysunkach. 1.9. i 1.10 przedstawione zostały sekwencje zapisu i odczytu do i z przykładowego dwubajтового rejestru.



Rys.1.9. Zapis bardziej znaczącego bajtu do dwubajтового rejestru.



Rys.1.10. Odczyt jednego bajtu z dwubajтового rejestru.

1.2. Podstawy komunikacji szeregowej w standardzie RS-232

Standard RS-232 definiuje wymagania stawiane zarówno nadajnikowi, jak i odbiornikowi. Nadajnik musi wytwarzać napięcie od +5V do +15V dla niskiego stanu logicznego oraz napięcie od -5V do -15V dla wysokiego stanu logicznego na obciążeniu o rezystancji od 3k Ω do 7k Ω .

Prędkość zmian napięcia wyjściowego nie może być większa niż 30V/ μ s, a stopień wejściowy nadajnika musi wytrzymywać zwarcia z wyjściami innych nadajników, które mogą zachowywać się jak źródła utrzymujące napięcie o wartości ± 5 V dla 500 mA [7]. Odbiornik musi być widziany przez urządzenie o rezystancji 3k Ω do 7k Ω i musi przetwarzać napięcie wejściowe o wartości +3V do +25V na stan niski, natomiast napięcie wejściowe o wartości -3V do -25V na stan wysoki. Charakterystyczną cechą standardu RS232 jest to, że stan „1” jest reprezentowany napięciem ujemnym, natomiast stan „0” napięciem dodatnim. Charakterystyka przejściowa odbiorników RS-232 zawiera zwykle pętlę histerezy, a niektóre z nich dopuszczają ograniczenia szybkości odpowiedzi za pomocą kondensatora. Oba zabiegi mają na celu zmniejszenie wrażliwości odbiornika na impulsy zakłócające. Według standardu RS-232 można przesyłać dane z prędkością do 38400 bodów na odległości do około 3 metrów, używając do tego celu wielożyłowego nie ekranowanego kabla [5]. Dla krótszych odległości istnieje możliwość transmisji danych z prędkością do 115200 bodów.

Standard RS-232 wprowadzono w celu znormalizowania połączeń między urządzeniami typu DTE (Data Terminal Equipment) a urządzeniami DCE (Data Communication Equipment). W tabeli przedstawione zostały najważniejsze linie sygnałowe. Linie TxD i RxD służą do transmisji i odbioru danych. Linie RTS i CTS sygnalizują odpowiednio gotowość do wysyłania danych oraz gotowość do odbioru danych, DTR, DSR i DCD sygnalizują gotowość terminalu, gotowość zbioru danych oraz gotowość do transmisji. Poza tym w standard definiuje dwie linie masy: masa obudowy oraz masa sygnałowa. W większości urządzeń obie masy łączy się ze sobą. Pięć linii, które nie są przeznaczone do przesyłania danych, wykorzystano do przesyłania sygnałów sterujących typu „handshake”.

Urządzenie typu DTE uaktywnia sygnały RTS i DTR, gdy jest gotowe do przyjęcia danych. Natomiast urządzenie typu DCE uaktywnia linie, w chwili gotowości do przyjęcia danych uaktywnia linie CTS i DSR. Niektóre urządzenia typu DTE, oczekują również na uaktywnienie linii DCD zanim podejmą jakąkolwiek akcję. Do przesyłania informacji liniami

sygnałowymi używa się napięć bipolarnych o wartościach zgodnych ze standardem RS-232, przy czym linie danych TxD i RxD są aktywne dla napięć ujemnych, natomiast linie sterujące RTS, CTS, DSR, DTR, DCD są aktywne dla napięć dodatnich [7]. W tabeli 1.1. przedstawiono podstawowe sygnały standardu RS232.

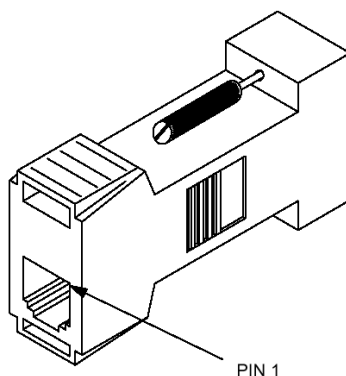
Nazwa	Numer wyprowadzenia		Kierunek (DTE ↔ DCE)	Funkcja widziana przez DTE
	25-pin	9-pin		
TxD	2	3	→	dane wysyłane
RxD	3	2	←	dane odbierane
RTS	4	7	→	DTE gotowy do odbierania danych
CTS	5	8	←	DCE gotowy do przyjęcia danych
DTR	20	4	→	Terminal gotowy do transmisji danych
DSR	6	6	←	Zbiór danych gotowy do transmisji danych
DCD	8	1	←	Gotowość łącza
RI	22	9	←	Sygnal dzwonięcia
FG	1	-		Masa obudowy
SG	7	5		Masa sygnałowa

Tabela.1.1.Podstawowe sygnały zdefiniowane przez standard RS-232.

1.3. Interfejs portu szeregowego RS232 / 1-Wire

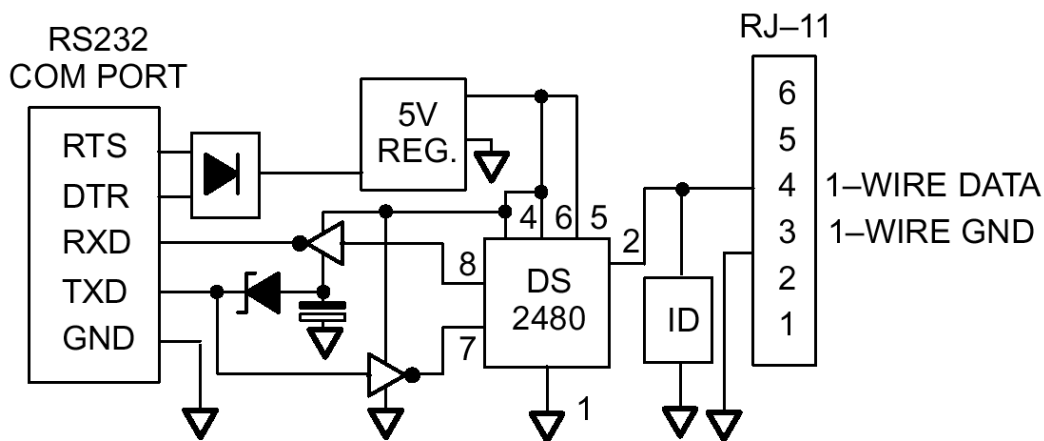
Do komunikacji komputera PC z układami podłączonymi do magistrali 1-Wire, najwygodniej jest stosować interfejs DS9097U-09, służący do przekształcenia sygnałów ze standardu RS232 na 1-Wire.

Interfejs jest wykonany w formie wtyczki podłączanej do gniazda portu szeregowego komputera PC. Na wyjściu interfejsu znajduje się standardowe gniazdo telefoniczne typu RJ-11 pozwalające w łatwy sposób podłączyć jednoparową skrętkę telefoniczną.



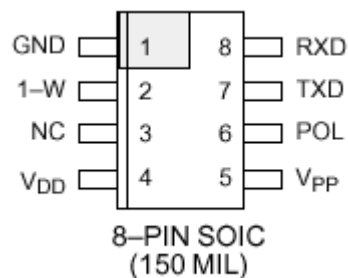
Rys.1.11. Widok interfejsu DS9097U-09

Dzięki zastosowaniu interfejsu DS9097U-09, czynności użytkownika ograniczają się do zaprogramowania portu szeregowego komputera PC, co powoduje, że użytkownik nie musi znać ściśle sprecyzowanych zależności czasowych i napięciowych określonych przez standard 1-Wire.



Rys.1.12. Schemat interfejsu DS9097U-09

Najważniejszym elementem interfejsu DS9097U-09 jest układ DS2480, którego podstawowym zadaniem jest przekształcenie sygnału RS232 na 1-Wire. Dzięki zastosowaniu układu DS2480, zaawansowany użytkownik może konfigurować większość parametrów magistrali 1-Wire oraz szybkość transmisji szeregowej po stronie sygnałów RS232. Ustawiona szybkości transmisji, musi odpowiadać szybkości transmisji portu szeregowego komputera PC lub mikrokontrolera. Dodatkowo układ DS2480 poprawia jakość komunikacji na długiej lub mocno obciążonej linii [3].



Rys.1.13. Wyprowadzenia układu DS2480

Opis wyprowadzeń układu DS2480:

GND Masa

1-W 1-Wire wyjście / wejście

NC Nie wykorzystywane

V_{DD} 4.5 do 5.5V

V_{PP} Opcjonalne napięcie do programowania pamięci EPROM

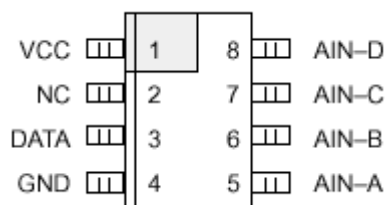
POL Wybór polaryzacji: RXD/TXD

TXD Dane odbierane z portu szeregowego

RXD Dane wysyłane do portu szeregowego

Istotną cechą interfejsu DS9097U-09 jest to, że posiada on wewnętrzny numer seryjny, co pociąga za sobą konieczność stosowania do identyfikacji układów 1-Wire rozkazu Search ROM, zamiast łatwiejszego w użyciu rozkazu Read ROM, ponieważ ten ostatni służy do rozpoznawania pojedynczych układów podłączonych do magistrali 1-Wire.

1.4. Czterokanałowy przetwornik analogowo-cyfrowy DS2450

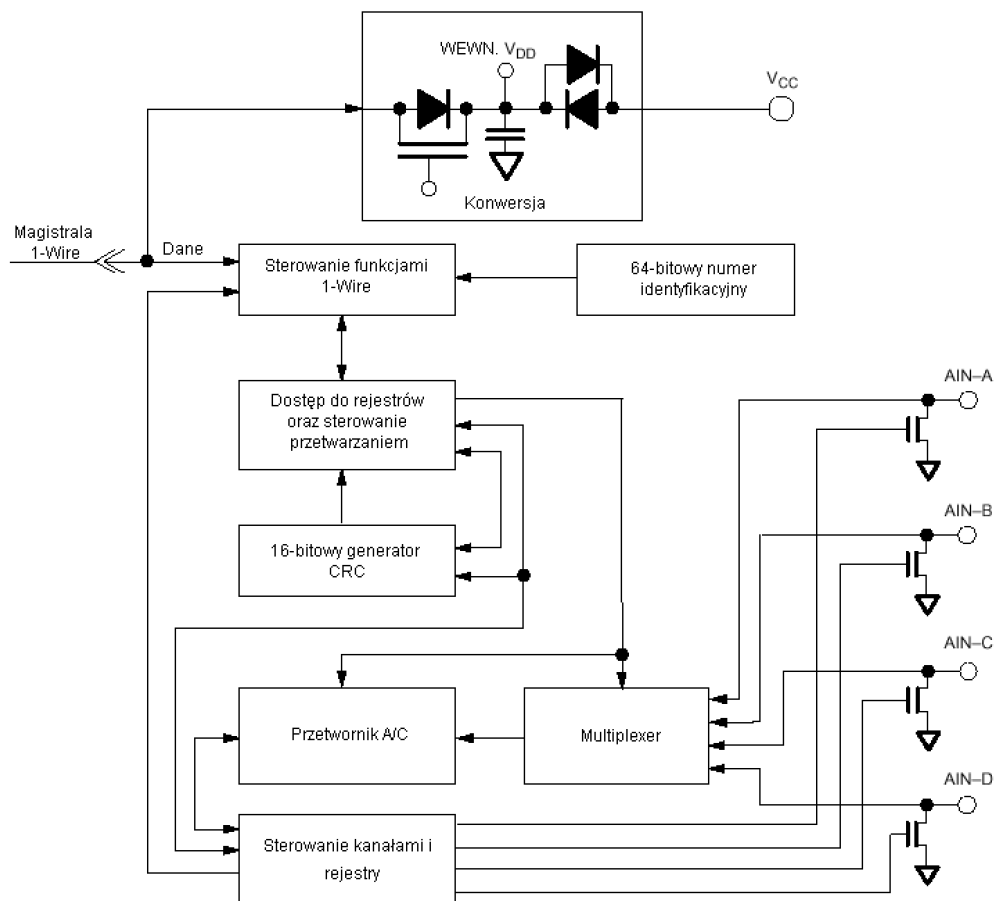


Rys.1.14. Widok zewnętrzny układu DS2450

Oznaczenia wyprowadzeń układu DS2450:

- 1 - VCC – Zasilanie 4.5 do 5.5V
- 2 - NC – wyprowadzenie nieużywane
- 3 - DATA – Magistrala 1-Wire
- 4 - GND - Masa
- 5 - AIN A – Wejście analogowe A lub wyjście cyfrowe alarmu
- 6 - AIN B – Wejście analogowe B lub wyjście cyfrowe alarmu
- 7 - AIN C – Wejście analogowe C lub wyjście cyfrowe alarmu
- 8 - AIN D – Wejście analogowe D lub wyjście cyfrowe alarmu

DS2450 jest cztero-wejściowym układem scalonym posiadającym wbudowany jednokanałowy przetwornik A/C. Zastosowanie wewnętrznego multipleksera pozwala na dokonanie przetwarzania ze wszystkich czterech wejść [1]. Każdy kanał wejściowy posiada własny rejestr, w którym zapamiętywane są charakterystyczne dla danego kanału parametry konwersji takie jak: zakres napięcia wejściowego, rozdzielczość oraz wartości progowe napięć przy których następuje aktywacja alarmu. Każda konwersja A/C jest inicjowana przez urządzenie nadrzędne. Kanał, który nie jest używany jako wejście analogowe może służyć jako wyjście cyfrowe. Po zablokowaniu wejścia, urządzenie nadrzędne może bezpośrednio uaktywnić wyjście cyfrowe. Wszystkie ustawienia przetwornika są zapamiętywane w pamięci SRAM i są pamiętane cały czas, gdy urządzenie jest zasilane z magistrali 1-Wire lub napięciem zasilającym V_{CC} . Po odłączeniu zasilania lub linii danych, urządzenie nadrzędne musi ponownie ustawić wszystkie parametry układu DS2450. Wszystkie rejestry urządzenia, znajdują się na trzech 8 bajtowych stronach pamięci. Układ DS2450 posiada również, jak



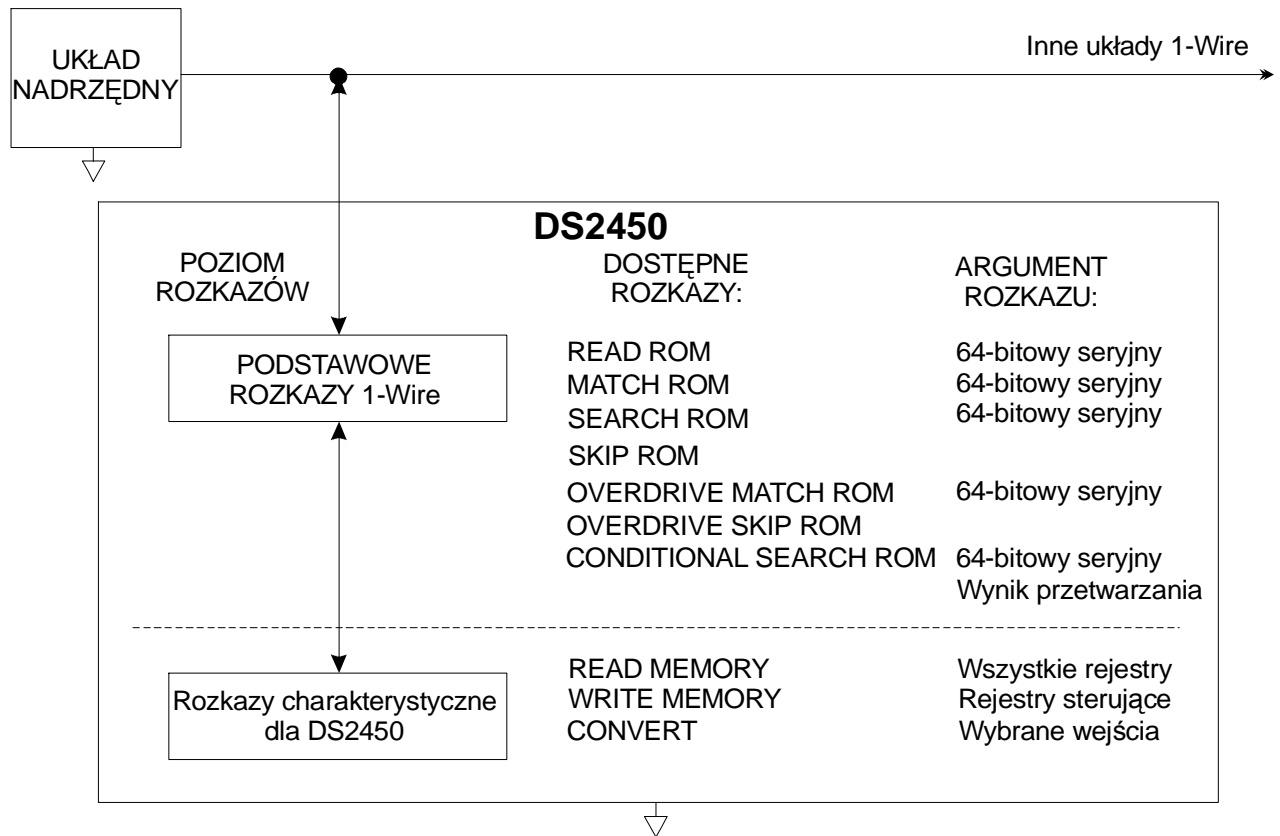
1.15. Schemat blokowy przetwornika A/C DS2450

Układ DS2450 do komunikacji używa standardu 1-Wire. Dla poprawnej komunikacji niezbędna jest skrętka telefoniczna podłączona przez interfejs do portu szeregowego urządzenia nadrzędnego, którym zazwyczaj jest mikrokontroler lub komputer PC. Na rys. 1.16. przedstawiona została hierarchiczna struktura protokołu 1-Wire dla układu DS2450.

Rozkazy układu DS2450 podzielone są na dwie grupy:

- **zapisu, odczytu i przetwarzania** – Write Memory, Read Memory,
- **adresujące i wyszukujące** – Match ROM, Skip ROM, Override Match ROM, Override Skip ROM, Read ROM, Search ROM, Override Search ROM

Przed zastosowaniem rozkazów z pierwszej grupy należy zawsze zaadresować jeden z rozkazów adresujących.



Rys. 1.16. Hierarchiczna struktura protokołu 1-Wire dla układu DS2450

Do wykrywania błędów, występujących w czasie identyfikacji układów, programista może wykorzystać sumę kontrolną CRC 8, wchodzącą w skład numeru identyfikacyjnego [4]. Układy 1-Wire nie posiadają wewnętrznego generatora sumy kontrolnej CRC 8, gdyż jest ona fabrycznie generowana i zapisywana, na podstawie pierwszych 56 bitów numeru identyfikacyjnego. Wielomian generacyjny sumy kontrolnej CRC 8 ma postać przedstawioną we wzorze 1.1. Dokładny opis programowej generacji CRC 8, zamieszczony został w rozdziale 2.2.2.1.

$$\text{Wielomian} = x^8 + x^5 + x^4 + 1 \quad (1.1.)$$

Do wykrywania błędów, występujących w trakcie operacji zapisu i odczytu z pamięci układu DS2450, służy wbudowany generator sumy kontrolnej CRC 16. Danymi wejściowymi na podstawie których generowana jest suma kontrolna CRC 16 są: kod rozkazu, adres oraz zapisywane lub odczytywane dane. Wielomian generacyjny CRC 16 ma równanie określone wzorem 2.2.:

$$\text{Wielomian} = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1 \quad (2.2.)$$

1.4.2. Rejestry układu DS2450

Rejestry przetwornika DS2450 są mapowane w 24 bajtowej pamięci, która podzielona jest na trzy 8 - bajtowe strony: 0, 1 i 2. Na stronie pamięci 0 zapamiętywane są wyniki przetwarzania A/C. Dla wyniku przetwarzania każdego z kanałów zarezerwowany jest 16 – bitowy obszar pamięci. Organizacja strony pamięci 0 przedstawiona została w tabeli 1.2. Po włączeniu przetwornika do zasilania lub do magistrali 1-Wire, wszystkie rejestry na stronie 0 mają wartość 0.

Niezależnie od ustawionej rozdzielczości przetwarzania najbardziej znaczący bit (MSB) wyniku przetwarzania A/C znajduje się zawsze na tej samej pozycji. W przypadku gdy rozdzielczość przetwornika jest mniejsza niż 16-bitowa, wówczas nieużywane bity od strony LSB zostają wyzerowane. W zastosowaniach, które wymagają mniejszej liczby wejść niż cztery, zalecane jest wykorzystywać np. przy potrzebnym jednym wejściu, wejścia D, przy dwóch, wejść D i C itd. Zaletą takiego postępowania jest szybsze odczytywanie wyników przetwarzania A/C, wynikające ze sposobu organizacji pamięci i działania rozkazu READ MEMORY. Strona pamięci 0 przeznaczona jest tylko do odczytu.

Adres	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
00	A	A	A	A	A	A	A	LSB A
01	MSB A	A	A	A	A	A	A	A
02	B	B	B	B	B	B	B	LSB B
03	MSB B	B	B	B	B	B	B	B
04	C	C	C	C	C	C	C	LSB C
05	MSB C	C	C	C	C	C	C	C
06	D	D	D	D	D	D	D	LSB D
07	MSB D	D	D	D	D	D	D	D

Tabela 1.2. Strona pamięci 0. Wyniki konwersji A/C

Na stronie pamięci 1, przedstawionej w tabeli 1.3, zapisywane są ustawienia poszczególnych kanałów. Dla parametrów każdego z kanałów przeznaczone jest 16 bitów. Cztery najmniej znaczące bity RC3 do RC0 zawierają informację o rozdzielczości wyniku przetwarzania A/C. Rozdzielczość przetwarzania jest równa liczbie binarnej zapisanej w

rejestrach RC3 do RC0. Wyjątek stanowi wartość 0000 oznaczająca rozdzielczość 16-bitową. Przykładowo ustawienie 0001 oznacza rozdzielczość 1 bitową, a 0111 rozdzielczość 7-bitową. Następne dwa bity znajdujące się za bitem RC3 nie są używane, a ich wartość równa jest 0. Kolejne bity OC (Output Control) i OE (Output Enable) przeznaczone są do ewentualnej konfiguracji kanałów jako wyjścia. W czasie normalnej pracy kanału, tzn. jako wejście, wartość bitu OE musi być ustawiona na 0, a wartość bitu OC nie ma znaczenia. Ustawienie bitu OE na 1, a OC na 0 spowoduje przewodzenie tranzystora na wyjściu kanału i ustawienie kanału jako wyjście. Ustawienie wartości OE = 1 i OC = 1 spowoduje wyłączenie tranzystora wyjściowego. Ustawienie kanału jako wyjście nie uniemożliwia wykorzystania kanału jako wejścia sygnału analogowego. W takim przypadku przetwarzanie jest możliwe, lecz wynik przetwarzania jest bliski 0, gdy tranzystor wyjściowy przewodzi.

Bit IR służy do wyboru zakresu napięciowego kanału. Zapisanie wartości 0 na pozycji IR spowoduje ustawienie maksymalnego napięcia przetwarzanego na 2.55V, natomiast IR = 1 na 5.12V.

Bity AEL (Alarm Enable Low) i AEH (Alarm Enable High) służą do określenia reakcji układu na wywołanie za pomocą rozkazu Conditional Search ROM na magistrali 1-Wire, gdy wynik przetwarzania A/C wykroczy poza zakres określony górnym i dolnym progiem alarmowym ustawianymi na 2 stronie pamięci. Gdy zostanie przekroczony górny próg alarmowy, zostaje ustawiona flaga AFH (Alarm Flag High), natomiast gdy zostanie przekroczony dolny próg alarmowy, ustawiana jest flaga AEL (Alarm Flag Low). Powyższe flagi są automatycznie ustawiane na 0, gdy wynik kolejnego przetwarzania A/C nie wykracza poza zakres wyznaczony progami napięciowymi.

Bit POR służy do sygnalizowania, czy układ będzie odpowiadał na wywołanie rozkazem Conditional Search ROM. Układ odpowiada na to wywołanie, gdy bit POR = 1. Po zasileniu układu, należy wpisać na pozycję bitu POR wartość 0. Aby zaoszczędzić na czasie, można tą czynność wykonać w trakcie ustawiania parametrów progów alarmowych i zakresu przetwarzania.

Domyślne ustawienia kanałów na stronie pamięci 1 wynoszą: 08h dla pierwszego bajtu ustawień danego kanału oraz 8Ch dla drugiego.

Adres	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
08	OE – A	OC -A	0	0	RC3-A	RC2-A	RC1-A	RC0-A
09	POR	0	AFH-A	AFL-A	AEH-A	AEL-A	0	IR-A
0A	OE – B	OC -B	0	0	RC3-B	RC2-B	RC1-B	RC0-B
0B	POR	0	AFH-B	AFL-B	AEH-B	AEL-B	0	IR-B
0C	OE – C	OC -C	0	0	RC3-C	RC2-C	RC1-C	RC0-C
0D	POR	0	AFH-C	AFL-C	AEH-C	AEL-C	0	IR-C
0E	OE - D	OC -D	0	0	RC3-D	RC2-D	RC1-D	RC0-D
0F	POR	0	AFH-D	AFL-D	AEH-D	AEL-D	0	IR-D

Tabela 1.3. Strona pamięci 1. Dane sterujące i statusowe

Na stronie pamięci 2, przedstawionej w tabeli 1.4, zapamiętywanie są wartości progów alarmowych dla poszczególnych kanałów. Ustawienia domyślne, po zasileniu układu wynoszą 00h dla dolnego progu alarmowego oraz FFh dla górnego progu alarmowego. Ustawienia progów alarmowych są zawsze 8-bitowe. W przypadku wyższych rozdzielczości przetwarzania A/C, flaga alarmowa przekroczenia górnego progu (AFH) zostanie ustawiona, gdy osiem najbardziej znaczących bitów wyniku przetwarzania będzie stanowiło większą liczbę aniżeli ustawiony próg alarmowy. Ustawianie flagi alarmowej przekroczenia dolnego progu napięcia (AFL), odbywa się w analogiczny sposób.

Adres	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
10	MSBL-A	A	A	A	A	A	A	LSBL-A
11	MSBH-A	A	A	A	A	A	A	LSBH-A
12	MSBL-B	B	B	B	B	B	B	LSBL-B
13	MSBH-B	B	B	B	B	B	B	LSBH-B
14	MSBL-C	C	C	C	C	C	C	LSBL-C
15	MSBH-C	C	C	C	C	C	C	LSBH-C
16	MSBL-D	D	D	D	D	D	D	LSBL-D
17	MSBH-D	D	D	D	D	D	D	LSBH-D

Tabela 1.4. Strona pamięci 2. Ustawienia alarmów.

Układ DS2450 posiada również czwartą stronę pamięci, mieszczącą się w przedziale 18h do 1Fh. Służy ona fabrycznej kalibracji przetwornika A/C. Zmiana danych w poszczególnych komórkach na tej stronie spowoduje rozkalibrowanie przetwornika lub wywoła wadliwe działanie układu do momentu ponownego jego załączenia.

1.4.3. Rozkazy odczytu, zapisu oraz przetwarzania

Read Memory (AAh)

Rozkaz Read Memory jest używany do odczytu wyników przetwarzania, parametrów przetwornika oraz ustawień alarmów. Po wysłaniu rozkazu odczytu przez układ nadrzędny, należy wysłać dwa bajty adresu początku odczytywanej sekwencji danych, przy czym pierwszy bajt jest mniej znaczącym bajtem adresu. Następnie dane odczytywane są bajt po bajcie, aż do zakończenia, rozpoczętej 8-bajtowej strony pamięci. W ostatniej fazie rozkazu Read Memory odbierana jest 16-bitowa suma kontrolna, pozwalająca sprawdzić poprawność danych odebranych przez układ nadrzędny. Suma kontrolna generowana jest przez układ DS2450 na podstawie wysłanych: bajtu rozkazu, słowa adresu oraz wysłanych przez układ bajtów danych. Jeżeli obliczona programowo przez układ nadrzędny suma kontrolna nie zgadza się z sumą kontrolną odebraną z układu DS2450, wówczas należy powtórzyć całą sekwencję rozkazu Read Memory.

Write Memory (55h)

Rozkaz Write Memory służy do ustawiania parametrów przetwarzania A/C i ustawień alarmów mieszczących się na stronach pamięci o numerach 1 i 2. Sekwencja wykonywania rozkazu Write Memory jest podobna do rozkazu Read Memory. Jako pierwszy wysyłany jest kod rozkazu, wynoszący 55h, za nim dwu bajtowy adres, gdzie pierwszy bajt jest mniej znaczącym bajtem adresu, a następnie wysyłany jest bajt danych do zapisania w pamięci. Po tej sekwencji układ nadrzędny wymusza odbiór dwóch bajtów sumy kontrolnej CRC16 oraz jednego bajtu potwierdzającego poprawne zapisanie danych w pamięci. Przy bezbłędnym zapisie, odebrany bajt potwierdzający jest równy bajtowi zapisywanemu. Sekwencja zapisu do kolejnych komórek pamięci przebiega analogicznie, aż końca rozpoczętej strony pamięci lub do momentu wysłania rozkazu przejścia z trybu danych do trybu rozkazów sterujących (E3h).

Przy programowym obliczaniu sumy kontrolnej, należy pamiętać, że suma kontrolna CRC16 wysyłana przez układ DS2450 jest generowana na podstawie bajtu rozkazu Write Rom (55h), dwóch bajtów adresu oraz bajtu zapisywanej danej.

Convert (3Ch)

Rozkaz Convert służy do inicjalizacji przetwarzania A/C dla dowolnej liczby kanałów dostępnych w układzie DS2450. Czas przetwarzania wynosi od 60 do 80 μ s na jeden bit rozdzielczości, plus czas potrzebny na zainicjowanie rozkazu Convert, który jest równy 160 μ s. Tak więc przykładowo czas czterokanałowego przetwarzania A/C z rozdzielczością 12-bitową nie będzie krótszy niż 4ms (4x12x80+160). Gdy układ DS2450 jest zasilany z wyprowadzenia V_{CC}, wówczas może się on komunikować z innymi urządzeniami 1-Wire również w czasie przetwarzania A/C. Jeżeli układ jest zasilany z bezpośrednio z magistrali 1-Wire, wtedy układ nadrzędny musi „podciągnąć” napięcie do 5V na przewidywany czas przetwarzania A/C.

Wyboru kanałów przetwarzania, dokonujemy ustawiając odpowiednio bajt maski kanałów przetwarzania przedstawionej w tabeli 1.5, będącym pierwszym argumentem rozkazu Convert. Dany kanał jest wybrany, gdy bit odpowiedzialny za jego uaktywnienie równy jest 1. Jeżeli wybranych jest kilka kanałów, wówczas przetwarzanie wykonywane jest w kolejności A,B,C,D przy czym kanały nie wybrane do przetwarzania zostają pominięte. Układ nadrzędny może odczytywać wyniki przetwarzania z niektórych kanałów przed zakończeniem konwersji A/C dla wszystkich kanałów.

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
bez znaczenia				D	C	B	A

Tabela 1.5. Bajt maski kanałów przetwarzania.

Do rozróżnienia wyniku z poprzedniej konwersji od aktualnego służy bajt sterujący odczytem, pokazany w tabeli 1.6, będący drugim argumentem rozkazu Convert. Bajt ten pozwala na wcześniejsze ustawienie samych jedynek lub samych zer w rejestrach odczytu znajdujących się na stronie pamięci 0.

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
Set D	Clear D	Set C	Clear C	Set B	Clear B	Set A	Clear A

Tabela 1.6. Bajt sterujący odczytem z kanałów.

Set	Clear	Opis
0	0	Nie zapisuj w rejestrach odczytu żadnej wartości. Pozostaw poprzednią.
0	1	Wpisz do rejestrów odczytu same zera
1	0	Wpisz do rejestrów odczytu same jedynki
1	1	Niewłaściwe ustawienie

Tabela 1.7. Możliwości ustawień bajtu sterującego odczytem z kanałów

Jeżeli przewidywany wynik konwersji jest bliski zeru, wtedy należy ustawić w rejestrach odczytu same jedynki, natomiast, jeżeli przewidywany wynik przetwarzania będzie wyższą liczbą, wówczas należy wpisać do rejestrów odczytu za pomocą bajtu sterującego odczytem, same zera. W zastosowaniach, w których układ nadrzędny może poczekać na zakończenie przetwarzania wszystkich kanałów, wartość bajtu sterującego odczytem nie ma znaczenia. Ustawienia bajtu sterującego odczytem nie dają efektu dla kanałów nie wybranych w bajcie maski kanałów przetwarzania.

Odczytywanie wyników przetwarzania

Po wykonaniu rozkazu Convert, wyniki przetwarzania A/C zostają zapisane na stronie pamięci 0. W tabeli zamieszczono praktyczne przeliczniki wyników zapisanych w rejestrach na napięcie, w zależności od napięcia wejściowego i zakresu przetwarzania. W zacienionych polach rozdzielczość przetwornika A/C jest większa niż jego dokładność. Dlatego też, wyniki pomiarów mogą zawierać losowy szum. Dokładny opis sposobu odczytywania wyników pomiarów został zamieszczony w rozdziale 2.3.2.3.

Rozdzielczość	Zakres napięciowy 2.56V	Zakres napięciowy 5.12V
	Równowartość napięcia wejściowego w mV odpowiadająca najmniej znaczącemu bitowi wyniku	
2-bitowa	640	1280
3-bitowa	320	640
4-bitowa	160	320
5-bitowa	80	160
6-bitowa	40	80
7-bitowa	20	40
8-bitowa	10	20
9-bitowa	5	10
10-bitowa	2.5	5
11-bitowa	1.25	2.5
12-bitowa	0.625	1.25
13-bitowa	0.313	0.625
14-bitowa	0.156	0.313
15-bitowa	0.078	0.156
16-bitowa	0.039	0.078

Tabela. 1.8. Tabela przeliczników dla poszczególnych rozdzielczości i zakresów.

1.4.4. Rozkazy adresujące i wyszukujące układy

Rozkazy adresujące i wyszukujące wykonywane są bezpośrednio po zainicjowaniu transmisji przez układ master. Standardowa sekwencja rozkazów w przypadku układu DS2450 ma następujący przebieg:

- Inicjalizacja
- Rozkaz adresujący
- Rozkaz odwołania do pamięci lub przetwarzania A/C
- Dane

Read ROM (33h)

Rozkaz Read ROM służy do odczytania 64-bitowego numeru identyfikacyjnego układu podłączonego do magistrali. Należy pamiętać, że działanie tej komendy jest prawidłowe tylko wówczas, gdy do linii podłączony jest tylko jeden układ posiadający swój wewnętrzny numer identyfikacyjny. W przeciwnym przypadku, wynikiem działania rozkazu będzie odczytanie iloczynów logicznych bitów, wszystkich układów 1-Wire podłączonych do linii.

Match ROM (55h)

Komenda Match ROM służy do adresowania układów podłączonych do magistrali. Urządzenie nadrzędne, po wysłaniu rozkazu Match ROM, musi wysłać 8 bajtów numeru identyfikacyjnego adresowanego układu, zaczynając od jednobajtowego kodu rodziny układu. Po przesłaniu numeru identyfikacyjnego, urządzenie master musi przesłać rozkaz zapisu, odczytu lub przetwarzania dla zaadresowanego układu DS2450.

Skip ROM (CCh)

Rozkaz Skip ROM służy, podobnie jak Read ROM do adresowania układów 1-Wire. Jednakże stosowanie komendy Skip ROM ograniczone jest do zastosowań, w których do linii podłączony jest tylko jeden układ. W takim przypadku urządzenie nadrzędne nie musi wysyłać ośmiu bajtów numeru identyfikacyjnego, gdyż podłączony układ zostanie automatycznie zaadresowany po otrzymaniu rozkazu Skip ROM.

Search ROM (F0h)

Rozkaz Search ROM służy do odczytania metodą eliminacji, poszczególnych bitów unikalnych numerów identyfikacyjnych urządzeń podłączonych do magistrali 1-Wire. Możliwa jest jednoczesna identyfikacja do 64 urządzeń podłączonych do magistrali. Dokładny opis działania rozkazu Search ROM przedstawiony został w rozdziale 2.2.2.3.

Conditional Search ROM (ECh)

Działanie komendy Conditional Search ROM jest podobne jak Search ROM, z tym wyjątkiem, że na wywołanie rozkazem Conditional Search ROM, odpowiadają tylko te układy DS2450, dla których wynik ostatniego przetwarzania A/C przekroczył ustawiony próg alarmowy.

Overdrive Skip ROM (3Ch)

Działanie rozkazu Overdrive Skip ROM jest podobne jak rozkazu Skip ROM. Różnica polega na jedynie na tym, że po wysłaniu komendy Overdrive Skip ROM, w układach DS2450 ustawiana jest flaga trybu przyśpieszonego OD = 1. Powoduje to, że komunikacja z zaadresowanym układem odbywa się w trybie przyśpieszonym, aż do wystąpienia rozkazu RESET.

Overdrive Match ROM (69h)

Różnica między działaniem rozkazów Overdrive Match ROM i Match ROM jest taka sama jak między działaniem rozkazów Overdrive Skip ROM i Skip ROM.

2. Założenia pracy

Głównym celem mojej pracy było wykonanie wielokanałowego systemu pomiarowego opartego na magistrali Dallas. Do realizacji tego zadania wybrałem magistralę jedнопrzewodową 1-Wire, ponieważ umożliwia ona:

- wykonywanie pomiarów za pomocą czterokanałowych przetworników A/C DS2450, pracujących w standardzie 1-Wire,
- łatwe łączenie układów za pomocą jedнопarowej skrętki telefonicznej,
- przesyłanie danych z wystarczającą dla tego zadania prędkością (standardowo 9600bps),
- swobodne włączanie układów typu 1-Wire do magistrali,
- wykonywanie pomiarów bez konieczności używania zewnętrznego źródła napięcia,

Przed napisaniem końcowego programu służącego do wielokanałowego przetwarzania A/C, napisałem Uniwersalny Program Komunikacyjny dla magistrali 1-Wire, który pozwala przetestować działanie napisanych przez użytkownika skryptów komunikacyjnych oraz wygodnie badać odpowiedzi układów na dane wysłane z komputera PC. Większa część kodu Uniwersalnego Programu Komunikacyjnego została wykorzystana do napisania programu do obsługi wielokanałowego systemu pomiarowego.

Wielokanałowy system pomiarowy oparty na magistrali Dallas 1-Wire powinien się cechować:

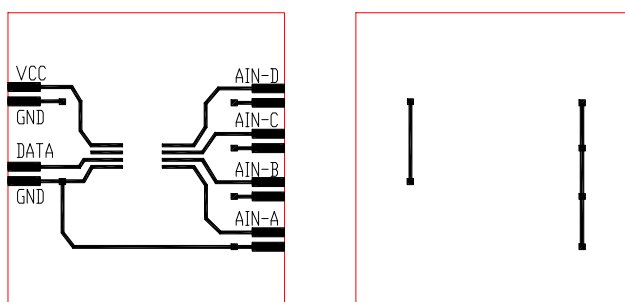
- możliwością modyfikacji podstawowych parametrów kanałów przetworników A/C, takich jak zakres pomiarowy i rozdzielczość,
- obsługą wystarczającej ilości kanałów pomiarowych dla danego systemu pomiarowego,

- możliwością obserwacji i eksportu wyników pomiarów, umożliwiającego graficzne przedstawienie wyników pomiarów,
- możliwością identyfikacji przetworników A/C podłączonych do magistrali 1-Wire,
- możliwością wyboru portu komunikacyjnego,
- intuicyjną obsługą programu,

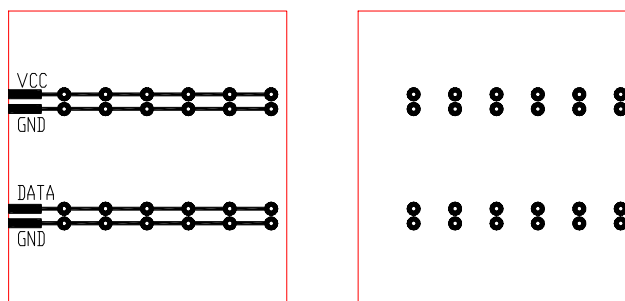
Ze względu na edukacyjny charakter systemu pomiarowego, w programie na bieżąco można śledzić przebieg komunikacji komputera z przetwornikami A/C, zarówno w czasie programowania układów jak i wykonywania pomiarów.

2.1. Opis wykonanego sprzętu i oprogramowania

Do testowania i prezentacji oprogramowania przygotowałem sześć jednakowych płytek drukowanych z miejscami do powierzchniowego wlutowania układów DS2450 oraz jedną płytkę pozwalającą swobodnie dołączać układy 1-Wire do magistrali. W tabeli 2.1. przedstawione zostały wszystkie wykorzystane układy 1-Wire. Aby uprościć przebieg ścieżek obwodów drukowanych, obie płytki wykonałem w technice dwustronnej. W miejscach łączeń obu stron obwodu drukowanego, nawierciłem otwory, przez które przełożyłem, a następnie wlutowałem cienki drut miedziany. Drut należy przyciąć dopiero po jego obustronnym przylutowaniu. Takie postępowanie daje pewność, że obie ścieżki zostały poprawnie połączone. Na rys. 2.1 i rys. 2.2. przedstawione zostały widoki wytrawionych płytek drukowanych, zastosowanych w mojej pracy.



Rys. 2.1. Dwustronna płytko drukowana przygotowana do wlutowania układu DS2450.



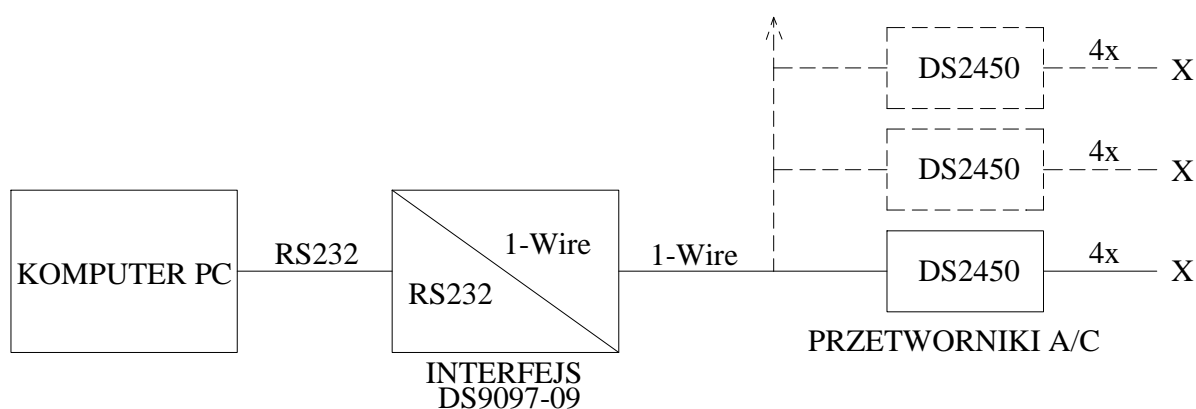
Rys. 2.2. Dwustronna płytko drukowana magistrali 1-Wire oraz magistrali zasilającej.

Oznaczenie	Numer identyfikacyjny
A	4A 00 00 00 00 C6 42 20
B	F8 00 00 00 00 C6 44 20
C	DC 00 00 00 00 90 82 20
D	E2 00 00 00 00 88 0B 20
E	FD 00 00 00 00 C1 A8 20
F	C3 00 00 00 00 C6 2F 20
Interfejs RS232/1-Wire	07 00 00 01 57 9E F3 09

Tabela 2.1. Oznaczenia i numery identyfikacyjne zastosowanych układów 1-Wire.

W celu uwidocznienia rozproszonego charakteru magistrali 1-Wire, układy DS2450 zostały wlutowane na oddzielnych płytkach drukowanych. Zwiększenie liczby kanałów, można uzyskać przez podłączenie do magistrali 1-Wire dodatkowych układów DS2450. Każdy taki układ posiada cztery niezależne kanały pomiarowe.

Do konwersji sygnału RS232 na 1-Wire, zastosowałem interfejs DS9097-09, który znacznie ułatwia programowanie układów 1-Wire, pozwalając projektantowi skoncentrować się na oprogramowaniu portu RS232, którego łatwą obsługę zapewniają wszystkie języki programowania. Na rys. 2.3. przedstawiono schemat blokowy toru pomiarowego.

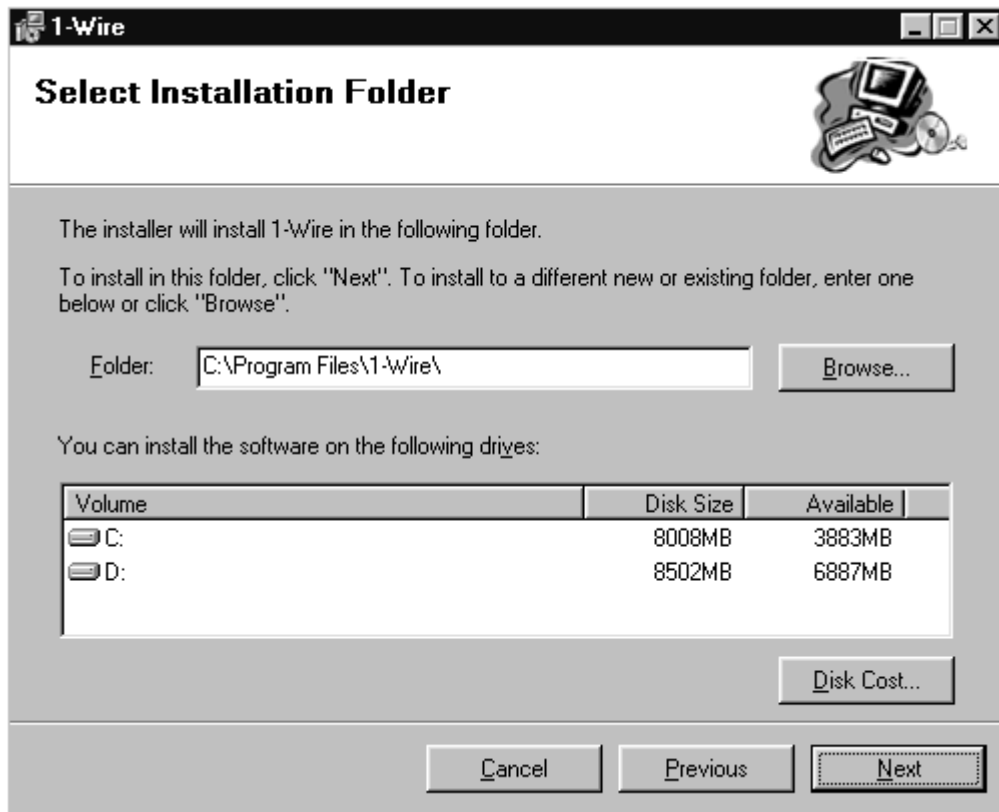


Rys. 2.3. Schemat blokowy toru pomiarowego



Rys. 2.3. Stanowisko pomiarowe wielokanałowego systemu pomiarowego na magistrali 1-Wire.

Oba programy wchodzące w zakres niniejszej pracy, zostały napisane w języku Visual Basic 6.0. dla systemów operacyjnych Windows 95/98/2000. Aby zainstalować programy, należy uruchomić program instalacyjny, którego obsługa jest bardzo łatwa i intuicyjna. Po zainstalowaniu programów, w menu Start systemu Windows pojawi się folder o nazwie 1-Wire, z którego można uruchomić żądany program. Na rys. 2.4. przedstawiony został wygląd ekranu monitora w czasie procesu instalacji programów.



Rys. 2.4. Instalacja programów.

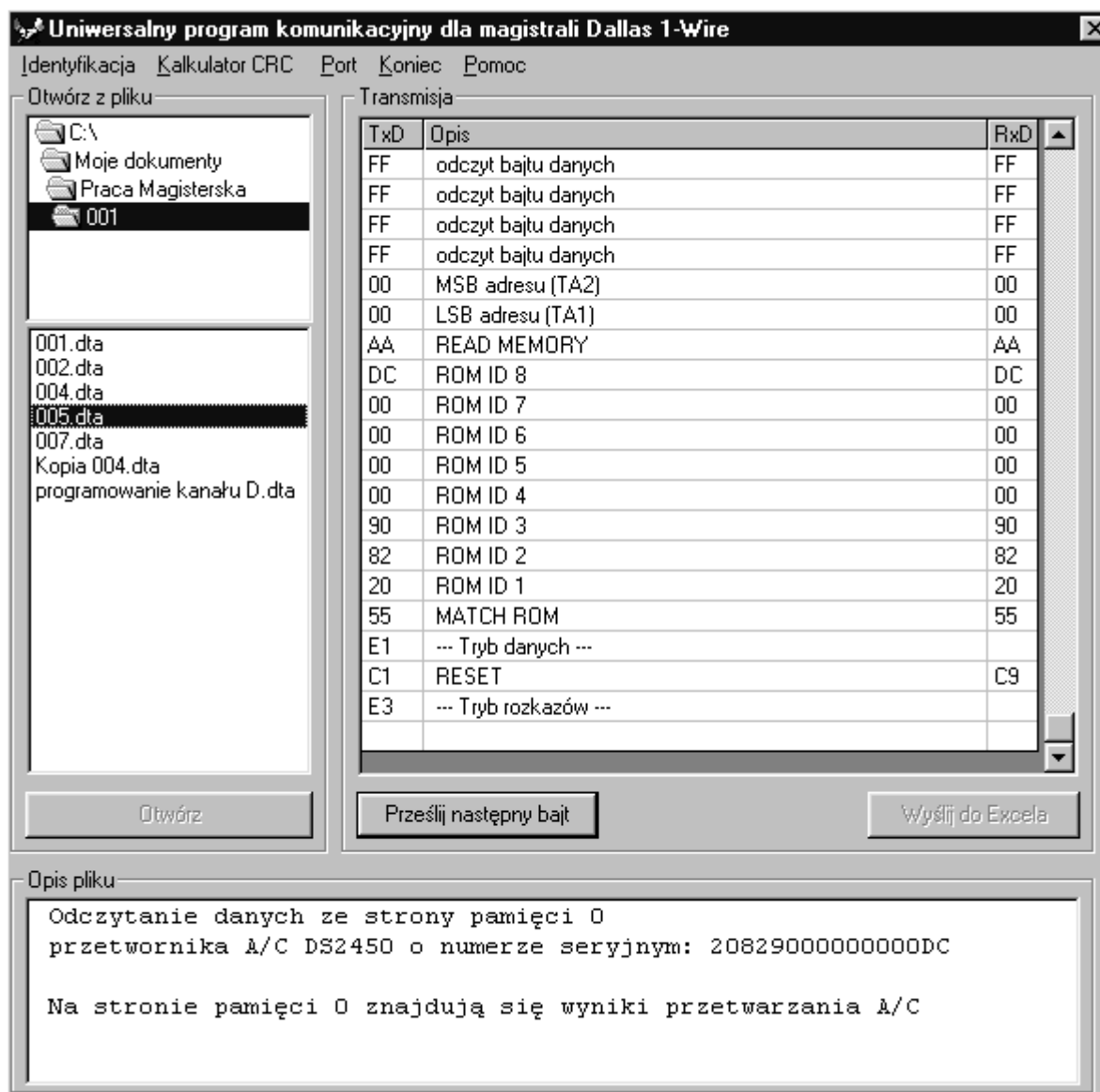
2.2. Uniwersalny Program Komunikacyjny dla magistrali Dallas 1-Wire

2.2.1. Charakterystyka i przeznaczenie programu

Uniwersalny Program Komunikacyjny dla magistrali Dallas 1-Wire ma charakter edukacyjny. Pozwala on na zapoznanie się ze sposobem komunikacji, adresowania i właściwościami układów 1-Wire. Program wraz z przykładowymi skryptami komunikacyjnymi uzupełnia istniejącą lukę w dokumentacji fabrycznej firmy Dallas Semiconductor, która koncentruje się przede wszystkim na stronie sprzętowej układów 1-Wire. Atutem programu jest prosta i intuicyjna obsługa.

W głównym oknie programu, przedstawionym na rys. 2.5., użytkownik ma możliwość wyboru pliku skryptu komunikacyjnego, który będzie analizowany. Po zaznaczeniu pliku na dole okna pojawia się opis działania pliku. Skrypty komunikacyjne można edytować w dowolnym edytorze tekstu, na przykład w Notatniku systemu Windows. Pliki skryptów posiadają rozszerzenie *.dta, a ich format został opisany w dalszej części rozdziału. Po zakończeniu każdej sesji komunikacyjnej, istnieje możliwość przesłania przebiegu sesji do arkusza MS Excel, który pozwala na dodatkowe skomentowanie, zapisanie i wydrukowanie sesji.

W górnej części okna programu znajduje się pasek menu, z którego można bezpośrednio przejść do modułu identyfikacji układów 1-Wire. Poza tym na pasku menu znajduje się menu Port, w którym istnieje możliwość wyboru portu szeregowy COM 1, COM 2 lub COM 3, do którego podłączony jest interfejs RS232 na 1-Wire, DS9097U-09.

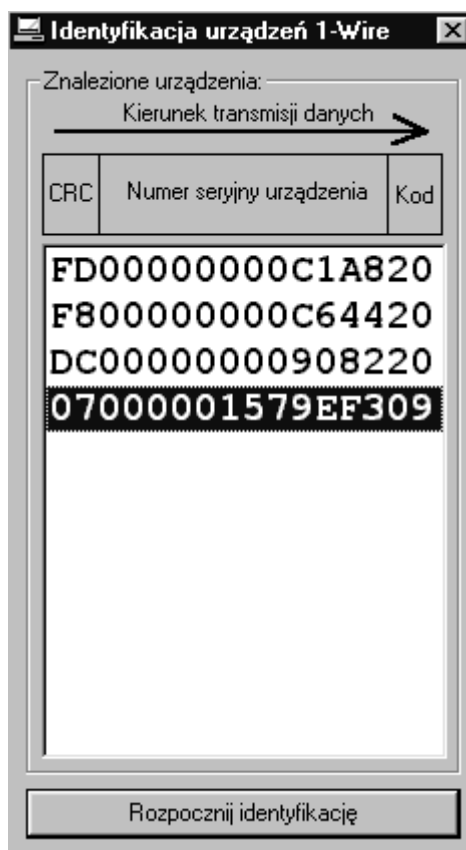


Rys. 2.5. Główne okno programu.

2.2.2. Moduł identyfikacji układów 1-Wire

Moduł identyfikacji układów 1-Wire służy do odczytywania unikalnych numerów identyfikacyjnych układów podłączonych do magistrali. Do odczytania numerów seryjnych, program wykorzystuje standardowy rozkaz układów 1-Wire, Search ROM. Dlatego też, możliwa jest identyfikacja do 64 układów podłączonych jednocześnie do magistrali. Program znajduje jeden układ na sekundę. Jeżeli w trakcie wykrywania układów obliczona przez program suma kontrolna CRC 8 nie będzie się zgadzała z otrzymaną, wówczas proces identyfikacji zostanie automatycznie przerwany.

Na rys. 2.6. przedstawiono widok okno programu po przeprowadzeniu identyfikacji trzech układów DS2450. Kod rodziny układu DS2450 wynosi 20H. Układ zidentyfikowany na ostatniej pozycji jest interfejsem RS232 na 1-Wire, DS9097U-09. Kod rodziny interfejsu wynosi 09H.



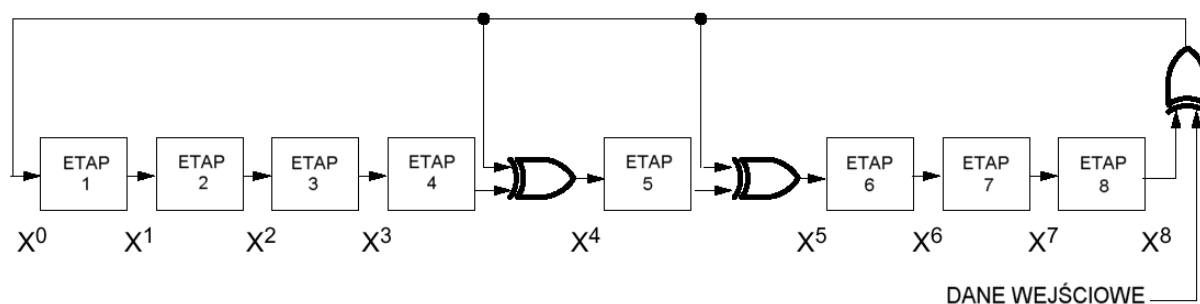
Rys. 2.6. Okno identyfikacji układów 1-Wire.

Ponieważ interfejs posiada własny numer seryjny, dlatego nie można odczytywać numerów układów za pomocą rozkazu Read ROM, który służy do identyfikacji pojedynczych elementów. Rozpoznawanie układów za pomocą rozkazu Read ROM jest znacznie łatwiejsze niż przy użyciu rozkazu Search ROM, gdyż nie komenda Read ROM zwraca bezpośrednio numer podłączonego układu, natomiast bajty zwracane przez rozkaz Search ROM muszą być odpowiednio przetworzone programowo, aby w rezultacie otrzymać numery identyfikacyjne układów 1-Wire.

2.2.2.1. Obliczanie sumy kontrolnej CRC 8

W trakcie wykrywania układów podłączonych do magistrali program sprawdza poprawność otrzymanych numerów identyfikacyjnych układów na podstawie otrzymanej sumy kontrolnej CRC 8, generowanej na podstawie wielomianu generacyjnego przedstawionego we wzorze 2.1. Obliczanie CRC 8 przeprowadzane jest metodą tablicową (ang. Table Lockup Method) [4], polegającą na obliczaniu wartości indeksu specjalnie przygotowanej tablicy CRC 8, który wyliczany jest na podstawie wartości sumy kontrolnej CRC 8 obliczonej w poprzednim cyklu oraz kolejnych bajtów danych.

$$\text{Wielomian} = x^8 + x^5 + x^4 + 1 \quad (2.1.)$$



Rys.2.7. Rysunek poglądowy sposobu obliczania sumy kontrolnej CRC 8

Kod programu dla tej metody ze względu na konieczność zadeklarowania 256 bajtowej tablicy jest dłuższy, niż w przypadku tradycyjnych metod obliczeniowych sum kontrolnych CRC 8, lecz działanie tak napisanego programu jest znacznie szybsze.

Na poniższym listingu 2.1. przedstawiono funkcję sprawdzającą sumę kontrolną CRC 8, w module identyfikacji układów.

```
\***** Listing 2.1. *****
```

```
Private Function SprawdzCRC(Linia As String) As String
```

```
Dim Bajt(8), CRC8 As String
```

```
Dim i, n, TablicaCRC8Index As Integer
```

```
Dim BajtWejscowy As String
```

```
'Zapisywanie tablicy bajtów wejściowych dla obliczeń CRC 8
```

```
For x = 1 To 16 Step 2
```

```
    Bajt((x - 1) / 2) = Left(Right(Linia, Len(Linia) - x + 1), 2)
```

```
Next x
```

```
'Początkowa wartość CRC8
```

```
CRC8 = "00"
```

```
For i = 0 To 6
```

```
    TablicaCRC8Index = Val(HexToDec(CRC8) Xor HexToDec(Bajt(i)))
```

```
    CRC8 = Hex(TablicaCRC8(TablicaCRC8Index))
```

```
Next i
```

```
'Jeżeli wykryty błąd CRC8..
```

```
If CRC8 <> Bajt(7) Then
```

```
    KoniecIdentyfikacji = True
```

```
    List1.Clear
```

```
    BładCRC = True
```

```
End If
```

```
End Function
```

Tablica CRC 8 zawiera następujące 256 bajty danych:

```
TablicaCRC8 = (  
0, 94, 188, 226, 97, 63, 221, 131, 194, 156, 126, 32, 163, 253, 31, 65,  
157, 195, 33, 127, 252, 162, 64, 30, 95, 1, 227, 189, 62, 96, 130, 220,  
35, 125, 159, 193, 66, 28, 254, 160, 225, 191, 93, 3, 128, 222, 60, 98,  
190, 224, 2, 92, 223, 129, 99, 61, 124, 34, 192, 158, 29, 67, 161, 255,  
70, 24, 250, 164, 39, 121, 155, 197, 132, 218, 56, 102, 229, 187, 89, 7,  
219, 133, 103, 57, 186, 228, 6, 88, 25, 71, 165, 251, 120, 38, 196, 154,  
101, 59, 217, 135, 4, 90, 184, 230, 167, 249, 27, 69, 198, 152, 122, 36,  
248, 166, 68, 26, 153, 199, 37, 123, 58, 100, 134, 216, 91, 5, 231, 185,  
140, 210, 48, 110, 237, 179, 81, 15, 78, 16, 242, 172, 47, 113, 147, 205,  
17, 79, 173, 243, 112, 46, 204, 146, 211, 141, 111, 49, 178, 236, 14, 80,  
175, 241, 19, 77, 206, 144, 114, 44, 109, 51, 209, 143, 12, 82, 176, 238,  
50, 108, 142, 208, 83, 13, 239, 177, 240, 174, 76, 18, 145, 207, 45, 115,  
202, 148, 118, 40, 171, 245, 23, 73, 8, 86, 180, 234, 105, 55, 213, 139,  
87, 9, 235, 181, 54, 104, 138, 212, 149, 203, 41, 119, 244, 170, 72, 22,  
233, 183, 85, 11, 136, 214, 52, 106, 43, 117, 151, 201, 74, 20, 246, 168,  
116, 42, 200, 150, 21, 75, 169, 247, 182, 232, 10, 84, 215, 137, 107, 53)
```

2.2.2.2. Identyfikacja układów przy użyciu rozkazu Read ROM

Rozkaz Read ROM charakteryzuje się tym, że służy on wyłącznie do identyfikacji jednego układu podłączonego na linii. W tabeli 2.1. pokazano wynik działania rozkazu Read ROM, w przypadku, gdy do magistrali podłączony jest jeden układ 1-Wire, którym jest interfejs DS9097-09 o numerze:

07 00 00 01 57 9E F3 09

Jak widać, w tym przypadku działanie rozkazu Read ROM jest prawidłowe.

TxD	Opis	RxD
E3	--- Tryb rozkazów ---	
C1	RESET	C9
E1	--- Tryb danych ---	
33	READ ROM	33
FF	ROM ID	09
FF	ROM ID	F3
FF	ROM ID	9E
FF	ROM ID	57
FF	ROM ID	01
FF	ROM ID	00
FF	ROM ID	00
FF	ROM ID	07
E3	--- Tryb Rozkazów ---	
C1	RESET	C9

Tabela 2.1. Wynik działania rozkazu Read ROM, dla przypadku, gdy na linii znajduje się jeden układ.

W tabeli 2.2. przedstawiono wynik działania rozkazu Read ROM, dla przypadku, gdy do magistrali podłączone są dwa elementy 1-Wire, interfejs DS9097-09 z powyższego przykładu oraz przetwornik A/C DS2450 o numerze:

DC 00 00 00 00 90 82 20

W tym przypadku działanie rozkazu Read ROM jest nieprawidłowe, ponieważ nastąpiła kolizja danych. Wynikiem działania jest iloczyn logiczny bitów numerów identyfikacyjnych obu układów.

TxD	Opis	RxD
E3	--- Tryb rozkazów ---	
C1	RESET	C9
E1	--- Tryb danych ---	
33	READ ROM	33
FF	ROM ID	00
FF	ROM ID	82
FF	ROM ID	90
FF	ROM ID	00
FF	ROM ID	00
FF	ROM ID	00
FF	ROM ID	00
FF	ROM ID	04
E3	--- Tryb Rozkazów ---	
C1	RESET	C9

Tabela 2.2. Wynik działania rozkazu Read ROM, dla przypadku, gdy na linii znajdują się dwa układy.

2.2.2.3. Identyfikacja układów przy użyciu rozkazu Search ROM

Ze względu na wymienione ograniczenia rozkazu Read ROM, w module identyfikacji układów 1-Wire wykorzystałem rozkaz Search ROM. Sekwencja rozkazu Search ROM pokazana w tabeli.2.3. powtarzana jest tyle razy ile układów podłączonych jest na linii.

TxD	Opis	RxD
C1	RESET	C9
E1	--- Tryb danych ---	
F0	Rozkaz Search ROM	F0
E3	--- Tryb rozkazów ---	
B1	Odblokowanie rozkazu Search ROM	
E1	--- Tryb danych ---	
XX	16 bajtów modyfikowanych w każdym etapie identyfikacji	XX
E3	--- Tryb rozkazów ---	
A1	Zablokowanie rozkazu Search ROM	
C1	RESET	C9

Tabela 2.3. Powtarzalna sekwencja rozkazu Search ROM

Po odblokowaniu rozkazu Search ROM urządzenie nadrzędne musi wysłać 16 bajtów danych. Poszczególne bity tych bajtów ułożone są w następującym porządku:

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
r ₃	x ₃	r ₂	x ₂	r ₁	x ₁	r ₀	x ₀

1-szy bajt nadany

·
·
·

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
r ₆₃	x ₆₃	r ₆₂	x ₆₂	r ₆₁	x ₆₁	r ₆₀	x ₆₀

16-ty bajt nadany

W powyższej ramce indeksy $n = 0 \div 63$ oznaczają pozycję bitu w numerze identyfikacyjnym urządzenia zgodnego ze standardem 1-Wire. Bity oznaczone literą x mogą

mieć dowolną wartość. Bity oznaczone literą r wskazują ścieżkę poszukiwań w przypadku wystąpienia konfliktu na danej pozycji w trakcie wykonywania rozkazu Search ROM.

W odpowiedzi, urządzenie nadrzędne odbierze następujące bajty danych ułożone w następującym porządku:

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
r' ₃	d ₃	r' ₂	d ₂	r' ₁	d ₁	r' ₀	d ₀

1-szy bajt odebrany

·
·
·

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
r' ₆₃	d ₆₃	r' ₆₂	d ₆₂	r' ₆₁	d ₆₁	r' ₆₀	d ₆₀

16-ty bajt odebrany

W odebranej ramce bity oznaczone literą „d” przyjmują wartość 1, gdy na danej pozycji d_n numerów identyfikacyjnych urządzeń podłączonych do magistrali występuje konflikt lub gdy na pozycji „n” nie ma odpowiedzi. W przeciwnym wypadku bit d_n przyjmuje wartość 0. Bity „r” oznaczają aktualnie wybraną ścieżkę poszukiwań.

W praktyce, aby zidentyfikować układy podłączone do magistrali 1-Wire należy w pierwszym etapie, po wybraniu rozkazu Search ROM wysłać 16 bajtów danych, takich, że r_n = 0 (n = 0 ÷ 63). Ponieważ nadane bity x_n nie wpływają na przebieg identyfikacji, dlatego najwygodniej jest wysłać 16 bajtów równych „00000000”. W kolejnym etapie należy wysłać 16 bajtów danych z poprzedniego etapu, z tą różnicą, że na pozycji bitu r_n o najwyższym indeksie n, takim że d_n = 1, należy ustawić 1. Następnie należy wyzerować wszystkie bity r_n o indeksie wyższym niż indeks bitu zmienianego na 1. Proces identyfikacji kończy się w momencie, gdy na pozycji d_n o najwyższym indeksie n, powtórzy się jedyńka dwukrotnie pod rząd.

Poniższy przykład pokazuje sposób odczytywania numerów identyfikacyjnych przy użyciu rozkazu Search ROM. Do magistrali 1-Wire podłączone są trzy odbiorniki: dwa przetworniki A/C - DS2450 oraz interfejs DS9097U-09 posiadający również własny unikalny numer identyfikacyjny. Jeżeli w czasie procesu rozpoznawania numerów urządzeń nie wystąpią żadne błędy, to liczba etapów procesu jest równa liczbie urządzeń podłączonych do

magistrali. Bity $d_n = 1$ o najwyższym indeksie „n” w danym etapie identyfikacji zostały wytuszczone.

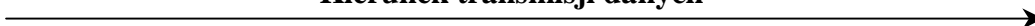
Dane wysłane przez urządzenie nadrzędne		Odpowiedź układów		Numer identyfikacyjny odczytany z odpowiedzi układów	
HEX	BIN	HEX	BIN	HEX	BIN
00	00000000	01	00000001	20	00100000
00	00000000	08	00001000		
00	00000000	08	00001000	82	10000010
00	00000000	90	10010000		
00	00000000	00	00000000	90	10010000
00	00000000	82	10000010		
00	00000000	00	00000000	00	00000000
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	00	00000000	00	00000000
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	00	00000000	00	00000000
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	00	00000000	00	00000000
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	A0	10100000	DC	11011100
00	00000000	A2	10100010		

Tabela 2.4. Pierwszy etap identyfikacji trzech układów.

Numer seryjny układu 1-Wire odczytany w pierwszym etapie identyfikacji:

CRC8	Unikalny numer seryjny						Kod rodziny
DC	00	00	00	00	90	82	20

Kierunek transmisji danych



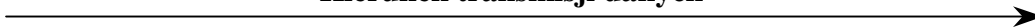
Dane wysłane przez urządzenie nadrzędne		Odpowiedź układów		Numer identyfikacyjny odczytany z odpowiedzi układów	
HEX	BIN	HEX	BIN	HEX	BIN
00	00000000	01	00000001	20	00100000
00	00000000	08	00001000		
00	00000000	08	00001000	42	01000010
20	00100000	30	00110000		
00	00000000	28	00101000	C6	11000110
00	00000000	A0	10100000		
00	00000000	00	00000000	00	00000000
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	00	00000000	00	00000000
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	00	00000000	00	00000000
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	00	00000000	00	00000000
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	88	10001000	4A	01001010
00	00000000	20	00100000		

Tabela 2.5. Drugi etap identyfikacji trzech układów.

Numer seryjny układu 1-Wire odczytany w drugim etapie identyfikacji:

CRC8	Unikalny numer seryjny						Kod rodziny
4A	00	00	00	00	C6	42	20

Kierunek transmisji danych



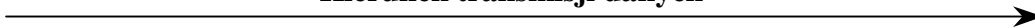
Dane wysłane przez układ Master		Odpowiedź układów		Numer identyfikacyjny odczytany z odpowiedzi układów	
HEX	BIN	HEX	BIN	HEX	BIN
02	00000010	83	10000011	09	00001001
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	0A	00001010	F3	11110011
20	00100000	AA	10101000		
00	00000000	A8	10101000	9E	10011110
00	00000000	82	10000010		
00	00000000	2A	00101010	57	01010111
00	00000000	22	00100010		
00	00000000	02	00000010	01	00000001
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	00	00000000	00	00000000
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	00	00000000	00	00000000
00	00000000	00	00000000		
00	00000000	2A	00101010	07	00000111
00	00000000	00	00000000		

Tabela 2.6. Trzeci etap identyfikacji trzech układów.

Numer seryjny układu 1-Wire odczytany w trzecim etapie identyfikacji:

CRC8	Unikalny numer seryjny						Kod rodziny
07	00	00	01	57	9E	F3	09

Kierunek transmisji danych



Realizacja programowa głównej pętli procesu identyfikacji przedstawiona została na listingu 2.2.

```
\***** Listing 2.2. \*****  
For a = 1 To MaxLiczbaUrzedzen  
    IdBin = ""  
    'a-ty cykl rozpoznawania numeru identyfikacyjnego  
    With Form1.MSComm1  
        .Output = Chr(HexToDec("C1"))  
        SprawdzCzyOdebrane  
        .Output = Chr(HexToDec("E1"))  
        .Output = Chr(HexToDec("F0"))  
        SprawdzCzyOdebrane  
        .Output = Chr(HexToDec("E3"))  
        .Output = Chr(HexToDec("B1"))  
        .Output = Chr(HexToDec("E1"))  
  
        ' 16 bajtów modyfikowanych w każdym cyklu  
        For i = 1 To 16  
            .Output = Chr(HexToDec(DoWyslania(i)))  
            'Usunięcie komentarza z poniższej linii  
            'pozwała zobaczyć dane wysłane  
            'w a-tym etapie identyfikacji:  
            'List1.AddItem DoWyslania(i)  
            '----  
            SprawdzCzyOdebrane  
            IdBin = IdBin + HexToBin(Znak)  
            'Usunięcie komentarza z poniższej linii  
            'pozwała zobaczyć binarną odpowiedź układów na wysłane  
            'dane w a-tym etapie:  
            'List1.AddItem HexToBin(Znak)  
        Next i  
        .Output = Chr(HexToDec("E3"))  
        .Output = Chr(HexToDec("A1"))  
        .Output = Chr(HexToDec("C1"))  
    End With  
  
List1.AddItem ZamienKolejnosc(OdczytajRom(a))  
OkreslNajstarszyBit_dn
```

```
OrId = ZamienZnakNaPozycji(OrId, NajstarszyBit_dn, "1")

    If KoniecIdentyfikacji = True Then
        Form5.Command1.Enabled = True
        Exit For
    End If

    PrzygotujNoweDoWyslania
Next a
'Koniec a-tego etapu identyfikacji
```


2.2.2.4. Struktura skryptów komunikacyjnych

Najciekawszą cechą Uniwersalnego Programu Komunikacyjnego dla magistrali 1-Wire jest możliwość modyfikowania oraz pisania własnych skryptów komunikacyjnych. Dzięki napisanym skryptom, użytkownik może w łatwy i przejrzysty sposób zbadać odpowiedzi układów podłączonych do magistrali 1-Wire na wysłane bajty danych. Dodatkowo, istnieje możliwość, skomentowania każdego wysyłanego bajtu oraz dodania opisu do pliku. Program rozpoznaje pliki skryptów zapisane w formacie tekstowym z rozszerzeniem *.dta.

Na poniższym listingu przedstawiony został prosty skrypt, przedstawiający działanie rozkazu Read ROM. Plik poniższego skryptu znajduje się w katalogu głównym programu, pod nazwą 001.dta.

```
#Listing 2.3.
#Przykład działania rozkazu READ ROM
#
#Można sprawdzić - że rozkaz ten działa poprawnie tylko dla
#jednego urządzenia 1-wire podłączonego na magistralę.
#
#
*****linia separująca opis od danych
E3 --- Tryb rozkazów ---
C1 RESET
E1 --- Tryb danych ---
33 READ ROM
FF ROM ID
FF ROM ID
FF ROM ID
FF ROM ID
FF ROM ID
FF ROM ID
FF ROM ID
FF ROM ID
FF ROM ID
FF ROM ID
E3 --- Tryb Rozkazów ---
C1 RESET
```

EN Koniec

Struktura skryptów jest następująca:

W pierwszych liniach każdego skryptu można umieścić opis pliku. Linia identyfikowana jest jako opis, gdy jej pierwszy znak jest symbolem „#”. Możliwe jest zapisanie maksymalnie 25 linii opisu, który pojawi się w oknie „Opis Pliku” po wskazaniu danego pliku.

Po opisie pliku należy umieścić dowolną linię separującą, na podstawie której, program będzie mógł rozróżnić część opisową od części danych. Linia ta może składać się z dowolnych znaków. Jedynym ograniczeniem jest to, że linia ta nie może zaczynać się od znaku „#”.

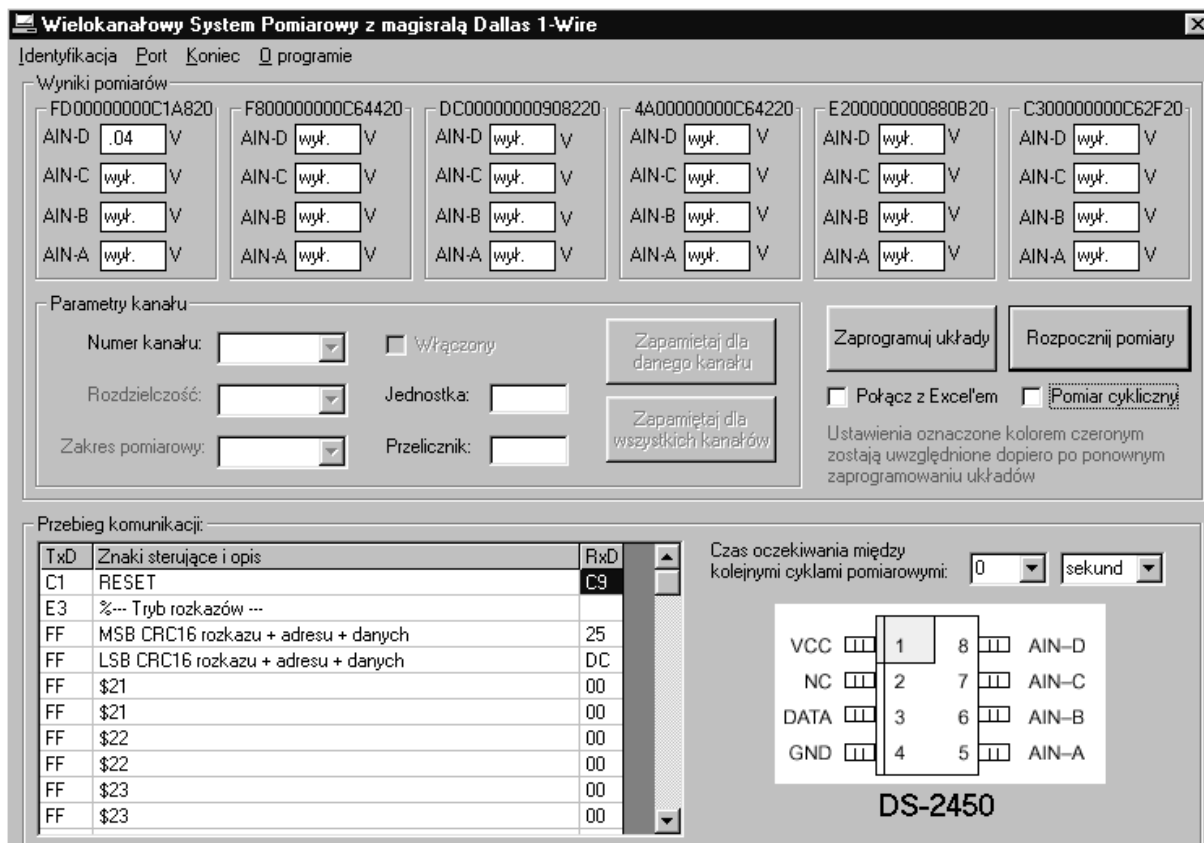
Następne wiersze występujące po linii separującej są wierszami danych i komentarzy. Jako dane program traktuje pierwsze dwa znaki występujące w każdej linii. Dane muszą być zapisywane w postaci **heksadecymalnej**, a nie zastosowanie się do tego zalecenia spowoduje błędne działanie programu lub nieprawidłową komunikację z układami 1-Wire. Wszystkie znaki znajdujące się na prawo od znaków danych, traktowane są jako komentarz i wyświetlane są w programie w kolumnie „Opis”. Program kończy analizowanie skryptu po napotkaniu rozkazu zakończenia: „EN”.

2.3. Wielokanałowy System Pomiarowy z magistralą Dallas 1-Wire

2.3.1. Charakterystyka i przeznaczenie programu

Program obsługujący Wielokanałowy System Pomiarowy z magistralą Dallas 1-Wire jest przeznaczony wyłącznie do obsługi układów DS2450. Program ma charakter edukacyjny, dlatego też głównym jego celem jest zaprezentowanie możliwości układów DS2450 oraz przejrzyste pokazanie sposobu komunikacji tych układów z urządzeniem nadrzędnym, jakim jest w moim przypadku komputer PC. Ze względu na sposób prezentowania wyników pomiarów oraz możliwość swobodnego konfigurowania parametrów każdego kanału, prędkość odczytywania wyników pomiarów nie jest maksymalna jaką można osiągnąć i wynosi około 5 sekundy dla komputera z procesorem Pentium II Celeron 300MHz. W praktycznych zastosowaniach, prędkość odczytywania wyników przetwarzania z czterech kanałów jednego układu może wynosić poniżej 2 sekund. W oryginalnej wersji program obsługuje maksymalnie sześć układów DS2450, lecz w razie potrzeby zastosowania większej ilości układów, może on być w łatwy sposób zmodyfikowany. Ponieważ układ DS2450 posiada cztery kanały, dlatego zastosowanie sześciu przetworników DS2450, pozwala na uzyskanie 24 kanałów pomiarowych. Główne okno programu pokazano na rys. 2.8.

Program Wielokanałowy System Pomiarowy został napisany na bazie Uniwersalnego Programu Komunikacyjnego dla magistrali 1-Wire. Do zaprogramowania i odczytu wyników konwersji, program wykorzystuje pliki skryptów napisanych w podobnym formacie jak dla Uniwersalnego Programu Komunikacyjnego. Różnica polega jedynie na tym, że w wielokanałowym systemie pomiarowym, skrypty zawierają również kody sterujące, które mogą być dowolnie modyfikowane przez program, w trakcie zmian ustawień kanałów przetwornika. W przeciwieństwie do programu komunikacyjnego, użytkownik nie ma możliwości zmieniania skryptów komunikacyjnych, gdyż mogłoby to zakłócić poprawną pracę programu.



Rys. 2.8. Główne okno programu

Pomiary wykonywane przez ten program mogą być z łatwością obrazowane za pomocą dowolnie kształtowanych wykresów, gdyż program posiada funkcję bezpośredniego wysyłania wyników do arkusza kalkulacyjnego MS Excel. Program ten posiada również możliwość ustalenia czasu oczekiwania pomiędzy kolejnymi cyklami pomiarowymi, co w połączeniu z wysyłaniem wyników do arkusza kalkulacyjnego, pozwala na wykonanie długotrwałych pomiarów. Dla łatwego określenia czasu pomiaru, przy wszystkich wynikach wyświetlane są godzina, minuta i sekunda pomiaru.

Zakończenie rozpoczętych pomiarów cyklicznych, odbywa się przez wyłączenie opcji „pomiar cykliczny”, wówczas program kończy pomiary po odczytaniu wyników z ostatniego zidentyfikowanego układu DS2450.

2.3.2. Działanie programu

2.3.2.1. Moduł identyfikacji układów 1-Wire

Moduł identyfikacji układów 1-Wire został napisany na podstawie modułu zastosowanego w Uniwersalnym Programie Komunikacyjnym. Jego działanie jest na pierwszy rzut oka identyczne z modułem opisanym w rozdziale 2.2.2. Różnica polega jedynie na tym, że program do obsługi Wielokanałowego Systemu Pomiarowego, skanuje kod rodziny wszystkich zidentyfikowanych układów. Jeżeli odczytany kod będzie równy 20h tzn. wykryty element jest układem DS2450, wówczas po zamknięciu okna identyfikacji, w głównym oknie programu, pojawi się okno pomiarowe zidentyfikowanego układu DS2450. Wygląd okna pomiarowego zidentyfikowanego przetwornika A/C przedstawiony został na rys. 2.9. Dla łatwego rozróżnienia, które okno przypisane jest do jakiego układu, nad każdym z okien pomiarowych wyświetlony jest numer identyfikacyjny znalezionej układu.



Rys. 2.9. Okno pomiarowe zidentyfikowanego układu DS2450

2.3.2.2. Zmiana parametrów wybranego kanału

Między pomiarami, użytkownik ma możliwość zmiany parametrów wybranego kanału przetwarzania. Po wskazaniu danego okna pomiarowego i naciśnięciu lewego przycisku myszki, w obszarze „Parametry kanału” pojawią się aktualne parametry wybranego kanału. Po zmianie wybranego ustawienia, należy je zapamiętać w pamięci komputera przez naciśnięcie przycisku „Zapamiętaj dla danego kanału”. Jeżeli istnieje skonfigurowanie wszystkich kanałów w jednakowy sposób, wówczas należy nacisnąć przycisk „Zapamiętaj dla wszystkich kanałów”. Tak zapamiętane ustawienia będą obowiązywały również po wyłączeniu i ponownym włączeniu programu. Po zmianie i zapamiętaniu ustawień wybranych kanałów należy zaprogramować układy przez naciśnięcie przycisku „Zaprogramuj układy”.

Istotną cechą programu jest to, że dane ustawienie zapamiętane przez naciśnięcie przycisków „Zapamiętaj dla danego kanału” lub „Zapamiętaj dla wszystkich kanałów”, obowiązuje dla danego numeru kanału, a nie dla konkretnego przetwornika DS2450, tzn. jeżeli w trakcie zapamiętywania ustawień, na linii obecny był przetwornik A to po jego odłączeniu i włączeniu w zamian przetwornika B, ustawienia dla kanału 1 przetwornika A będą obowiązywały dla kanału 1 układu B. Ta zależność jest analogiczna dla pozostałych kanałów. Oczywiście zmiany rozdzielczości i zakresu pomiarowego odniosą skutek dopiero po naciśnięciu przycisku „Zaprogramuj układy”.

Możliwa jest modyfikacja następujących ustawień wybranego kanału:

- **Rozdzielczość**

Istnieje możliwość wyboru następujących nastaw rozdzielczości:

2-bitowa, 3-bitowa, 4-bitowa, 5-bitowa, 6-bitowa, 7-bitowa, 8-bitowa

9-bitowa, 10-bitowa, 11-bitowa, 12-bitowa, 13-bitowa, 14-bitowa, 15-bitowa, 16-bitowa

Rozdzielczości powyżej 8-bitowej są większe niż wynosi dokładność przetwarzania A/C układu DS2450. Dlatego też, pomiary przy tych rozdzielczościach, mogą być zawierać losowy szum.

Aby uwzględnić zmianę rozdzielczości, konieczne jest zaprogramowanie układów DS2450

- **Zakres pomiarowy**

Program umożliwia wybór pomiędzy dwoma zakresami pomiarowymi: 2.56V i 5.12V

Aby uwzględnić zmianę zakresu pomiarowego, konieczne jest zaprogramowanie układów DS2450

- **Stan kanału**

Przez pojęcie stan kanału, należy rozumieć, czy dany kanał jest włączony czy wyłączony. Dla zachowania przejrzystości otrzymanych wyników pomiarów, należy wyłączyć wszystkie nieużywane kanały, ponieważ układ DS2450 ma wejścia o wysokiej impedancji, co może powodować, że w przypadku braku źródła napięcia na wejściu, układ może pokazywać mierzyć bardzo niski poziom napięcia rzędu 0,02V.

Wyłączenie kanału spowoduje, że program w czasie pomiaru pokaże napis „wył.”. Niepokazywanie wyniku pomiaru w przypadku wyłączenia danego kanału jest zabiegiem programowym. W rzeczywistości w pamięci układu pozostaje ostatni pomiar, w czasie którego wybrany kanał był aktywny. Właściwość tą można z łatwością sprawdzić w Uniwersalnym Programie Komunikacyjnym, odczytując wyniki pomiarów ze strony pamięci 0 układu DS2450.

Wyłączenie bądź włączenie kanału nie wymaga przeprogramowania układów, gdyż ustawienie to jest uwzględniane każdorazowo w trakcie wykonywania rozkazu przetwarzania: Convert.

- **Przelicznik**

Ustawienie przelicznika jest ustawieniem programowym, a nie konkretnym parametrem układu DS2450. Przez przelicznik należy rozumieć wartość przez którą zostanie pomnożony rzeczywisty wynik przetwarzania A/C. Zmiana przelicznika musi być dokonywana równocześnie ze zmianą jednostki. Ustawienie standardowe przelicznika wynosi 1, co odpowiada pomiarom w Voltach. Szczegółowy opis sposobu wyświetlania wyników pomiarów przedstawiony został w rozdziale 2.3.2.3.

Zmiana przelicznika nie wymaga przeprogramowania układów DS2450.

- **Jednostka**

Ustawienie jednostki jest również ustawieniem programowym, a nie parametrem układu DS2450. Jak wspomniano w powyższym punkcie zmian jednostki należy dokonywać równocześnie ze zmianą przelicznika. Szczegółowy opis sposobu wyświetlania wyników pomiarów przedstawiony został w rozdziale 2.3.2.3.

Zmiana jednostki nie wymaga przeprogramowania układów DS2450.

2.3.2.3. Odczytywanie wyników przetwarzania

Wyniki pomiarów ostatniego przetwarzania A/C odczytywane są ze strony pamięci 0 układu DS2450. Zanim wynik przetwarzania znajdzie się w pamięci przetwornika, konieczne jest wykonanie rozkazu Convert. Argumentami rozkazu Convert są: maska kanałów przetwarzania oraz bajt sterujący odczytem z kanałów. Szczegółowe informacje na temat argumentów rozkazu Convert zamieszczone zostały w rozdziale 1.4.3. Przykładowa sekwencja rozkazu Convert przedstawiona została w tabeli 2.7.

TxD	Opis	RxD
C1	RESET	C9
E1	--- Tryb danych ---	
55	MATCH ROM	55
20	ROM ID 1	20
82	ROM ID 2	82
90	ROM ID 3	90
00	ROM ID 4	00
00	ROM ID 5	00
00	ROM ID 6	00
00	ROM ID 7	00
DC	ROM ID 8	DC
3C	CONVERT	3C
08	Maska kanałów przetwarzania	08
40	Bajt sterujący odczytem z kanałów	40
FF	LSB CRC16	39
FF	MSB CRC16	C3
00	odczyt	00
FF	koniec odczytu	FF
E3	--- Tryb rozkazów ---	
C1	RESET	C9

Tabela 2.7. Przykładowa sekwencja rozkazu Convert.

Wyniki przetwarzania A/C, zainicjowanego rozkazem Convert, należy odczytać używając rozkazu Read Memory ze strony pamięci 0 układu DS2450. Sposób odczytania wyniku przetwarzania przedstawiony został w tabeli 2.8.

TxD	Opis	RxD
E3	--- Tryb rozkazów ---	
C1	RESET	C9
E1	--- Tryb danych ---	
55	MATCH ROM	55
20	ROM ID 1	20
82	ROM ID 2	82
90	ROM ID 3	90
00	ROM ID 4	00
00	ROM ID 5	00
00	ROM ID 6	00
00	ROM ID 7	00
DC	ROM ID 8	DC
AA	READ MEMORY	AA
00	LSB adresu (TA1)	00
00	MSB adresu (TA2)	00
FF	odczyt bajtu danych	00
FF	odczyt bajtu danych	00
FF	odczyt bajtu danych	00
FF	odczyt bajtu danych	00
FF	odczyt bajtu danych	00
FF	odczyt bajtu danych	03
FF	odczyt bajtu danych	00
FF	odczyt bajtu danych	00
FF	LSB CRC16 rozkazu + adresu + danych	2C
FF	MSB CRC16 rozkazu + adresu + danych	25
E3	--- Tryb rozkazów ---	
C1	RESET	C9

Tabela 2.8. Odczytanie wyników pomiarów ze strony pamięci 0 układu DS2450.

Odczytane wyniki ze strony pamięci 0 przetwornika DS2450 są przetwarzane przez program wg wzoru 2.1. Należy zauważyć, że niektóre zmienne występujące we wzorze 2.1. są charakterystyczne danego kanału, a nie dla całego układu DS2450.

$$\text{Wynik} = WY * WK * P \text{ [mV]} \quad (2.2.)$$

Oznaczenia:

WY Wynik dziesiętny dla danego kanału, odczytany ze strony pamięci 0 układu DS2450, z uwzględnieniem zasad odczytywania wyników z pamięci dla poszczególnych rozdzielczości. Zasady te przedstawiono w rozdziale 1.4.2.

WK Współczynnik konwersji odczytany z tabeli 1.8. uwzględniający ustawioną rozdzielczości i zakres pomiarowy danego kanału.

P Przelicznik, którego dokładny opis został zamieszczony w rozdziale 2.3.2.2.

Przykład obliczania wyników przetwarzania:

Należy obliczyć wynik przetwarzania z kanału o następujących parametrach:

Kanał: AIN-D
Rozdzielczość kanału: 9 -bitowa
Zakres przetwarzania kanału: 5.12V
Przelicznik: 1

Sposób postępowania jest następujący:

1. Zastosować rozkaz Convert (3Ch)
2. Odczytać wyniki przetwarzania za pomocą rozkazu Read Memory (AAh) z komórek pamięci 06h i 07h (kanał AIN-D).

Założmy, że w komórkach pamięci 06h i 07h znajdują się następujące wartości:

Adres	Binarnie	Dziesiętnie	Opis
06	1 0 0 0 0 0 0 0	128	Młodszy bajt wyniku
07	1 1 0 1 0 1 1 1	215	Starszy bajt wyniku

Ponieważ rozdzielczość kanału jest 9-bitowa, to zgodnie z zasadami odczytywania wyników, przedstawionymi w rozdziale 1.4.2, należy uwzględnić tylko 9 najstarszych bitów wyniku. Dlatego zmienna WY ze wzoru (2.2.) będzie równa dziesiętnie:

$$WY = 110101111 \text{ (BIN)} = 2^8 + 2^7 + 2^5 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = 431 \text{ (DEC)}$$

3. Odczytać z tabeli 1.8. współczynnik konwersji WK, który dla zakresu 5.12V i 9-bitowej rozdzielczości wynosi: $WK = 10$
4. Obliczyć końcowy wynik przetwarzania stosując wzór 2.2:

$$Wynik = WY * WK * P = 4310 * 10 * 1 = 431mV$$

2.3.2.4. Połączenie programu z arkuszem kalkulacyjnym

Jedną z największych zalet środowiska programistycznego MS Visual Basic jest możliwość sterowania działaniem innych aplikacji, które mają wbudowany język Visual Basic for Applications z poziomu napisanego programu,. Do takich programów należą m.in. pakiet MS Office 97/2000, program AutoCAD R14/2000 oraz wiele innych.

Przed rozpoczęciem długotrwałych pomiarów cyklicznych, istnieje możliwość połączenia programu Wielokanałowego Systemu Pomiarowego z arkuszem kalkulacyjnym MS Excel. W tym celu przed naciśnięciem przycisku „Rozpocznij pomiary” należy zaznaczyć opcję „Połącz z Excel'em”. Jeżeli po znaczeniu opcji „Połącz z Excel'em”, program wykryje otwarty arkusz kalkulacyjny, wówczas w arkuszu tym zostanie automatycznie przygotowanych tyle kolumn, ile kanałów udostępniają aktualnie dołączone do magistrali przetworniki A/C. Jeżeli program nie wykryje włączonego arkusza, wówczas użytkownik zostanie poproszony o uruchomienie programu MS Excel.

Dodatkowo, dla poprawienia czytelności przesłanych wyników, w pierwszym wierszu arkusza, program umieszcza numery identyfikacyjne układów DS2450, z których zostały przesłane wyniki przetwarzania. Przy długotrwałych pomiarach, każdy użytkownik z pewnością doceni wyświetlanie dokładnego czasu pomiaru wykonanego określony układ DS2450. Na rys. 2.10. pokazano okno arkusza kalkulacyjnego, z zapisanymi wynikami pomiarów.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		DC00000000908220					C300000000C62F20			
2		AIN-D	AIN-C	AIN-B	AIN-A		AIN-D	AIN-C	AIN-B	AIN-A
3	12:43:31 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:43:36 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
4	12:43:41 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:43:47 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
5	12:43:52 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:43:57 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
6	12:44:03 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:44:08 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
7	12:44:13 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:44:18 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
8	12:44:24 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:44:29 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
9	12:44:35 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:44:40 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
10	12:44:46 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:44:51 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
11	12:44:56 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:45:02 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
12	12:45:08 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:45:13 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
13	12:45:18 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:45:23 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
14	12:45:29 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:45:34 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
15	12:45:40 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:45:45 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
16	12:45:50 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:45:56 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
17	12:46:01 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:46:07 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
18	12:46:12 PM	0,06	wyt.	wyt.	wyt.	12:46:17 PM	wyt.	wyt.	wyt.	wyt.
19										
20										

Rys. 2.10. Wyniki pomiarów przesłane do arkusza kalkulacyjnego

Na listingu 2.4. przedstawiono sposób programowego sprawdzenia obecności arkusza MS Excel, wyczyszczenia zawartości arkusza, wypisania nagłówków kolumn oraz numerów identyfikacyjnych układów 1-Wire.

```

'*****Listing 2.4. *****

'Sprawdzenie obecności Excel'a
Set ExcelApp = Nothing
On Error Resume Next
Set ExcelApp = GetObject(, "Excel.Application")

'Przechwycenie błędu..
If Err Then
MsgBox "Uruchom program MS Excel..."
Err.Clear
Exit Sub
End If
ExcelApp.Visible = True
'-----

ExcelApp.Workbooks.New
ExcelApp.Cells.Clear
ExcelApp.Cells.EntireColumn.HorizontalAlignment = xlLeft
    For i = 1 To 24 Step 4
        If Len(Frame3((i - 1) / 4).Caption) < 2 Then
            Exit For
        Else
            ExcelApp.Sheets(1).Cells(1, i) = Frame3((i -
1) / 4).Caption
            ExcelApp.Sheets(1).Cells(2, i + 0) = " AIN-D"
            ExcelApp.Sheets(1).Cells(2, i + 1) = " AIN-C"
            ExcelApp.Sheets(1).Cells(2, i + 2) = " AIN-B"
            ExcelApp.Sheets(1).Cells(2, i + 3) = " AIN-A"
        End If
    Next i
    Przesun = 3
    PoloczenieZExcelem = True
Else
    PoloczenieZExcelem = False
End If

```

2.3.3. Badanie własności wielokanałowego systemu pomiarowego opartego na układach DS2450

Jednym z ważniejszych parametrów systemu pomiarowego jest jego częstotliwość próbkowania. Ponieważ program obsługujący system pomiarowy, musi przed odczytaniem wyników przetwarzania zaadresować dany przetwornik A/C, dlatego też, częstotliwość próbkowania całego systemu pomiarowego jest znacznie mniejsza aniżeli maksymalna częstotliwość próbkowania poszczególnych kanałów układu DS2450, obliczona z katalogowej szybkości przetwarzania układu.

Częstotliwość próbkowania wykonanego przez mnie systemu pomiarowego, bazującego na przetwornikach A/C DS2450, zależy od trzech podstawowych czynników:

- ilości podłączonych układów DS2450 (z których odczytywane są wyniki),
- szybkości transmisji danych,
- szybkości komputera.

Ponieważ komunikacja komputera z układami podłączonymi do magistrali 1-Wire odbywa się przy standardowej szybkości 9600 bitów na sekundę, dlatego zwiększenie szybkości próbkowania można jedynie osiągnąć, przez zmniejszenie układów, z których odczytywane są dane lub przez zastosowanie szybszego komputera. Wszystkie zamieszczone poniżej wyniki pomiarów, pochodzą z badań przeprowadzonych na komputerze PC z procesorem Pentium II Celeron 300MHz.

Program obsługujący wielokanałowy system pomiarowy, odczytuje cyklicznie wyniki przetwarzania. Na początku każdego cyklu program adresuje dany układ oraz inicjuje przetwarzanie, wysyłając rozkaz Convert. Wyniki przetwarzania zapamiętywane są na stronie pamięci 0 adresowanego układu DS2450. Następnie aby odczytać wyniki przetwarzania, program ponownie adresuje dany układ i wysyła rozkaz Read Memory. Równocześnie z odczytaniem wyników przetwarzania z układu DS2450 następuje wyświetlenie ich w odpowiednich oknach pomiarowych oraz w połączonym arkuszu kalkulacyjnym. Długość takiego cyklu wynosi około 5 sekund, dla komputera PC z procesorem Pentium II Celeron 300MHz. W przypadku odczytywania wyników z dwóch układów DS2450 (maksymalnie 8 kanałów), długość cyklu wynosi około 10 sekund. Analogicznie dla systemu odczytującego rezultaty pomiarów z n przetworników wynosi około $n*5$ sekund.

Łatwo jest wyliczyć, że częstotliwość próbkowania systemu z podłączonym jednym układem DS2450 wynosi $f_p \cong 200\text{MHz}$.

Twierdzenie Shannona mówi, że w celu osiągnięcia dokładnej reprezentacji sygnału analogowego minimalna częstotliwość próbkowania powinna być co najmniej dwa razy wyższa od składowej o najwyższej częstotliwości sygnału oryginalnego [8].

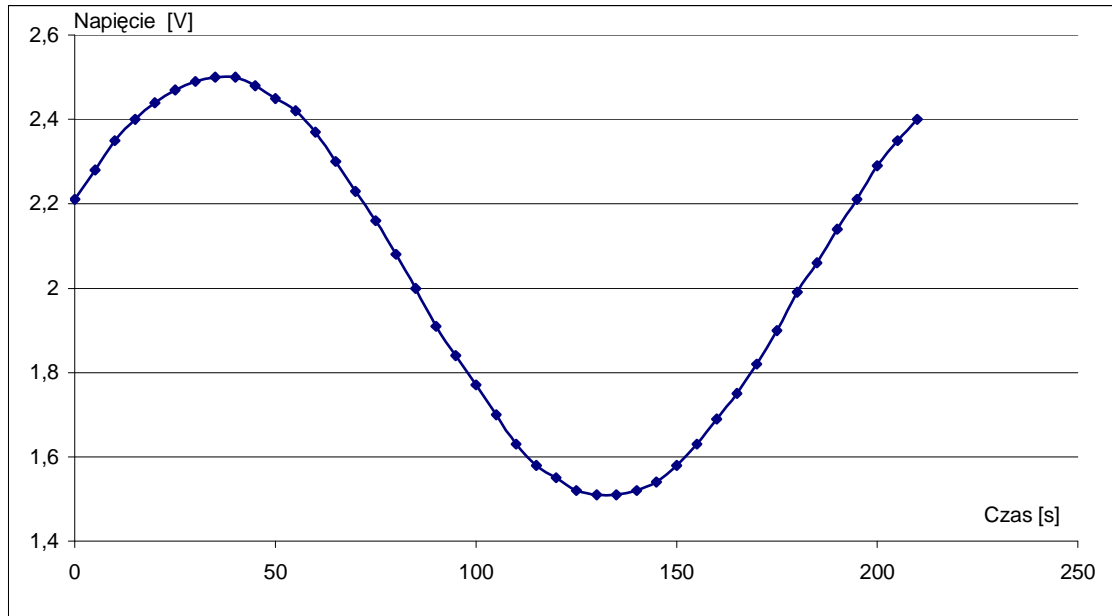
Zgodnie z tym twierdzeniem, wykonany przeze mnie system pomiarowy może poprawnie mierzyć sygnały o częstotliwości $<100\text{MHz}$ dla jednego przetwornika DS2450, $<50\text{MHz}$ dla dwóch przetworników, $<25\text{MHz}$ dla trzech itd.

Aby sprawdzić powyższe obliczenia, dokonałem pomiarów sygnału okresowego, o częstotliwościach $f_p > 2f$ oraz $f_p < 2f$, gdzie f_p jest częstotliwością próbkowania systemu pomiarowego.

Dzięki możliwości połączenia programu obsługującego wielokanałowy system pomiarowy z arkuszem kalkulacyjnym, możliwe jest zobrazowanie wyników pomiarów za pomocą wykresów. Na wykresach 2.1, 2.2, 2.3, przedstawione zostały wyniki pomiarów odczytane z jednego kanału pomiarowego. Mierzony sygnał wygenerowany został przy użyciu generatora HP33120A, który miał następujące nastawy:

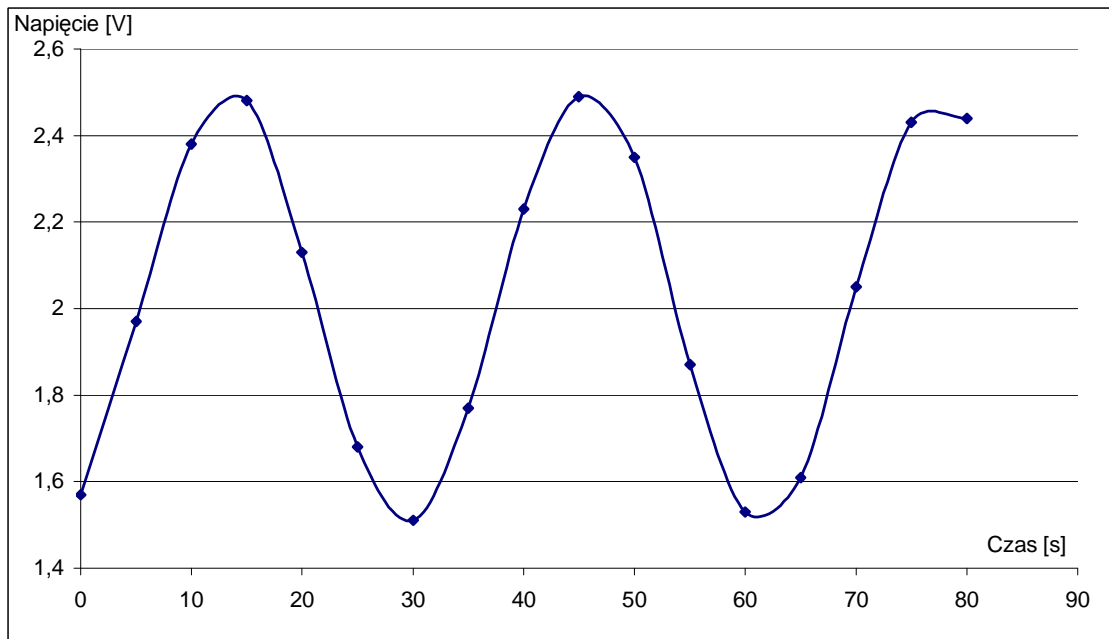
Amplituda:	0,5 V
Offset:	1 V
Częstotliwość f:	systematycznie zwiększana
Kształt sygnału:	sinusoida

Na wykresie 2.1. przedstawione zostały wyniki pomiarów sygnału o częstotliwości 5mHz, przez system pomiarowy o częstotliwość próbkowania $f_p = 200\text{mHz}$. Jak widać w tym przypadku, wyniki pomiarów bardzo dobrze odwzorowują mierzony sygnał.

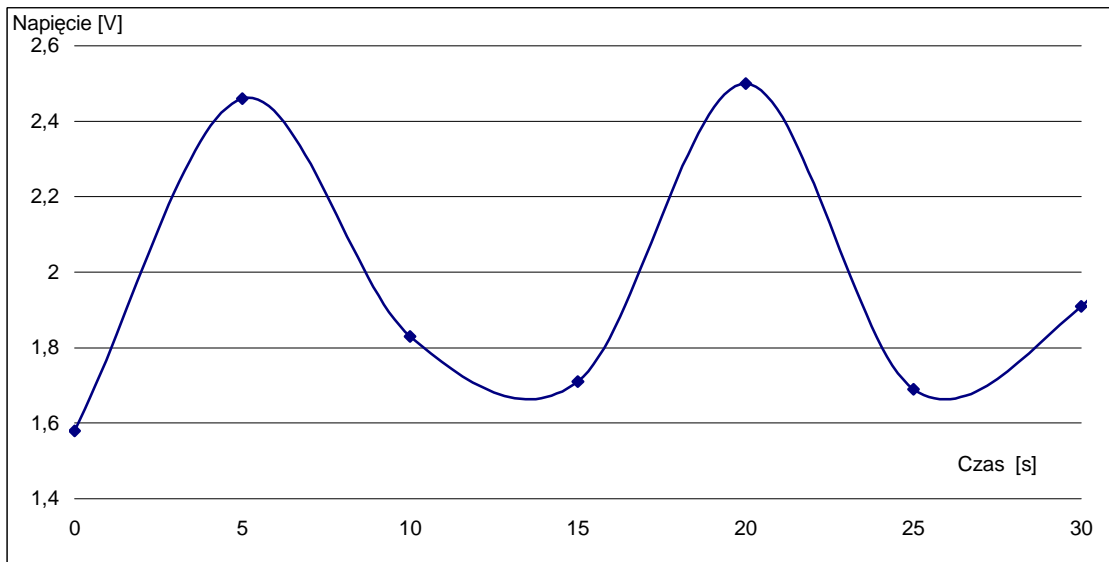


Wykres 2.1. Sygnał sinusoidalny, $f=5\text{mHz}$. Częstotliwość próbkowania $f_p=200\text{mHz}$.

Częstotliwość mierzonego sygnału przedstawionego na wykresach 2.2. i 2.3 wynosi odpowiednio 30mHz i 70mHz. W obu przypadkach widać, że za pomocą uzyskanych wyników pomiarów, trudniej jest odwzorować mierzony przebieg sinusoidalny. Ponieważ wyniki pomiarów odczytywane są nadal z jednego przetwornika DS2450, dlatego też częstotliwość próbkowania wynosi również 200mHz.

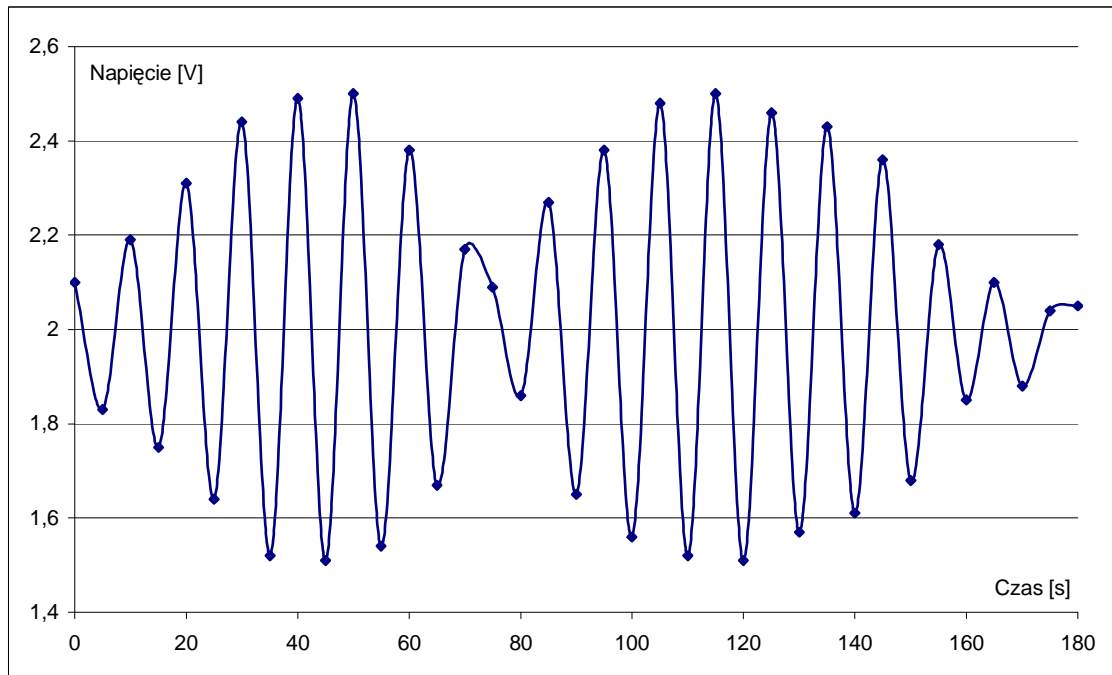


Wykres 2.2. Sygnał sinusoidalny, $f=30\text{mHz}$. Częstotliwość próbkowania $f_p=200\text{mHz}$.



Wykres 2.3. Sygnał sinusoidalny, $f=70\text{mHz}$. Częstotliwość próbkowania $f_p=200\text{mHz}$.

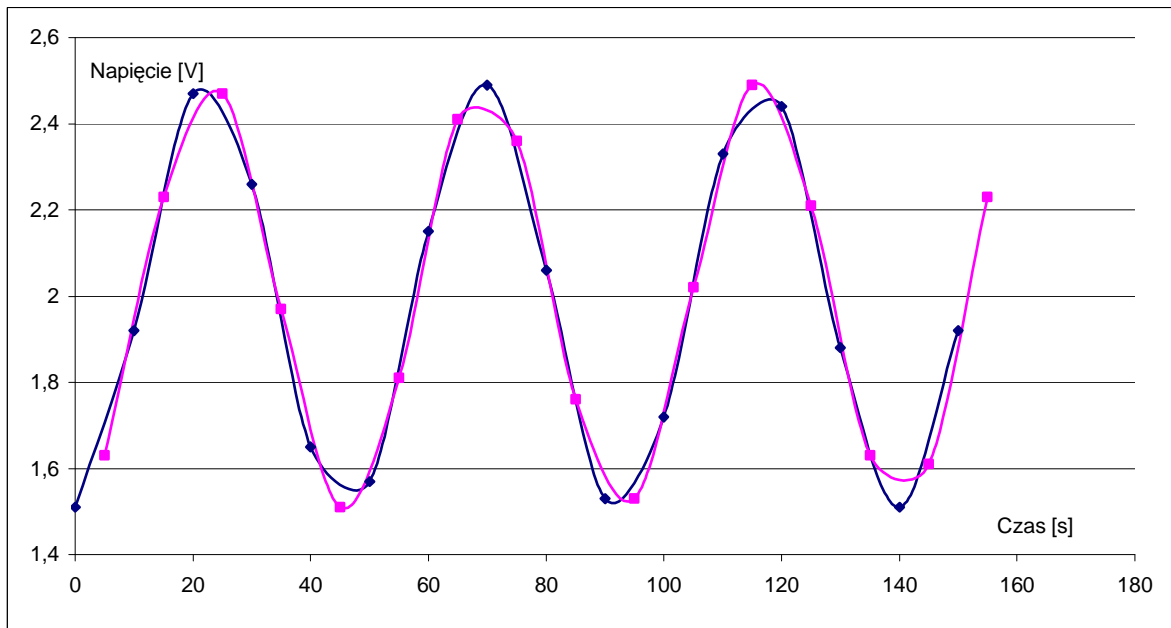
Na wykresie 2.4. przedstawione zostały wyniki pomiaru sygnału sinusoidalnego o częstotliwości $f=101\text{mHz}$. Oznacza to że częstotliwość próbkowania jest mniejsza niż $2f$. Zgodnie z twierdzeniem Shannona, takiego sygnału nie można dokładnie przedstawić za pomocą systemu pomiarowego o częstotliwości próbkowania 200mHz .



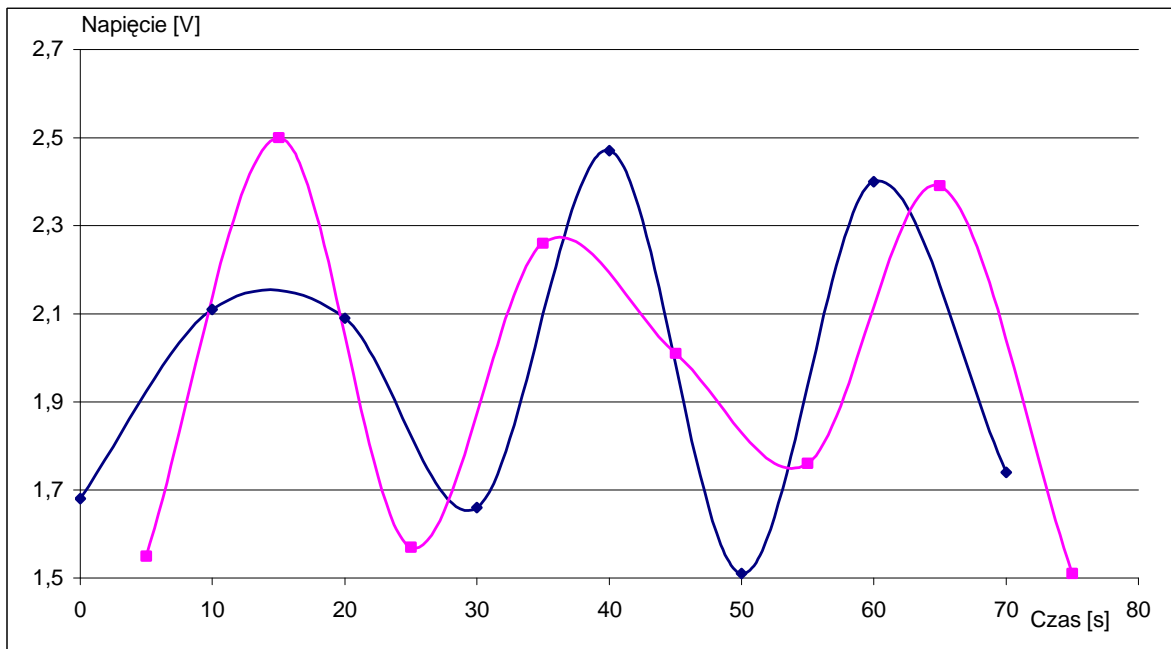
Wykres 2.4. Sygnał sinusoidalny, $f=101\text{mHz}$. Częstotliwość próbkowania $f_p=200\text{mHz}$.

Jak już wcześniej wspomniałem, częstotliwość próbkowania układu pomiarowego opartego na magistrali 1-Wire zmniejsza się dwukrotnie, dla każdego dodanego układu DS2450, z którego odczytywane są wyniki pomiarów. Na wykresach 2.5. do 2.7, przedstawione zostały wyniki pomiarów sygnału o przebiegu sinusoidalnym o takich samych parametrach jak w poprzednich badaniach, przy czym system odczytuje wyniki pomiarów tego samego sygnału z dwóch przetworników DS2450. Wynika z tego, że jeden cykl pomiarowy programu sterującego wielokanałowym systemem pomiarowym trwa około $2 \cdot 5 = 10$ sekund, tzn. częstotliwość próbkowania wynosi dla każdego z kanałów w przybliżeniu $f_p=100\text{mHz}$. Zgodnie z twierdzeniem Shannona, system pomiarowy o częstotliwości próbkowania $f_p=100\text{mHz}$ może poprawnie mierzyć sygnały analogowe o częstotliwościach $<50\text{mHz}$. Aby to zobrazować powyższe obliczenia, przeprowadziłem pomiary sygnałów

sinusoidalnych o częstotliwościach 20mHz i 40mHz, czyli $2f < f_p$ oraz pomiar sygnału sinusoidalnego o częstotliwości $f = 51\text{mHz}$, czyli $2f > f_p$.

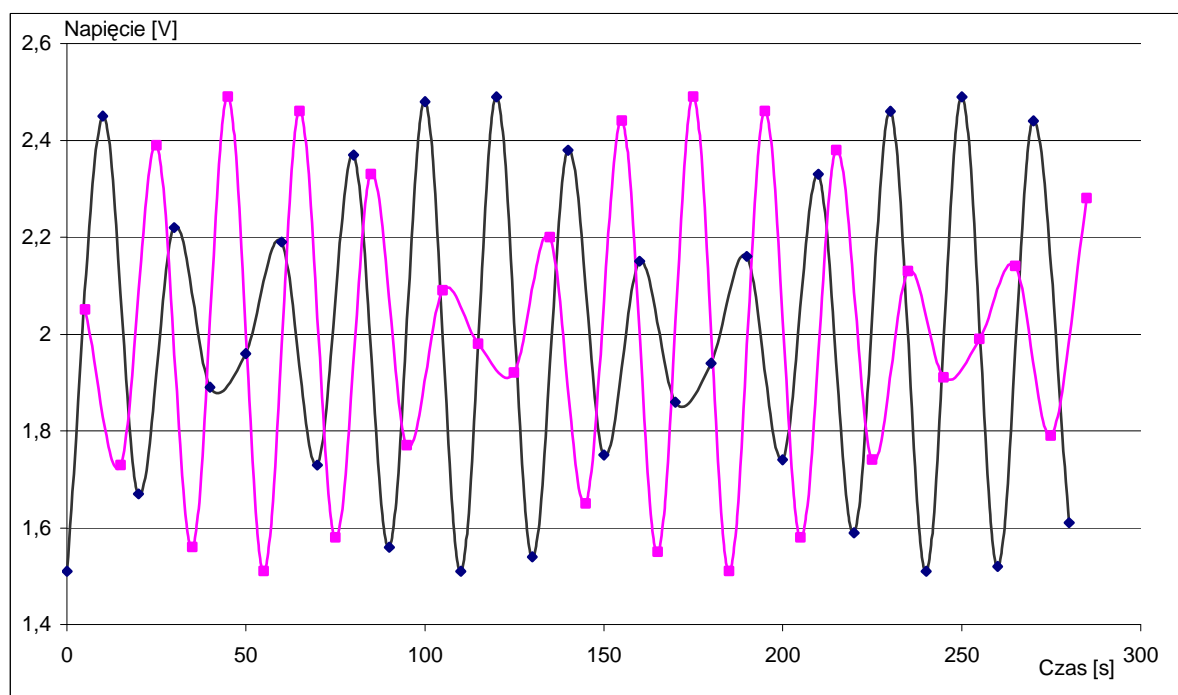


Wykres 2.5. Sygnał sinusoidalny, $f = 20\text{mHz}$. Częstotliwość próbkowania jednego kanału $f_p = 100\text{mHz}$.



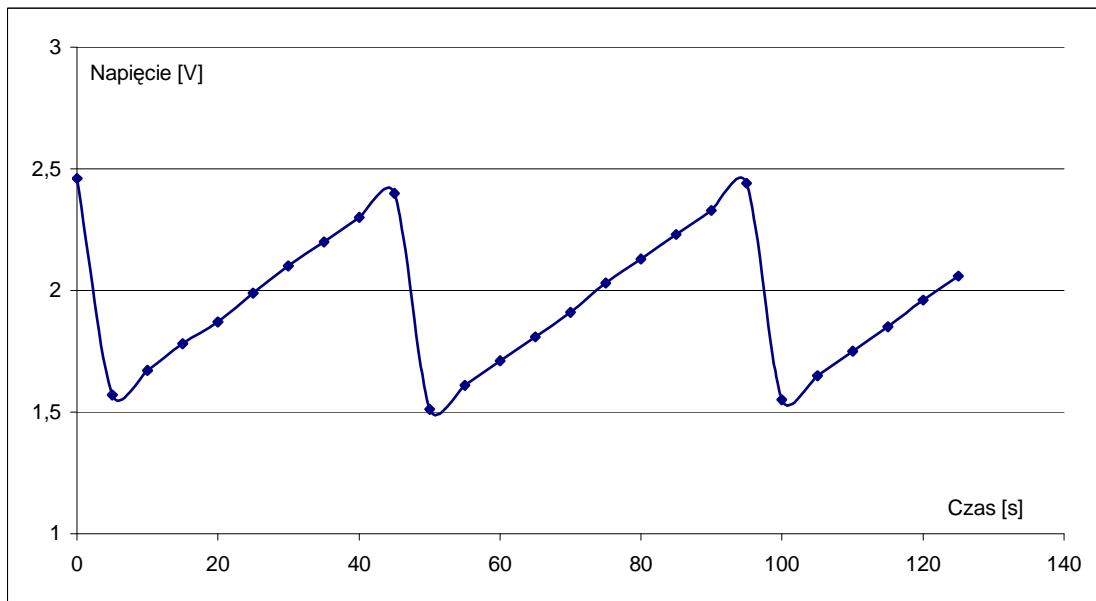
Wykres 2.6. Sygnał sinusoidalny, $f = 20\text{mHz}$. Częstotliwość próbkowania jednego kanału $f_p = 100\text{mHz}$.

Wyniki pomiarów przedstawione na wykresach 2.5. i 2.6, potwierdzają, że badany system, odczytujący pomiary z dwóch przetworników DS2450, poprawnie mierzy sygnały analogowe o częstotliwościach $2f < f_p$. Na wykresie 2.7. przedstawiono sytuację, w której częstotliwość sygnału $f > f_p/2$. W tym przypadku widać wyraźnie, że system pomiarowy nie jest w stanie poprawnie zinterpretować kształtu mierzonego sygnału o przebiegu sinusoidalnym.

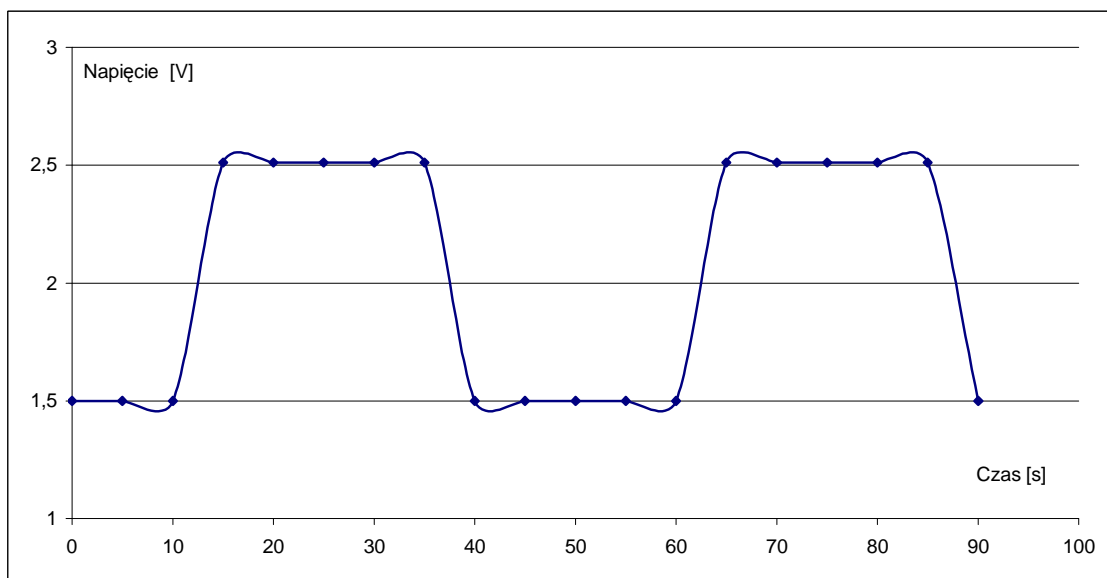


Wykres 2.7. Sygnał sinusoidalny, $f=51\text{mHz}$. Częstotliwość próbkowania jednego kanału $f_p=100\text{mHz}$

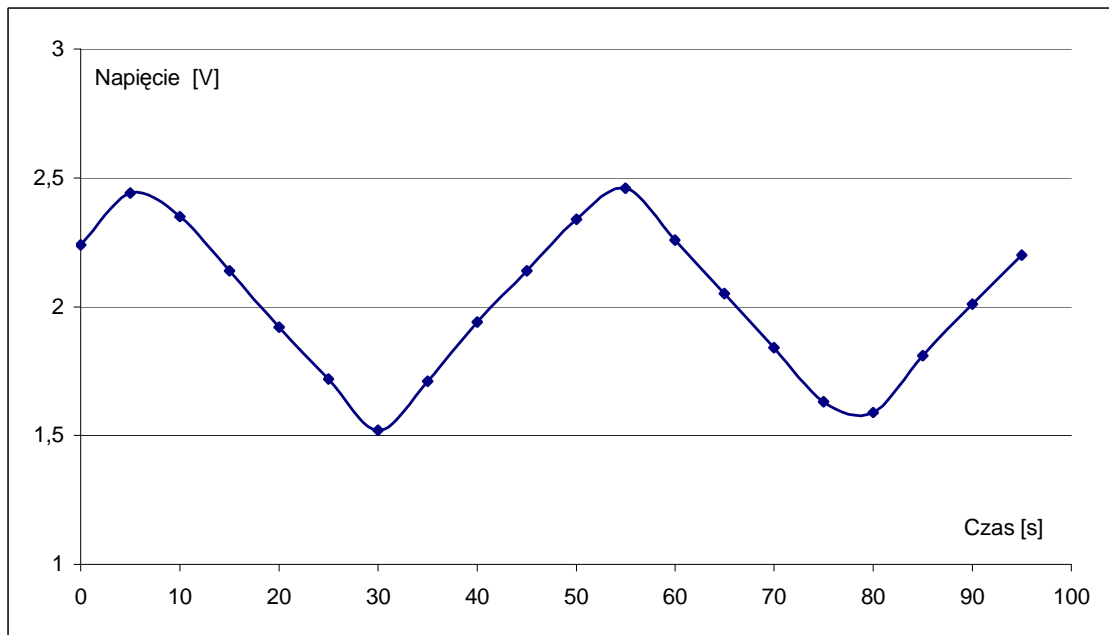
Aby przedstawić możliwości zbudowanego systemu pomiarowego, dokonałem dodatkowych pomiarów sygnałów o różnych kształtach, których wyniki przedstawione zostały na wykresach 2.8 do 2.11. Wszystkie badane sygnały mają częstotliwość 20mHz . Wyniki pomiarów odczytywane są z jednego przetwornika DS2450, czyli częstotliwość próbkowania wynosi 200mHz .



Wykres 2.8. Sygnał piłokształtny o częstotliwości $f=20\text{mHz}$. Częstotliwości próbkowania $f_p=200\text{mHz}$.



Wykres 2.9. Sygnał prostokątny o częstotliwości $f=20\text{mHz}$. Częstotliwości próbkowania $f_p=200\text{mHz}$.



4. Wnioski

Niewątpliwie największą zaletą systemu pomiarowego z magistralą Dallas 1-Wire jest możliwość rozproszenia punktów pomiarowych na odległości do kilkuset metrów łącząc je za pomocą dwuparowej skrętki telefonicznej. Nie bez znaczenia jest fakt, że wiele układów zgodnych ze standardem 1-Wire nie wymaga przy tym żadnego zewnętrznego źródła zasilania.

Wykonany przeze mnie system pomiarowy, został przystosowany do pracy w laboratorium, dlatego też długość magistrali 1-Wire nie przekracza dwóch metrów. W dokumentacji technicznej przetwornika A/C DS2450 znajduje się informacja o tym, że układ ten do przetwarzania wymaga dodatkowego zasilania zewnętrznego lub chwilowego podtrzymania napięcia 5V na magistrali w celu naładowania wewnętrznego kondensatora. Jednakże z moich spostrzeżeń wynika, że w układzie podłączonym do szeregowego portu komputera za pomocą interfejsu firmy Dallas, układ wykonuje prawidłowo przetwarzanie A/C bez podłączania zewnętrznego napięcia zasilania oraz bez pisania specjalnych procedur wymuszających chwilowe podtrzymanie napięcia 5V na magistrali 1-Wire. Celem dodatkowych badań mogłoby być sprawdzenie, czy sygnał z magistrali 1-Wire można wykorzystać do zasilenia dodatkowych układów, np. mostków pomiarowych, dostarczających analogowego sygnału napięciowego na wejścia przetworników A/C.

Programowanie układów podłączonych do magistrali 1-Wire okazało bardzo proste i intuicyjne, szczególnie przy wykorzystaniu dodatkowo napisanego przeze mnie Uniwersalnego Programu Komunikacyjnego dla magistrali 1-Wire, który został dokładnie opisany w niniejszej pracy.

Na pochwałę zasługuje bogata i przystępnie napisana dokumentacja techniczna firmy Dallas Semiconductor, która jest ogólnie dostępna w formie elektronicznej w Internecie oraz w postaci specjalnie wydawanych katalogów.

5. Literatura

1. Dallas Semiconductor, DS2450 1-Wire™ Quad A/D Converter, 1999
2. Dallas Semiconductor, MicroLAN Design Guide, 1998
3. Dallas Semiconductor, Serial to 1-Wire™ Line Driver, 1998
4. Dallas Semiconductor, Application note 27, Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor iButton™ Products, 1998
5. Dallas Semiconductor, Application note 83, Fundamentals of RS-232 Serial Communication, 1998
6. Dallas Semiconductor, 2-Wire Digital Thermometer and Real Time Clock, 1999
7. P. Horwitz, W. Hill, Sztuka Elektroniki, WKŁ 1997
8. C. Marven, G. Ewers, Zarys Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów, WKŁ 1999

6. Dodatek A – Zawartość załączonej płyty CD-ROM

1. Program instalacyjny dla systemu Windows 95/98, instalujący:
 - „Uniwersalny Program Komunikacyjny dla magistrali 1-Wire”
 - „Wielokanałowy System Pomiarowy z magistralą 1-Wire”
2. Pliki źródłowe programów napisanych w języku MS Visual Basic 6.0
3. Plik źródłowy Pracy Magisterskiej w formacie MS Word 97
4. Wykorzystane materiały firmy Dallas Semiconductor w formacie Acrobat Reader
5. Projekty płytek drukowanych w formacie AutoCAD R14