

Politechnika  Białostocka

Wydział Elektryczny

Katedra Automatyki i Elektroniki

Instrukcja
do ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotu:

SYSTEMY CYFROWE 1

MAGISTRALA 1-WIRE

Opracował: dr inż. Wojciech Wojtkowski

w.wojtkowski@we.pb.edu.pl

BIAŁYSTOK 2009

Spis treści instrukcji:

1.	Cel i zakres ćwiczenia laboratoryjnego	2
2.	Magistrala jedнопrzewodowa 1-Wire	2
2.1.	Konfiguracja sprzętowa	2
2.2.	Nawiązanie połączenia	8
5.	Wymagania BHP	8
6.	Sprawozdanie studenckie	8
7.	Przykładowe zadania	9
8.	Literatura	10

1. CEL I ZAKRES ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

Celem ćwiczenia jest poznanie zasad wykorzystania w projektach cyfrowych czujników temperatury komunikujących się z mikroprocesorem poprzez magistralę jedнопrzewodową 1-Wire. W ramach ćwiczenia studenci projektują wybrane układy mikroprocesorowe wykorzystujące cyfrowe czujniki temperatury oraz wykorzystują pamięci EEPROM do przechowywania adresów poszczególnych czujników po wyłączeniu zasilania systemu.

Zakres ćwiczenia obejmuje:

- Poznanie zasad obsługi magistrali jedнопrzewodowej 1-Wire zarówno w trybie zasilania stałego jak i zasilania pasożytniczego.
- Projektowanie układów mikroprocesorowych współpracujących z cyfrowymi czujnikami temperatury serii DS-18B20.

Szczegółowy zakres ćwiczenia ustala prowadzący.

2. MAGISTRALA JEDNOPRZEWODOWA 1-WIRE

Magistrala 1-Wire opiera się na architekturze: 1 urządzenie master oraz wiele urządzeń typu slave. Poznawany na laboratorium układ DS-18B20 pracuje wyłącznie jako slave. Jeśli w systemie jest wyłącznie jedno urządzenie podrzędne typu slave, wówczas mówi się o konfiguracji „single-drop”. Z kolei gdy w systemie występuje wiele urządzeń slave, mówimy o konfiguracji „multi-drop”. Wszystkie komendy i dane są transmitowane w ten sposób, iż pierwszy jest zawsze najmniej znaczący bit informacji.

2.1. Konfiguracja sprzętowa

Magistrala 1-Wire posiada zgodnie z definicją pojedynczą linię danych. Każde z urządzeń (master/slave) jest dołączone poprzez OD (otwarty dren) lub port (bufor) trójstanowy. To pozwala każdemu z dołączonych urządzeń na „zwolnienie” magistrali w czasie gdy nie

transmituje/odbiera danych, co z kolei pozwala na „przejęcie” kontroli nad magistralą przez inne urządzenie. Do poprawnej pracy magistrala 1-Wire musi być „podpięta” do zasilania poprzez rezystor o wartości zbliżonej do 5kOhm. Magistrala zwolniona znajduje się w stanie wysokim (dzięki rezystorowi podciągającemu). Dowolne urządzenie po zakończeniu transmisji musi pozostawić magistralę w stanie wysokim. Utrzymanie przez co najmniej 480us stanu niskiego na magistrali powoduje wyzerowanie (reset) wszystkich komponentów slave dołączonych do magistrali.

2.2. Nawiązanie połączenia

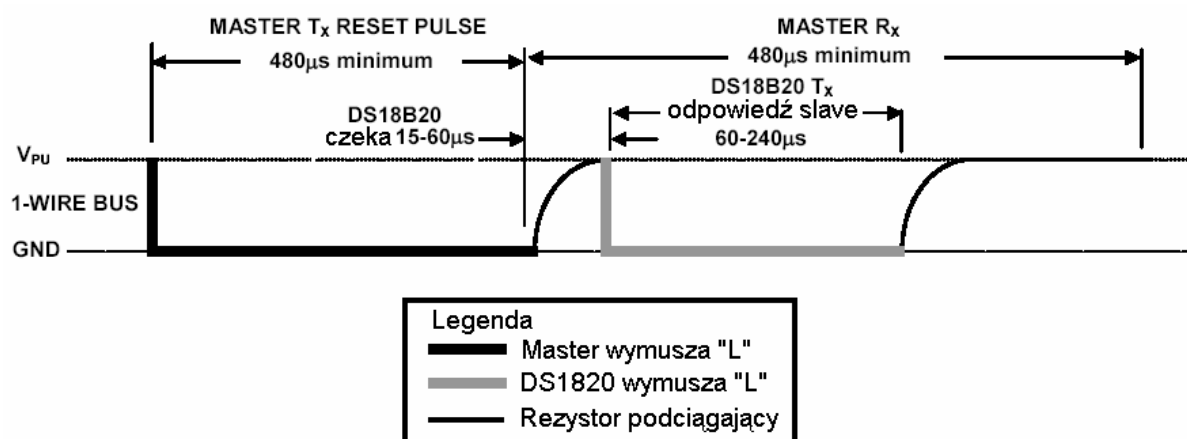
Sekwencja nawiązania połączenia z DS-1820:

- Krok 1: Inicjalizacja
- Krok 2: Komenda ROM oraz następująca konieczna wymiana danych
- Krok 3: Komenda funkcji oraz następująca konieczna wymiana danych

Odstępstwem od podanej reguły są dwie komendy: Serach ROM [0F0h] oraz Alarm Serach [0ECh]. Po wydaniu którejkolwiek z tych dwu komend, urządzenie master musi kontynuować od pozycji Krok 1.

Wszelkie rodzaje transmisji na magistrali 1-Wire rozpoczynają się zawsze od sekwencji inicjalizacji. Sekwencja ta składa się z wystawionego zera na magistrali przez master przez odpowiedni czas po którym urządzenie slave zgłasza swoją obecność także poprzez wystawienie zera w określonym czasie. Ta procedura „wykrywania” obecności jest związana z zastosowaniem magistrali 1-Wire w różnych układach w obudowach kapsułkowych. Użycie takiej kapsułki (często w postaci breloka) wiąże się z umieszczeniem jej na specjalnym polu kontaktowym czytnika. Z kolei czytnik nieustannie testuje czy nie zostało dołączone urządzenie do magistrali 1-Wire wykonując w nieskończonej pętli polecenie inicjalizacji. rozpoczyna się od dotknięcia Cała sekwencja zilustrowana jest na rysunku 1.

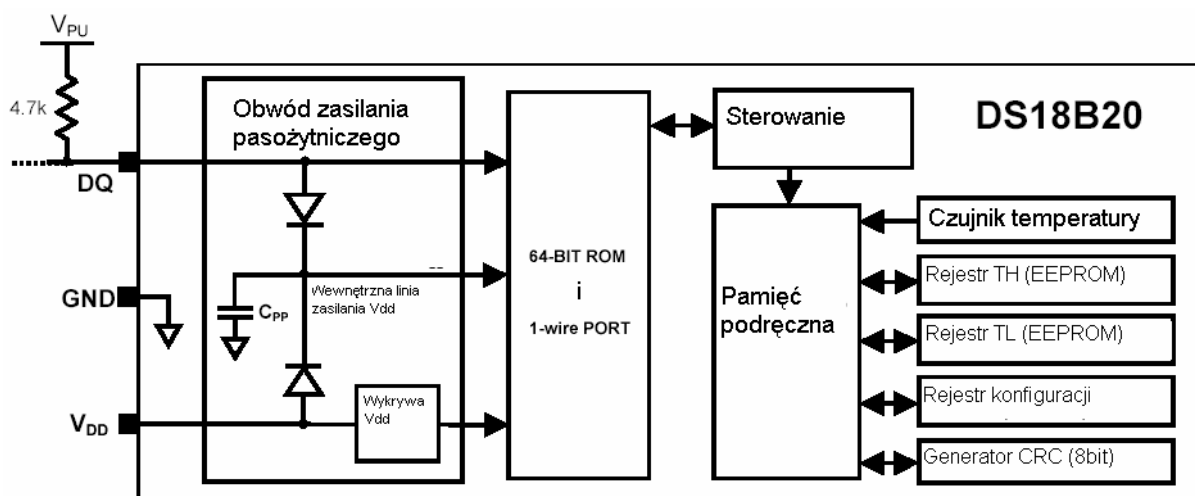
Gdy urządzenie master wykrywa w sekwencji startowej obecność dowolnego urządzenia, może następnie przesłać jedną z komend ROM.



Rys. 1. Przebieg czasowy procesu inicjalizacji układu DS1820

3. CYFROWE CZUJNIKI TEMPERATURY DS-1820

Cyfrowe sensory temperatury serii DS18B20 zapewniają pomiar temperatury z rozdzielczością ustawianą w zakresie od 9 do 12 bitów. Dodatkowo dostępna jest funkcja alarmu z dolną i górną wartością progową temperatury zapisywaną w nieulotnej pamięci EEPROM. Wbudowana pamięć EEPROM (2 bajty) może służyć także do innych celów. Termometry DS18B20 komunikują się z systemem sterującym poprzez magistralę jedнопrzewodową 1-Wire. Do poprawnej pracy wymagane jest podłączenie wyłącznie linii sygnałowej i masy (należy wówczas zewrzeć piny GND i V_{dd}). Zakres mierzonych temperatur: od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$. Deklarowana przez producenta dokładność wynosi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ w zakresie od -10°C do 85°C . Każdy czujnik DS18B20 posiada unikalny na całym świecie 64 bitowy numer seryjny. Numer ten służy do identyfikacji konkretnego czujnika gdy do magistrali jest podłączonych więcej niż jeden. Schemat blokowy czujnika jest przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat blokowy DS18B20

Pamięć ROM przechowuje 64 bitowy numer seryjny układu DS18B20. Pamięć podręczna zawiera dwa bajty wykorzystywane jako rejestr temperatury, dwa bajty alarmu górnego i dolnego i rejestr konfiguracyjny. Rejestr konfiguracyjny pozwala na ustawienie pożądanej rozdzielczości pomiaru od 9 do 12 bitów. Układ DS18B20 może pracować bez dodatkowej linii zasilania. Wówczas zasilanie jest dostarczane poprzez rezystor podciągający magistrali podczas gdy panuje na niej poziom wysoki. Podczas gdy panuje wysoki poziom na magistrali, ładowany jest wewnętrzny kondensator (C_{pp} rys. 2), który następnie zasila układ podczas gdy na magistrali występuje niski poziom logiczny. Ten rodzaj zasilania wymaga ścisłego przestrzegania zależności czasowych na magistrali, szczególnie okresowego doładowywania pojemności C_{pp} .

Domyślna rozdzielczość pomiaru temperatury po starcie układu wynosi 12 bitów (jest maksymalna). Wiąże się to także z czasem konwersji (im wyższa dokładność tym dłuższy czas konwersji). Temperatura jest wyskalowana w stopniach Celsjusza i podawana jako słowo 11 bitowe w kodzie U2 z dodatkowymi bitami znaku. Bity znaku S dodatkowo identyfikują temperaturę dodatnią ($S=0$) bądź ujemną ($S=1$). Cztery najmłodsze bity rejestru temperatury mają wagi kolejno: (od najmłodszego) $0,0625\text{ }^{\circ}\text{C}$; $0,125\text{ }^{\circ}\text{C}$; $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Konwersja temperatury jest inicjowana rozkazem Convert T [044h]. Po zakończeniu konwersji, zmierzona temperatura może być odczytana z rejestru temperatury (bajty TH i TL). Po przesłaniu wartości temperatury do pamięci podręcznej, układ DS18B20 przechodzi do stanu oczekiwania (o niskim poborze energii). Jeśli sensor jest podłączony poprzez dodatkową linię zasilania V_{dd} , to podczas konwersji temperatury wystawia na magistrali wartość „0”. To pozwala na kontrolę przez urządzenie sterujące momentu zakończenia konwersji. Gdy konwersja zostanie zakończona, sensor zwalnia magistralę i od tego momentu panuje na niej poziom wysoki. W przypadku, gdy sensor jest zasilany z linii danych, nie można kontrolować czasu konwersji w podany wcześniej sposób. Podczas całego okresu konwersji, master musi wystawić jedynekę, aby czujnik mógł być zasilany poprzez rezystor podciągający. Minimalny czas wystawienia jedynki przez master, niezbędnej do przeprowadzenia pomiaru i konwersji temperatury jest zależny od ustawionej rozdzielczości pomiaru. Format danych w rejestrze temperatury jest przedstawiony na rysunku 3. Relacja pomiędzy zmierzoną temperaturą i zawartością rejestru temperatury po konwersji przy rozdzielczości pomiaru ustawionej na 12 bitów, jest przedstawiona na rysunku 4.

	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
LSB	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
	bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
MSB	S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4

Rys. 3. Format danych w rejestrze temperatury

Temperatura	Zawartość rejestru temperatury (bin)	Zawartość rejestru temperatury (hex)
+125°C	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85°C*	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625°C	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55°C	1111 1100 1001 0000	FC90h

Rys. 4. Relacja pomiędzy zmierzoną temperaturą i zawartością rejestru temperatury po konwersji (rozdzielczość 12 bitowa)

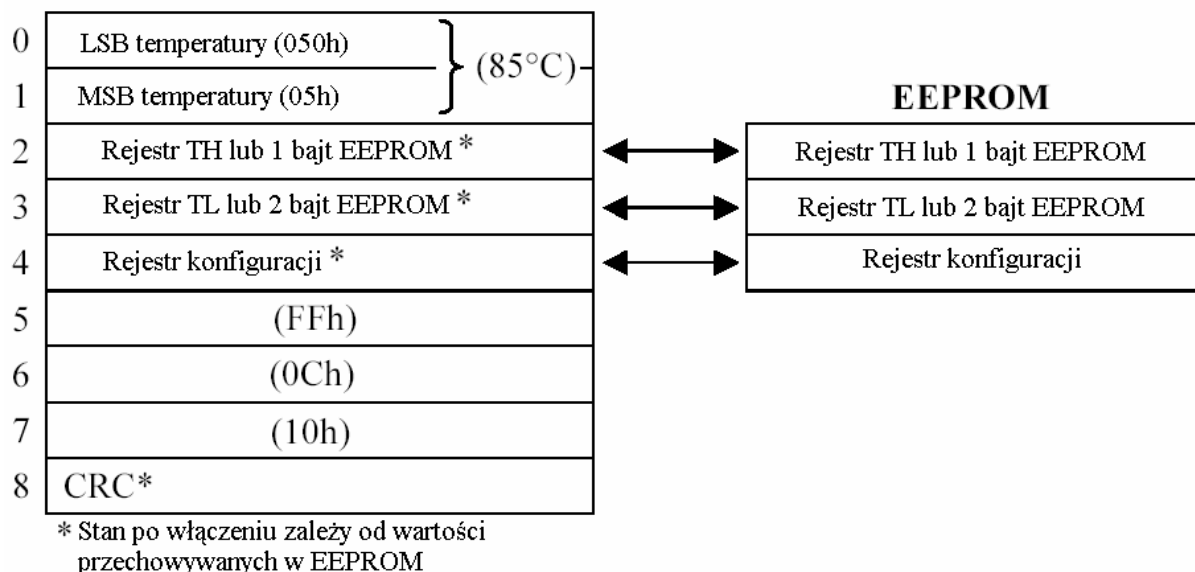
Każdy czujnik DS18B20 posiada unikalny 64 bitowy numer przechowywany w pamięci ROM. Format kodu przechowywanego w pamięci ROM jest przedstawiony na rysunku 5.

8-BIT CRC	48-BIT Numer seryjny	8-BIT Kod rodziny (028h)
MSB	LSB	MSB
	MSB	LSB

Rys. 5. Format kodu w pamięci ROM

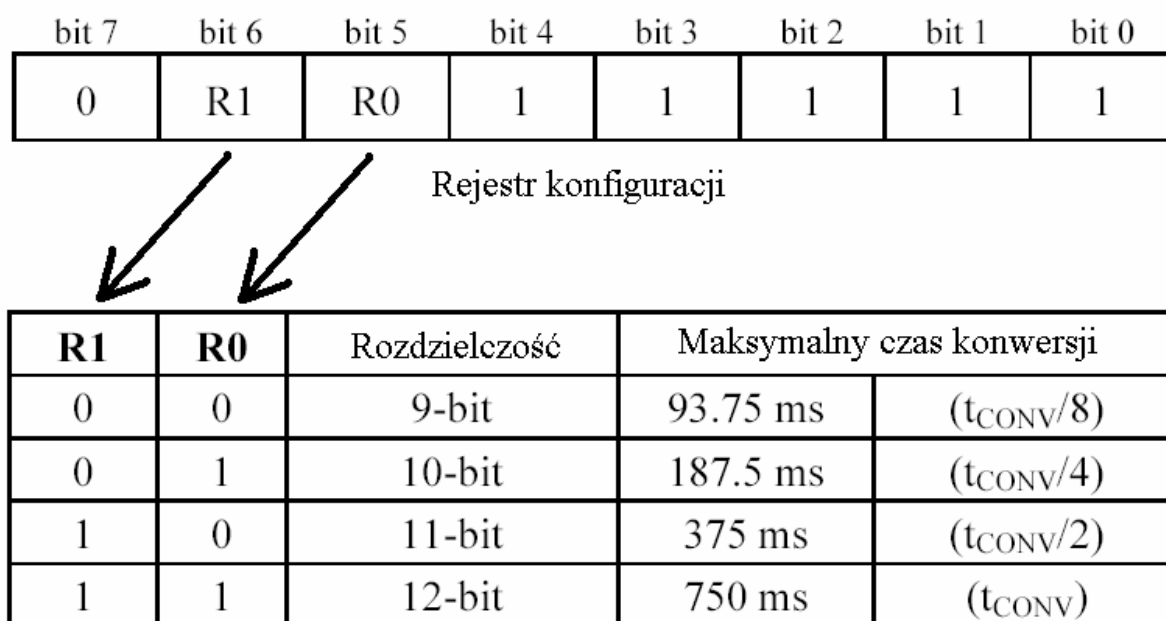
Najmniej znaczący bajt kodu zawartego w pamięci ROM zawiera numer rodziny układów. W przypadku czujnika DS18B20 jest to wartość 028h. Następne 48 bitów zawierają unikalny numer seryjny. Najbardziej znaczący bajt kodu w pamięci ROM to jest suma kontrolna CRC którą można obliczyć na podstawie pierwszych 56 bitów kodu. Pamięć RAM i EEPROM jest zorganizowana tak jak pokazano na rysunku 6.

Pamięć podręczna "Scratchpad" - stan bezpośrednio po włączeniu czujnika



Rys. 6. Organizacja pamięci RAM i EEPROM

Bajty 0 i 1 pamięci RAM zawierają LSB i MSB temperatury, jednak zaraz po starcie jest tam wartość odpowiadająca temperaturze 85°C. Te lokacje pamięci są tylko do odczytu. Bajty 2 i 3 (rys. 6) pozwalają na dostęp do rejestru alarmu (TH i TL). Bajt 4 stanowi rejestr konfiguracji. Wpisując odpowiednią wartość do tej lokacji można ustawić pożądaną rozdzielczość pomiaru z zakresu 9 - 12 bitów. Organizacja rejestru konfiguracji jest przedstawiona na rysunku 7. Na rysunku 7 podane są także maksymalne czasy konwersji które trzeba uwzględnić przy sterowaniu czujnikiem.



Rys. 7. Organizacja rejestru konfiguracji

Bajty 5, 6, i 7 są zarezerwowane wyłącznie dla wewnętrznych operacji. 8 bajt pamięci podręcznej zawiera kod CRC obliczony na podstawie bajtów 0-7. Za pomocą komendy *Write Scratchpad* [04Eh] dane można zapisać w pamięci podręcznej w lokacjach 2, 3, i 4. Pierwszy powinien być zapisany najmniej znaczący bit lokacji 2. Za pomocą komendy *Read Scratchpad* [0BEh] można odczytać zawartość pamięci podręcznej. Dane będą odczytywane kolejno począwszy od najmniej znaczącego bitu lokacji 0. Instrukcja *Copy Scratchpad* [048h] powoduje przepisanie zawartości rejestrów 2, 3, i 4 do pamięci EEPROM. Tam dane są przechowywane nawet podczas odłączenia zasilania. Podczas włączenia czujnika, dane z EEPROM automatycznie są przepisywane do odpowiadających im miejsc w pamięci podręcznej. W razie potrzeby można przeprowadzić tę operację na życzenie komendą *Recall E²* [0B8h]. Przy zasilaniu z oddzielnej linii V_{dd}, podczas operacji przepisywania pamięci EEPROM do pamięci podręcznej, układ DS18B20 utrzymuje poziom niski na magistrali (co może być wykorzystane do kontroli zakończenia tej operacji).

4. KOMENDY ROM

Przesłanie komendy ROM jest zawsze poprzedzone sekwencją inicjalizacji (impuls resetu). Urządzenie *master* może wykorzystać 5 dostępnych komend ROM w celu zaadresowania konkretnego urządzenia 1-Wire, poszukiwania urządzeń dołączonych do magistrali, pominięcia procedury adresowania (np. w celu wysłania do wszystkich termometrów polecenia konwersji temperatury) oraz poszukiwania alarmu (alarm występuje po przekroczeniu progowej temperatury w którymkolwiek czujniku, z pośród tych które mają określoną temperaturę alarmu górnego i dolnego w TH i TL). Każda z pięciu komend ROM jest 8 bitowa. Diagram ilustrujący proces adresowania jest przedstawiony na rysunku 8.

SEARCH ROM [0F0h] - komenda umożliwia wykrycie wszystkich urządzeń 1-Wire dołączonych do magistrali i stąd jest często wykorzystywana zaraz po starcie systemu. Urządzenie *master* zczytuje numery dołączonych urządzeń w procesie eliminacji co wymaga użycia komendy [0F0h] tyle razy ile to jest konieczne do identyfikacji wszystkich urządzeń dołączonych do magistrali. Jeśli do magistrali jest dołączone tylko jedno urządzenie *slave*, można użyć komendy *Read ROM* do odczytu numeru zamiast *Search ROM*.

READ ROM [033H] - Komenda umożliwia 64 bitowego numeru urządzenia dołączonego do magistrali. Tą komendę można użyć wyłącznie w przypadku, gdy dołączone jest tylko jedno urządzenie *slave*.

MATCH ROM [055H] - Po tej komendzie powinien zostać przesłany 64 bitowy numer, adresujący konkretne urządzenie 1-Wire na magistrali. Po przesłaniu 64 bitowego adresu, urządzenie *slave* o tym numerze prześle potwierdzenie gotowości do odbioru, pozostałe urządzenia wchodzą w tryb oczekiwania na sekwencję inicjalizacji.

SKIP ROM [0CCH] - Komenda umożliwia zaadresowanie wszystkich urządzeń *slave* dołączonych do magistrali (wymusza pomijanie procedury dopasowania numeru urządzenia). W przypadku czujników DS18B20, komendę tą można wykorzystać przed wysłaniem polecenia [044h] co spowoduje rozpoczęcie konwersji temperatury we wszystkich dołączonych czujnikach. Komenda Skip ROM może być wykorzystana także, gdy jest dołączone jedno urządzenie *slave* i nie ma potrzeby straty czasu na adresowanie tego urządzenia (przesłanie 64 bitów).

ALARM SEARCH [0ECh] - Ta komenda ma działanie podobne do komendy SEARCH ROM , z wyjątkiem, że odpowiadają wyłącznie urządzenia z zaistniałym alarmem temperatury górnej lub dolnej. Zaistniały alarm dotyczy ostatniego pomiaru temperatury. Po komendzie 0ECh, a przed dalszą wymianą danych powinna nastąpić sekwencja inicjalizacji.

5. KOMENDY FUNKCJI

Komendy funkcji są używane po komendzie ROM, to znaczy po zaadresowaniu konkretnego urządzenia (adresata komendy funkcji). Komendy funkcji pozwalają na zapis i odczyt pamięci podręcznej, inicjację konwersji temperatury oraz określenie sposobu zasilania urządzeń dołączonych do magistrali.

CONVERT T [044H] - Komenda powoduje rozpoczęcie konwersji temperatury. W wyniku wykonania tej instrukcji, po czasie odpowiadającym czasowi konwersji przy danej rozdzielczości, w rejestrze temperatury pojawia się zmierzona wartość. Jeśli urządzenie *slave* jest zasilane w trybie „pasożytniczym”, urządzenie sterujące powinno wystawić „1” maksymalnie 10us po komendzie 044h. Gdy jest dołączona osobna linia zasilania, podczas konwersji temperatury czujnik DS18B20 wystawia na magistrali „0”, co może służyć do kontroli czasu wykonywania konwersji (po zakończonej konwersji DS18B20 wystawia „1”).

WRITE SCRATCHPAD [0BEH] - Polecenie umożliwia zapis 3 bajtów w pamięci podręcznej. Pierwszy przesłany po tej komendzie bajt trafia do TH, drugi do TL, natomiast 3 do rejestru konfiguracji. Pierwszy powinien być przesłany najmniej znaczący bit rejestru TH. Poprawny zapis gwarantuje wyłącznie przesłanie wszystkich 3 bajtów przed sekwencją inicjalizacji.

READ SCRATCHPAD [0BEH] - Umożliwia odczyt pamięci podręcznej. Transmisja zawsze rozpoczyna się od najmniej znaczącego bitu. Można odczytać kolejno wszystkie 9 bajtów pamięci podręcznej (ostatni bajt zawiera kod CRC). Można także przerwać odczyt po dowolnym odczytanym bajcie, sekwencją inicjalizacji.

COPY SCRATCHPAD [048H] - Zapisuje TH, TL i rejestr konfiguracji w pamięci EEPROM. Jeśli urządzenie pracuje z zasilaniem z linii danych, *master* powinien wystawić „1” maksimum 10 us po wydaniu komendy 048h. Stan wysoki powinien być wówczas utrzymywany przez co najmniej 10 ms.

RECALL E² [0B8H] - Zapisanie TH, TL i rejestru konfiguracji wartościami z pamięci EEPROM. Komenda ta jest wykonywana automatycznie po podłączeniu zasilania do urządzenia. Przy zasilaniu dodatkową linią, układ DS18B20 wystawia „0” podczas trwania operacji przepisania wartości z EEPROM do pamięci podręcznej.

READ POWER SUPPLY [0B4H] - Pozwala określić, czy którekolwiek z urządzeń 1-Wire jest dołączone do magistrali w trybie zasilania z linii danych.

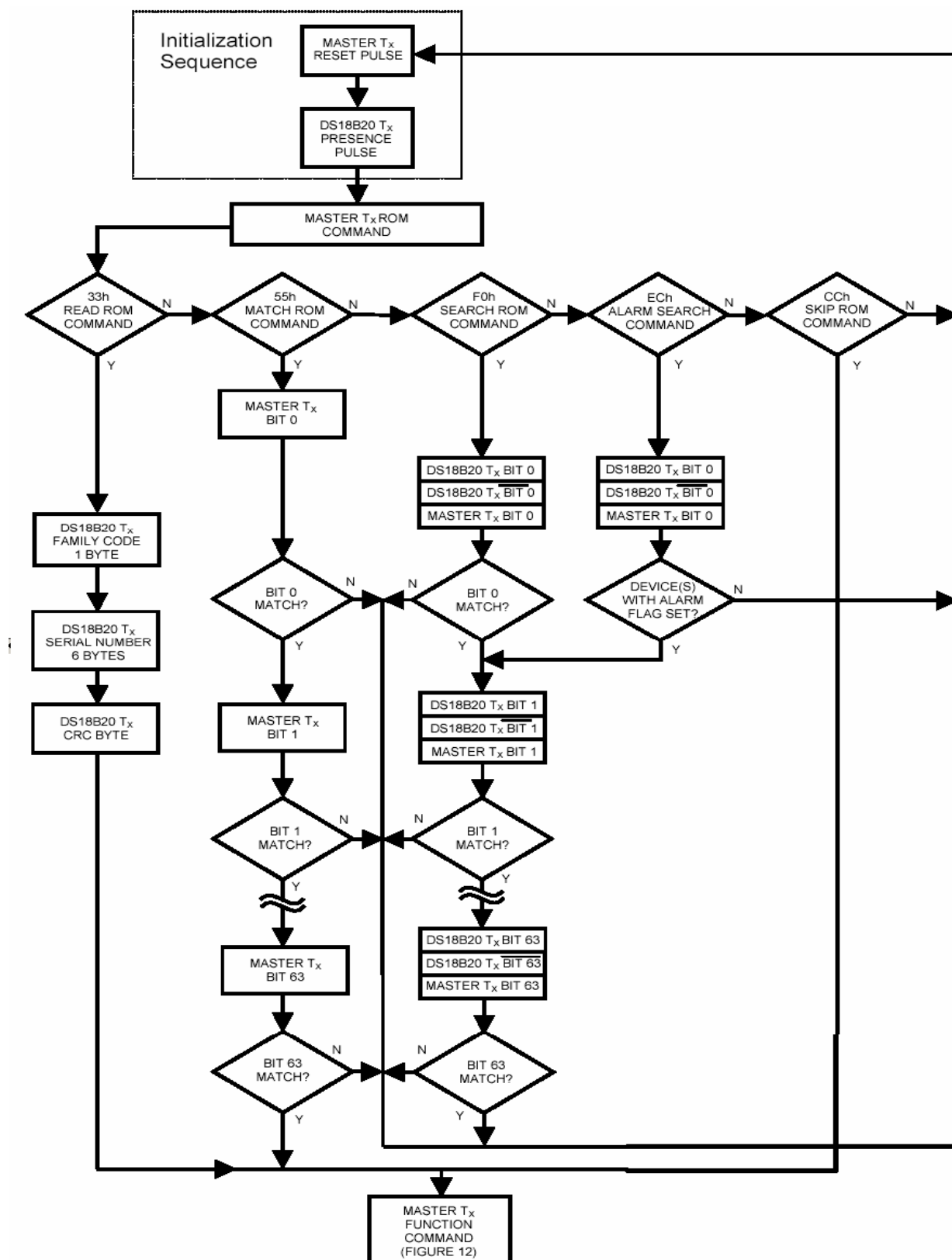
6. ZAGADNIENIA DO PRZYGOTOWANIA

Przed przystąpieniem do wykonania ćwiczenia, student powinien:

- zapoznać się z instrukcją,
- zapoznać się z dokumentacją układów serii DS1820 (dostępna na stronie www.maxim-ic.com),
- opracować rozwiązanie co najmniej dwóch z zadań podanych na końcu instrukcji.

7. WYMAGANIA BHP

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z obowiązującą w laboratorium instrukcją BHP oraz przestrzeganie zasad w niej zawartych. Konieczne jest także zapoznanie z ogólnymi zasadami pracy przy stanowisku komputerowym. Instrukcje BHP powinny być podane studentom podczas pierwszych zajęć laboratoryjnych i dostępne do wglądu w Laboratorium.



Rys. 8. Diagram ilustrujący proces adresowania DS18B20

6. SPRAWOZDANIE STUDENCKIE

Sprawozdanie z ćwiczenia powinno zawierać:

- stronę tytułową zgodnie z obowiązującym wzorem,
- cel i zakres ćwiczenia,
- opis stanowiska badawczego,
- opis przebiegu ćwiczenia z wyszczególnieniem wykonywanych czynności,
- algorytm rozwiązania danego problemu,
- schematy układów, programy w asemblerze (lub w języku wyższego poziomu) z komentarzami,
- komentarze i wnioski

Na ocenę sprawozdania będą miały wpływ następujące elementy:

- zgodność zawartości z instrukcją,
- algorytm rozwiązania problemu,
- wnioski i uwagi,
- terminowość i ogólna estetyka

Sprawozdanie powinno być wykonane i oddane na zakończenie ćwiczenia, najpóźniej na zajęciach następnych. Sprawozdania oddane później będą oceniane niżej.

7. PRZYKŁADOWE ZADANIA:

- Z1. Odczytać temperaturę pojedynczego dołączonego termometru DS18B20 z pominięciem procedury adresowania. Wartość temperatury wyświetlić na wyświetlaczu 7 segmentowym. Dodatkowe diody LED wykorzystać do sygnalizacji znaku.
- Z2. Odczytać numer pojedynczego urządzenia 1-Wire dołączonego do magistrali i wyświetlić na wyświetlaczu alfanumerycznym LCD.
- Z3. Wyświetlić na wyświetlaczu temperaturę z dwóch czujników dołączonych do magistrali. Wcześniej odczytać numer każdego czujnika osobno. Odczytane numery wpisać do programu.
- Z4. Wyświetlić na wyświetlaczu temperaturę z dwóch czujników dołączonych do magistrali po wyszukaniu ich komendą Search ROM.

- Z5. Zbadać działanie alarmu temperatury górnej i dolnej. Podłączyć dwa czujniki. W jednym z nich ustawić temperatury alarmowe i następnie po przekroczeniu progu temperatury wyszukać alarm i wyświetlić numer czujnika na którym wystąpił.
- Z6. Napisać program wyświetlający temperatury z dołączonych czujników. Po dołączeniu kolejnego czujnika w trakcie działania systemu, program powinien go wykryć i włączyć w sekwencję wyświetlanych temperatur.
- Z7. Odczytać CRC pamięci ROM oraz obliczyć w programie. Zasygnalizować poprawność odbioru.
- Z8. Odczytać CRC pamięci podręcznej i obliczyć CRC w programie. Po porównaniu zasygnalizować poprawność odczytu pamięci podręcznej.
- Z9. Odczytać i wyświetlić numery wszystkich czujników DS18B20 dołączonych do magistrali 1-Wire.
- Z10. Odczytać temperaturę wszystkich termometrów dołączonych do magistrali.

8. Literatura:

- L1. Paweł Hadam: Projektowanie systemów mikroprocesorowych, BTC, 2004r.
- L2. B. Zieliński: Układy mikroprocesorowe, przykłady rozwiązań, Gliwice, Helion, 2002r.
- L3. Specyfikacja 1-Wire - www.maxim-ic.com
- L4. Jacek Bogusz: Lokalne interfejsy szeregowy w systemach cyfrowych, BTC, 2004r.