
Wstęp	9
1. Architektura	13
1.1. Schemat blokowy	14
1.2. Pamięć programu.....	15
1.3. Cykl maszynowy	16
1.4. Licznik rozkazów	17
1.5. Stos	18
1.6. Modyfikowanie i odtwarzanie zawartości licznika rozkazów	18
1.6.1. Skok bezwzględny.....	18
1.6.2. Wywołanie podprogramu	19
1.6.3. Powrót z podprogramu i z procedury obsługi przerwania	19
1.6.4. Skok wyliczony	20
1.7. Pamięć konfiguracyjna.....	20
1.7.1. Zawartość pamięci konfiguracyjnej	20
1.7.1.1. Numer identyfikacyjny ID	22
1.7.1.2. Kod typu (sygnatura) procesora.....	22
1.7.1.3. Rejestr konfiguracyjny w procesorach PIC12F675/629.....	22
1.7.2. Wnioski.....	24
1.8. Pamięć RAM, tryby adresowania	24
1.8.1. Adresowanie bezpośrednie.....	25
1.8.2. Adresowanie pośrednie	25
1.9. Rejestry specjalne procesora (SFR).....	26
1.10. Rejestry ogólnego przeznaczenia (GPR)	29
1.10.1. Opis ważniejszych rejestrów procesora.....	29
1.10.1.1. Rejestr STATUS	29
1.10.1.2. Rejestr OPTION_REG	30
1.10.1.3. Rejestr INTCON	31
1.10.1.4. Rejestr PCON.....	32
1.11. Układ przerwania	33
1.11.1. Schemat logiczny układu przerwania	33
1.11.2. Przerwanie zewnętrzne.....	35
1.11.3. Przerwanie od zmiany sygnału na liniach I/O.....	36
1.11.4. Przerwanie od przepelnienia licznika TMR0.....	37
1.11.5. Przerwanie po zakończeniu zapisu do pamięci EEPROM.....	37
1.11.6. Przerwanie po zakończeniu konwersji A/C.....	38
1.11.7. Przerwanie po zmianie stanu komparatora.....	38
1.11.8. Struktura programu z wykorzystaniem przerwania.....	38
1.11.9. Przechowywanie zawartości rejestrów podczas obsługi przerwania	39

1.11.10.	Identyfikacja źródła przerwania.....	40
1.12.	Oscylator.....	41
1.12.1.	Tryby pracy oscylatora.....	41
1.12.2.	Standardowy generator kwarcowy – tryby LP, XT, HS.....	42
1.12.3.	Zalecane wartości pojemności C1 i C2.....	42
1.12.4.	Rozruch generatora kwarcowego.....	43
1.12.5.	Generator zewnętrzny – tryb EC.....	43
1.12.6.	Generator wewnętrzny – tryby INTRC.....	44
1.12.7.	Generator z zewnętrznymi elementami RC – tryby RC.....	46
1.12.8.	Ustawianie trybu pracy oscylatora.....	47
1.12.8.1.	Rejestr konfiguracyjny.....	47
1.13.	Układ zerowania.....	48
1.13.1.	Zerowanie po włączeniu zasilania – POR.....	50
1.13.2.	Zerowanie z linii $\overline{\text{MCLR}}$	51
1.13.3.	Zerowanie po spadku napięcia zasilania – BOR (BOD).....	52
1.13.4.	Bit'y związane z funkcją zerowania.....	53
1.13.5.	Początkowe ustawienia rejestrów po wyzerowaniu.....	54
1.13.6.	Zachowanie się oscylatora po wyzerowaniu.....	56
1.14.	Stan uśpienia mikrokontrolera.....	56
1.14.1.	Wyprowadzenie ze stanu uśpienia.....	56
1.15.	Typowe układy pracy procesora.....	58
1.16.	Zasilanie i pobór prądu.....	60
1.16.1.	Blokowanie zasilania.....	61
1.16.2.	Pobór prądu.....	61
2.	Bloki funkcjonalne.....	63
2.1.	Porty wejścia/wyjścia.....	64
2.1.1.	Rozmieszczenie i funkcje wyprowadzeń.....	64
2.1.1.1.	Nazwy i funkcje linii portu GPIO.....	65
2.1.2.	Budowa portu GPIO.....	66
2.1.3.	Rezystory podciągające.....	69
2.1.4.	Linie cyfrowe i analogowe.....	69
2.1.5.	Wykrywanie zmian stanu linii.....	71
2.1.6.	Konfigurowanie linii GPIO.....	71
2.1.6.1.	Dołączanie rezystorów podciągających.....	72
2.1.7.	Budowa portu C w procesorach PIC16F676/630.....	73
2.1.8.	Konfigurowanie portu C w procesorach PIC16F676/630.....	74
2.1.9.	Tabelaryczne zestawienie funkcji linii dla procesorów PIC16F676/630.....	75
2.2.	Liczniki.....	76
2.2.1.	Licznik 0.....	77

2.2.1.1.	Preskaler dla licznika 0	79
2.2.1.2.	Konfigurowanie licznika 0	79
2.2.2.	Licznik WDT	81
2.2.2.1.	Konfigurowanie licznika WDT	81
2.2.2.2.	Zmiana przypisania preskalera	82
2.2.3.	Licznik 1	83
2.2.3.1.	Praca licznika 1 w stanie uśpienia	85
2.2.3.2.	Konfigurowanie licznika 1 i odmierzanie czasu	86
2.2.3.3.	Zliczanie impulsów przez licznik 1	89
2.3.	Nieulotna pamięć danych – EEPROM	93
2.3.1.	Obsługa pamięci EEPROM	94
2.3.1.1.	Flaga przerwania związanego z pamięcią EEPROM	95
2.3.2.	Odczyt z pamięci EEPROM	95
2.3.3.	Zapis do pamięci EEPROM	96
2.3.4.	Zabezpieczenie przed odczytem	97
2.3.5.	Wytrzymałość na programowanie	97
2.4.	Komparator analogowy	97
2.4.1.	Konfigurowanie komparatora	100
2.5.	Programowany układ napięcia odniesienia	103
2.6.	Przetwornik A/C	106
2.6.1.	Konfigurowanie przetwornika A/C	108
2.6.2.	Przetwornik A/C w procesorze PIC16F676	109
2.6.3.	Źródło napięcia odniesienia	111
2.6.4.	Justowanie wyniku	111
2.6.5.	Wybór czasu konwersji przetwornika T_{AD}	111
2.6.6.	Konfigurowanie linii	112
2.6.7.	Opis działania przetwornika A/C	112
2.6.7.1.	Obliczanie minimalnego czasu akwizycji T_{ACQ}	114
2.6.7.2.	Obwód wejściowy przetwornika A/C	114
2.6.7.3.	Całkowity czas konwersji	115
2.6.7.4.	Konwersja A/C w trybie obniżonego poboru mocy	116
2.6.7.5.	Uśrednianie wyników pomiarów	118
3.	Instrukcje	121
3.1.	Format instrukcji	122
3.1.1.	Instrukcje bajtowe	122
3.1.2.	Instrukcje bitowe	122
3.1.3.	Instrukcje z 8-bitową stałą	123
3.1.4.	Instrukcje sterujące	123

3.2.	Lista instrukcji.....	124
3.3.	Charakterystyka instrukcji i przykłady ich użycia	124
3.3.1.	Wyjątki i ograniczenia.....	131
3.4.	Opis instrukcji	131
3.4.1.	Instrukcje bajtowe	131
3.4.2.	Instrukcje bitowe	135
3.4.3.	Instrukcje ze stałą.....	136
3.4.4.	Instrukcje sterujące.....	137
4.	Oprogramowanie narzędziowe	139
4.1.	Pakiet oprogramowania MPLAB.....	140
4.2.	Asembler.....	159
4.2.1.	Opcje kompilatora	159
4.2.2.	Formaty liczb i znaków ASCII.....	161
4.2.3.	Operatory arytmetyczne i logiczne	161
4.2.4.	Format pliku źródłowego	161
4.2.5.	Ważniejsze polecenia asemblera MPASM.....	162
4.3.	Emulator ICD 2 dla procesorów PIC12F675/PIC16F676.....	165
5.	Programowanie procesorów	167
5.1.	Programator JuPIC	168
5.1.1.	Opis układu programatora.....	168
5.1.1.1.	Klucz napięciowy	170
5.1.1.2.	Funkcja programowania zewnętrznego i ICSP.....	170
5.1.1.3.	Przystosowanie do programowania w układzie.....	171
5.1.1.4.	Możliwości programatora.....	172
5.1.1.5.	Montaż i uruchomienie	172
5.1.1.6.	Konfigurowanie programatora	173
5.1.1.7.	Uruchamianie programatora.....	175
5.2.	Programator ICSP dla mikrokontrolerów PIC.....	177
6.	Uruchamianie aplikacji	179
6.1.	Zestaw uruchomieniowy dla procesorów PIC12F629/675 (ZL3PIC).....	180
6.2.	Podstawowe procedury uruchomieniowe	181
6.2.1.	Konfigurowanie procesora	181
6.2.2.	Odmierzanie czasu i opóźnienia	187
6.2.3.	Kolejność działań	191
6.2.4.	Zerowanie rejestrów w pamięci RAM.....	192
6.2.5.	Skok wyliczany	193

7.	Przykładowe zadania projektowe	195
7.1.	Sterowanie diodami świecącymi.....	196
7.2.	Zmiana częstotliwości generatora taktującego.....	198
7.3.	Testowanie stanu linii wejściowej.....	199
7.4.	Pomiar rezystancji.....	200
7.5.	Dołączanie klawiszy do linii wejściowych procesora PIC12F675.....	202
7.6.	Dołączenie klawiszy z budzeniem procesora.....	205
7.7.	Przetwornik delta-sigma.....	208
7.8.	Zastosowania wyjścia CLKOUT w powielaczu napięcia.....	211
7.9.	Pomiar rezystancji w obwodzie dzielnika rezystorowego.....	212
7.10.	Interfejsy szeregowo.....	213
7.10.1.	Interfejs RS232.....	214
7.10.1.1.	Opis linii i standard łączówek.....	214
7.10.1.2.	Połączenie komputera z mikroprocesorem.....	214
7.10.1.3.	Translator poziomów.....	214
7.10.1.4.	Ramka danych w interfejsie RS232C.....	216
7.10.1.5.	Konfigurowanie linii procesora.....	217
7.10.1.6.	Procedura odbioru.....	219
7.10.1.7.	Zasilanie z interfejsu RS232.....	222
7.10.2.	Interfejs I ² C.....	223
7.10.2.1.	Format danych.....	224
7.10.2.2.	Używane rejestry i konfigurowanie procesora.....	225
7.10.2.3.	Procedury obsługi interfejsu I ² C.....	227
7.10.3.	Programowa obsługa magistrali 1-Wire.....	232
7.10.3.1.	Konfiguracja sprzętowa.....	234
7.11.	Czterokanałowy woltomierz-rejestrator.....	243
7.12.	Trzykanałowy rejestrator temperatury.....	244
7.13.	Odczyt przyspieszenia z akcelerometru z wyjściami PWM.....	246
7.14.	Obsługa wyświetlacza graficznego.....	250
7.15.	Ultradźwiękowy miernik odległości.....	256
7.15.1.	Zasada działania.....	256
7.15.2.	Budowa miernika.....	256
7.15.2.1.	Nadajnik.....	257
7.15.2.2.	Odbiornik.....	258
7.15.2.3.	Wyświetlacz.....	258
7.15.2.4.	Układ zasilania.....	258
7.15.3.	Program sterujący.....	258
7.15.3.1.	Inicjalizacja mikrokontrolera.....	259
7.15.3.2.	Pomiar odległości.....	259

7.15.3.3. Konwersja wyniku.....	260
7.15.3.4. Wyświetlanie wyniku	261
7.16. Przykłady programów w języku C	262
7.16.1. Kilka informacji wstępnych	262
7.16.2. Program „zapal diodę”	262
7.16.3. Zastosowanie funkcji.....	263
7.16.4. Opóźnienia czasowe	263
7.16.5. Programowa obsługa interfejsu szeregowego RS232.....	264
7.16.6. Programowa obsługa magistrali I ² C	264
7.16.7. Programowa obsługa wyświetlacza graficznego typu LPH7583	265
Dodatki	269
Dodatek A. Nowe procesory w obudowach z 6, 8 i 14 wyprowadzeniami i pamięcią Flash.....	270
Dodatek B. Nazwy symboliczne stosowane w assemblerze mikrokontrolerów PIC	278
Dodatek C. Tablica kodów ASCII.....	282
Skorowidz	284