

## Spis treści

### Część 1. Informacje podstawowe

Wstęp .....	8
1. Trochę historii .....	9
2. Charakterystyka mikrokontrolerów AVR .....	11
3. Rodzina AVR - podstawy .....	13
3.1. Funkcje wyprowadzeń .....	16

### Część 2. Budowa i działanie mikrokontrolerów AVR

4. Architektura mikrokontrolerów AVR .....	20
4.1. Generator taktujący .....	23
4.2. Rejestry ogólnego przeznaczenia .....	24
4.3. Jednostka arytmetyczno-logiczna (ALU) .....	26
4.4. Pamięć programu .....	26
4.5. Nieulotna pamięć danych EEPROM .....	26
4.6. Pamięć danych SRAM .....	27
4.7. Tryby adresowania pamięci danych i pamięci programu .....	28
4.7.1. Tryb bezpośredniego adresowania rejestrów wykorzystujący pojedynczy rejestr .....	28
4.7.2. Tryb bezpośredniego adresowania rejestrów wykorzystujący dwa rejestry .....	29
4.7.3. Tryb bezpośredniego adresowania obszaru wejścia/wyjścia .....	30
4.7.4. Tryb bezpośredniego adresowania pamięci danych .....	30
4.7.5. Tryb pośredniego adresowania danych z przemieszczeniem .....	31
4.7.6. Tryb adresowania pośredniego .....	32
4.7.7. Tryb adresowania pośredniego danych z predekrementacją .....	32
4.7.8. Tryb adresowania pośredniego danych z postinkrementacją .....	33
4.7.9. Tryb adresowania stałych z użyciem rozkazu LPM .....	34
4.7.10. Tryb adresowania pośredniego pamięci programu (IJMP, ICALL) .....	34
4.7.11. Tryb adresowania względnego pamięci programu (RJMP i RCALL) .....	35
4.8. Przebiegi czasowe podczas dostępu do pamięci i wykonywania rozkazów .....	36
4.9. Przestrzeń we/wy .....	38
4.9.1. Funkcje bitów w rejestrach funkcyjnych .....	40
4.10. Zerowanie i wektory przerwań .....	42
4.10.1. Źródła sygnału zerującego .....	44
4.10.2. Uchwyty przerwań .....	47
4.10.3. Przerwania zewnętrzne .....	53
4.10.4. Czas odpowiedzi na zgłoszenie przerwania .....	54

4.11. Tryby oszczędzania energii .....	56
4.11.1. Tryb <i>Idle</i> .....	57
4.11.2. Tryb <i>Power-Down</i> .....	57
<b>5. Timery/liczniki .....</b>	<b>59</b>
5.1. 8-bitowy Timer/Licznik0 .....	60
5.2. 16-bitowy Timer/Licznik1 .....	62
5.3. Timer/Licznik1 w trybie PWM .....	71
<b>6. Watchdog .....</b>	<b>75</b>
<b>7. Pamięć danych EEPROM .....</b>	<b>79</b>
7.1. Zapis i odczyt pamięci .....	79
7.2. Zapewnienie prawidłowych warunków pracy pamięci EEPROM .....	84
<b>8. Układ transmisji szeregowej (UART) .....</b>	<b>85</b>
8.1. Budowa i działanie nadajnika UART .....	86
8.2. Budowa i działanie odbiornika UART .....	87
8.3. Sterowanie transmisją .....	90
8.4. Generator podstawy czasu transmisji ( <i>Baud Rate Generator</i> ) .....	93
<b>9. Komparator analogowy .....</b>	<b>96</b>
<b>10. Porty wejścia-wyjścia (I/O) .....</b>	<b>99</b>
10.1. Budowa portu B .....	99
10.1.1. Port B jako cyfrowy port we/wy ogólnego przeznaczenia ....	101
10.1.2. Funkcje alternatywne portu B .....	102
10.1.3. Budowa linii portu B .....	103
10.2. Budowa portu D .....	106
10.2.1. Port D jako cyfrowy port we/wy ogólnego przeznaczenia ....	108
10.2.2. Funkcje alternatywne portu D .....	108
10.2.3. Budowa linii portu D .....	110
<b>11. Pamięci nieulotne w mikrokontrolerach AVR .....</b>	<b>113</b>
11.1. Bity zabezpieczające pamięć programu i danych .....	114
11.2. Bity konfiguracyjne .....	115
11.3. Sygnatury .....	116
11.4. Programowanie pamięci Flash i EEPROM .....	116
11.4.1. Programowanie równoległe .....	116
11.4.2. Programowanie szeregowe .....	123
<b>Część 3. Lista rozkazów</b>	
<b>12. Zestawienie rozkazów mikrokontrolera AT90S2313 .....</b>	<b>128</b>
12.1. Opis działania rozkazów .....	136
<b>Część 4. Narzędzia i projekty przykładowe</b>	
<b>13. Narzędzia projektowe .....</b>	<b>278</b>
13.1. AVR Assembler for Windows .....	279
13.2. Kompilator języka C - AVR-GCC wersja 3.2 .....	283
13.2.1. Instalacja kompilatora .....	284

---

13.3. AVR Studio wersja 3.56 .....	284
13.3.1. Przygotowanie programów pisanych w asemblerze do symulacji w AVR Studio 3.56 .....	285
13.3.2. Integracja programu AVR Studio 3.56 z kompilatorem AVR-GCC .....	287
13.3.3. Symulacja programów w AVR Studio V. 3.56 .....	290
13.4. Symulator Visual Micro Lab 3.56 .....	295
13.5. Programowanie pamięci programu w systemie (ISP) .....	300
13.5.1. Programator ZL2PRG .....	300
<b>14. Przykładowe aplikacje .....</b>	<b>303</b>
14.1. Zestaw uruchomieniowy ZL1AVR .....	304
14.1.1. Zasilanie zestawu .....	307
14.1.2. Taktowanie i zerowanie mikrokontrolera .....	307
14.1.3. Wykorzystywanie portów mikrokontrolera .....	308
14.1.4. Klawiatura .....	309
14.1.5. Interfejs RS232 .....	310
14.1.6. Diody LED .....	310
14.1.7. Wyświetlacz alfanumeryczny LCD .....	311
14.1.8. Interfejsy I <sup>2</sup> C i 1-Wire .....	311
14.1.9. Przetwornik analogowo-cyfrowy .....	312
14.1.10. Programowanie mikrokontrolera w systemie (ISP) .....	315
14.2. Ćwiczenia praktyczne .....	317
14.2.1. Ćwiczenie 1 .....	317
<i>Sterowanie portami mikrokontrolera w trybie wyjściowym - efekt węża świetlnego i biegnącego punktu na linijce diod LED</i>	
14.2.2. Ćwiczenie 2 .....	320
<i>Wykorzystanie timera do odmierzenia czasu w trybie odpytywania (generator przebiegu prostokątnego o częstotliwości 1 kHz)</i>	
14.2.3. Ćwiczenie 3 .....	323
<i>Sterowanie portami mikrokontrolera w trybie wejściowym, wykorzystanie timera do odmierzenia czasu z wykorzystaniem przerw - obsługa przycisków dołączonych do portów mikrokontrolera</i>	
14.2.4. Ćwiczenie 4 .....	328
<i>„Hello World!”, czyli sterowanie wyświetlaczem alfanumerycznym LCD 16×2 i 16×1. Obsługa pojedynczego przycisku</i>	
14.2.5. Ćwiczenie 5 .....	343
<i>„Łapanie muchy”, czyli obsługa klawiatury matrycowej z wykorzystaniem przerw timera, obsługa wyświetlacza alfanumerycznego LCD 16×2</i>	
14.2.6. Ćwiczenie 6 .....	351
<i>6-bitowy, binarny wskaźnik napięcia. Zastosowanie komparatora analogowego do budowy przetwornika analogowo-cyfrowego. Wyzwalanie funkcji przechwytywania Timer1 za pomocą komparatora. Przerwanie od przechwytywania Timer1. Obsługa wewnętrznej pamięci EEPROM</i>	

14.2.7.	Ćwiczenie 7 .....	357
	<i>Regulacja obrotów silnika DC. Wykorzystanie Timer1 jako modulatora PWM. Obsługa pojedynczych klawiszy</i>	
14.2.8.	Ćwiczenie 8 .....	363
	<i>Sterowanie obrotami silnika DC z komputera PC. Wykorzystanie Timer1 jako modulatora PWM. Wykorzystanie UART-a mikrokontrolera do prowadzenia transmisji szeregowej pomiędzy płytką ZL1AVR a komputerem PC</i>	
14.2.9.	Ćwiczenie 9 .....	374
	<i>Obsługa interfejsu 1-Wire. Odczyt pastylki identyfikacyjnej Dallas - DS1990A. Obsługa wyświetlacza LCD 16×2</i>	
14.2.10.	Ćwiczenie 10 .....	388
	<i>Obsługa interfejsu I<sup>2</sup>C. Obsługa przerwania zewnętrznego. Wykorzystanie układu PCF8583 (RTC - Real Time Clock) do budowy zegara 24-godzinnego. Obsługa wyświetlacza LCD 16×2</i>	
14.2.11.	Ćwiczenie 11 .....	408
	<i>Podłączenie mikrokontrolera AVR do komputera PC przez port USB. Obsługa nadajnika i odbiornika UART z wykorzystaniem systemu przerwań. Obsługa wyświetlacza LCD 16×2</i>	

## Dodatki

Dodatek A.	Podstawowe parametry mikrokontrolerów z rodziny AVR .....	420
Dodatek B.	Zestawienie rejestrów mikrokontrolera AT90S2313 .....	422
Dodatek C.	Wybrane charakterystyki elektryczne i czasowe mikrokontrolera AT90S2313 .....	424
Dodatek D		
	D.1. Dopuszczalne parametry elektryczne mikrokontrolera AT90S2313 .....	428
	D.2. Parametry czasowe zewnętrznego sygnału zegarowego .....	430
Dodatek E.	Wyprowadzenia typowych wyświetlaczy LCD i VFD z interfejsem równoległym .....	431
Dodatek F.	Instalacja sterowników dla układu FT8U232BM w systemie operacyjnym Windows .....	432
Dodatek G		
	G.1. Płytką drukowaną zestawu ZL1AVR .....	439
	G.2. Płytką drukowaną programatora ZL2PRG .....	442
Dodatek H.	Wybrane adresy internetowe związane z mikrokontrolerami AVR .....	443
Dodatek I		
	I.1. Tablica kodów ASCII .....	445
	I.2. Znaki zawarte w generatorze znaków sterownika HD44870 .....	447
<b>Skorowidz</b> .....		<b>449</b>