

WYDAWNICTWO

ATNEL

MIKROKONTROLERY AVR
JĘZYK C –
PODSTAWY PROGRAMOWANIA

Mirosław Kardaś

Szczecin 2013

Mojej Żonie – Kasi

Książka przeznaczona jest dla elektroników i hobbystów, którzy chcą szybko, opierając się na interesujących przykładach, poznać język C przeznaczony dla mikrokontrolerów AVR i nauczyć się pisać dla nich programy. Jest to język wysokiego poziomu o nieograniczonych możliwościach, pozwala również łatwo i wygodnie dokonywać połączeń z językiem maszynowym assembler. W sposób przystępny opisana została także architektura oraz możliwości samych mikrokontrolerów AVR wchodzących w skład dwóch rodzin: ATmega i ATtiny.

Prezentowany materiał podzielony jest na trzy części: zagadnienia związane z budową mikrokontrolerów, wykład na temat podstaw samego języka, ćwiczenia z kodami źródłowymi, komentarzami i opisami.

Opracowanie graficzne: Mirosław Kardaś

Projekt okładki: Karolina Kardaś

Korekta wydania II: Krystyna Pawlikowska



Wydawnictwo Atmel
70-777 Szczecin
ul. Jasna 15/33
tel. 91 463 56 83
fax 91 882 10 99
e-mail: biuro@atmel.pl
www.atmel.pl

Wydanie II poprawione i uzupełnione

ISBN 978-83-931797-2-5

© Copyright by Wydawnictwo Atmel
Szczecin 2013

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli. Autor oraz wydawnictwo Atmel dołożyli wszelkich starań, by publikowane tu informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz wydawnictwo Atmel nie ponoszą także żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce. Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentów niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii całości lub fragmentów książki bądź dołączonej płyty DVD metodą kserograficzną lub fotograficzną, a także kopiowanie książki lub płyty DVD na nośnikach filmowych, magnetycznych, elektronicznych lub na nieautoryzowanych stronach internetowych powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Spis treści

Przedmowa	7
Wstęp	8
1. Zaczynamy	9
1.1. Pierwszy, „pusty” program w C	9
1.2. Od programu do procesora	11
1.2.1. Kompilacja	11
1.2.2. Środowisko	13
1.2.3. Programator sprzętowy	14
1.2.4. Programowanie procesora	15
1.2.5. Platforma sprzętowa	17
2. Procesory AVR	19
2.1. Informacje ogólne	19
2.2. Programowanie ISP	22
2.3. Sposoby taktowania procesorów	24
2.3.1. Wewnętrzny oscylator	25
2.3.2. Zewnętrzny rezonator kwarcowy	26
2.3.3. Zewnętrzny oscylator RC	26
2.3.4. Zewnętrzny generator	27
2.4. Zagadnienia związane z zasilaniem	27
2.5. Układ resetu mikrokontrolera AVR	29
2.6. Wewnętrzne moduły procesorów AVR	29
2.6.1. Pamięć FLASH, RAM, EEPROM	30
2.6.2. Przerwania	34
2.6.3. Timery sprzętowe	37
2.6.3.1. Podstawowe tryby pracy timerów	39
2.6.3.1.1. Tryb zwykłego licznika	39
2.6.3.1.2. Tryb CTC	41
2.6.3.1.3. Tryb PWM	43
2.6.4. Przetwornik ADC	46
2.6.5. Moduł komparatora analogowego	48
2.6.6. Moduł UART/USART (czyli RS232)	49
2.6.7. Moduł SPI	50
2.6.8. Moduł TWI (czyli I2C)	51
2.6.9. Watchdog	52
2.6.10. Tryby oszczędzania energii	52
2.6.11. FUSE BITS (ustawienia konfiguracji AVR)	53
2.6.12. LOCK BITS (zabezpieczenia AVR)	54
2.6.13. Bootloader – niesamowite możliwości	55

3.	Podstawy języka C	57
3.1.	Zagadnienia ogólne	57
3.1.1.	Komentarze	57
3.1.2.	Definicja a deklaracja	58
3.1.3.	Wyrażenia logiczne (warunki)	59
3.2.	Najważniejsze instrukcje	60
3.2.1.	Instrukcja warunkowa if, else	60
3.2.2.	Pętla while	63
3.2.3.	Pętla do... while	64
3.2.4.	Pętla for	64
3.2.5.	Instrukcja break	66
3.2.6.	Instrukcja switch	67
3.2.7.	Instrukcja continue	69
3.2.8.	Nawiasy klamrowe	70
3.2.9.	Instrukcja goto	71
3.3.	Typy	71
3.3.1.	Systematyka typów języka C	73
3.3.1.1.	Typy złożone	76
3.3.1.2.	Zakres widoczności zmiennych	77
3.3.1.3.	Typ void	79
3.3.1.4.	Specyfikator const	80
3.3.1.5.	Specyfikator volatile	81
3.3.1.6.	Specyfikator register	82
3.3.1.7.	Instrukcja typedef	82
3.3.1.8.	Typy wyliczeniowe enum	84
3.3.2.	Stałe w języku C	87
3.3.2.1.	Stałe jako liczby całkowite	87
3.3.2.2.	Stałe jako liczby zmiennoprzecinkowe	88
3.3.2.3.	Stałe znakowe	88
3.3.2.4.	Stałe tekstowe, stringi	90
3.4.	Operatory	91
3.4.1.	Arytmetyczne	91
3.4.1.1.	Modulo, czyli %	91
3.4.1.2.	Inkrementacja i dekrementacja ++ --	93
3.4.1.3.	Operator przypisania =	94
3.4.2.	Operatory logiczne	95
3.4.2.1.	Operatory relacji	95
3.4.2.2.	Suma oraz iloczyn && logiczny	96
3.4.2.3.	Negacja – wykrzyknik !	97
3.4.2.4.	Operatory bitowe	97
3.4.3.	Pozostałe operatory przypisania	104
3.4.4.	Operator pobierania adresu &	105
3.4.5.	Wyrażenie warunkowe ? :	105
3.4.6.	Operator sizeof()	106
3.4.7.	Priorytety operatorów	107

3.4.8.	Operatory rzutowania	108
3.5.	Funkcje***	109
3.5.1.	Wynik działania funkcji – jak to działa?	113
3.5.2.	Stos – ujarzmiwanie „potwora”	115
3.5.3.	Przekazywanie argumentów przez wartość	116
3.5.4.	Funkcje typu inline	119
3.5.5.	Zakresy widoczności nazw	125
3.5.5.1.	Zakres globalny	125
3.5.5.2.	Zakres lokalny i zmienne automatyczne	126
3.5.5.3.	Zmienne i funkcje statyczne	127
3.5.6.	Funkcje w różnych plikach projektu	129
3.6.	Preprocesor	135
3.6.1.	Dyrektywa #define	136
3.6.2.	Makrodefinicje	138
3.6.3.	Dyrektywa #undef	139
3.6.4.	Operator ## – sklejanie nazw	139
3.6.5.	Operator zamiany na string #	140
3.6.6.	Dyrektywy kompilacji warunkowej	141
3.6.7.	Dyrektywy #ifdef oraz #ifndef	143
3.6.8.	Dyrektywy #error i pozostałe	144
3.6.9.	Dyrektywa #include	144
3.7.	Tablice	145
3.7.1.	Tablice wielowymiarowe	149
3.7.2.	Tablica jako argument funkcji	149
3.7.3.	Tablice znakowe	151
3.8.	Wskaźniki	156
3.9.	Struktury, unie, pola bitowe	168
3.9.1.	Struktury	168
3.9.2.	Unie	171
3.9.3.	Połączenie struktury z unią	173
3.9.4.	Pola bitowe	175
4.	Warsztaty – zajęcia praktyczne	177
4.1.	Piny, porty – ustawienie kierunków	177
4.2.	Przygotowanie procesora do pracy	182
4.3.	Migocząca dioda LED	184
4.4.	Obsługa klawiszy typu micro-switch	187
4.5.	Multipleksowanie LED – przerwania	192
4.6.	Wyświetlacz LCD (hd44780)	213
4.7.	Sterowanie PWM (kolorowa dioda RGB)	236
4.8.	Pomiar napięcia za pomocą ADC	250
4.8.1.	Klawiatura analogowa	261
4.8.2.	Różnicowy pomiar napięcia – amperomierz	262
4.9.	Komunikacja RS232/ RS485	274
4.9.1.	Inicjalizacja, kalibracja	275



4.9.2.	UART, przerwania, bufor cykliczny	284
4.10.	Odczyt – zapis magistrali I2C (RTC, EEPROM)	296
4.10.1.	RTC – sprzętowa obsługa I2C	297
4.10.2.	Programowa implementacja I2C	305
4.10.3.	EEPROM – I2C	309
4.11.	Moduł SPI	311
4.11.1.	Sprzętowa obsługa SPI	312
4.11.2.	Programowa obsługa SPI	318
4.12.	Magistrala 1Wire	320
4.13.	Odbiór kodów RC5 w podczerwieni	329
4.14.	Sterowanie silnikami DC	340
4.15.	Silnik krokowy unipolarny	345
4.16.	Silnik krokowy bipolarny	352
4.17.	Odczyt/zapis kart pamięci SD (FAT)	357
4.17.1.	FatFS	359
4.17.2.	PetitFS	376
5.	Fusebity – MkAvrCalculator	386
5.1.	Fusebity, Lockbity	386
5.2.	MkAvrCalculator	391
6.	Bootloader	400
7.	Projekty	403
7.1.	Pilot na podczerwień	403
7.2.	Moduł Bluetooth (BTM-112/222)	411
7.3.	Ściemniacz – płynna regulacja mocy 230 V	418
7.4.	Wstęp do systemów czasu rzeczywistego	431
7.5.	Obsługa stosu AVR – TCP/IP	455
7.5.1.	Karta sieciowa Ethernet – ENC28J60	458
7.5.2.	Serwer HTTP	461
7.5.3.	Sterownik urządzeń – protokół UDP	470
7.6.	Programator USBASP	497
8.	Środowisko Eclipse	499
Aneks 1.	Nowe zasady w Atmel Toolchain	508
Aneks 2.	Jeszcze kilka porad	511