

# Spis treści

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>Słowo wstępne</b>                     | <b>9</b>  |
| <b>1 Wprowadzenie</b>                    | <b>13</b> |
| 1.1 Czym są mikrokontrolery AVR?         | 13        |
| 1.2 Jak to wszystko działa?              | 14        |
| 1.3 Bezpieczeństwo                       | 16        |
| 1.4 Często zadawane pytania              | 22        |
| <b>2 Podstawy elektroniki</b>            | <b>26</b> |
| 2.1 Prawo Ohma                           | 26        |
| 2.2 Pierwsze prawo Kirchhoffa            | 27        |
| 2.3 Moc                                  | 28        |
| 2.4 Elementy elektroniczne               | 30        |
| 2.4.1 Rezystory                          | 30        |
| 2.4.2 Potencjometry                      | 38        |
| 2.4.3 Elementy indukcyjne                | 39        |
| 2.4.4 Kondensatory                       | 43        |
| 2.4.5 Diody                              | 57        |
| 2.4.6 Diody świecące (LED)               | 61        |
| 2.4.7 Tranzystory                        | 64        |
| 2.4.8 Układy scalone                     | 69        |
| 2.4.9 Przekazniki                        | 74        |
| 2.4.10 Termistory                        | 77        |
| 2.4.11 Silniki krokowe                   | 80        |
| 2.4.12 Przełączniki                      | 88        |
| 2.4.13 Prototypowe płytki uniwersalne    | 91        |
| 2.4.14 Prototypowe płytki stykowe        | 92        |
| 2.4.15 Obudowy elementów elektronicznych | 94        |
| 2.5 Jak czytać schematy elektroniczne    | 96        |
| 2.6 Jak czytać noty katalogowe           | 100       |
| 2.7 Dobór elementów elektronicznych      | 102       |
| 2.8 Lutowanie i rozlutowywanie           | 108       |
| 2.9 Podstawowe pomiary multimetrem       | 117       |
| 2.9.1 Zakres pomiarowy                   | 118       |

|          |                                                     |            |
|----------|-----------------------------------------------------|------------|
| 2.9.2    | Podłączenie przewodów . . . . .                     | 119        |
| 2.9.3    | Napięcie . . . . .                                  | 121        |
| 2.9.4    | Natężenie . . . . .                                 | 122        |
| 2.9.5    | Rezystancja, pojemność, indukcyjność . . . . .      | 122        |
| 2.9.6    | Pomiar temperatury za pomocą termopary . . . . .    | 123        |
| 2.9.7    | Pomiar ciągłości obwodu . . . . .                   | 124        |
| 2.9.8    | Odczytywanie wartości . . . . .                     | 125        |
| 2.9.9    | Błędy pomiarowe . . . . .                           | 129        |
| 2.10     | Analizator stanów logicznych . . . . .              | 132        |
| 2.11     | Oprogramowanie wspomagające projektowanie . . . . . | 133        |
| <b>3</b> | <b>Elektronika mikrokontrolerów</b>                 | <b>139</b> |
| 3.1      | Poziomy napięć i wydajność prądowa . . . . .        | 139        |
| 3.2      | Taktowanie . . . . .                                | 140        |
| 3.3      | Zasilanie . . . . .                                 | 143        |
| 3.4      | Podłączenie programatora i zasilania . . . . .      | 152        |
| 3.5      | Reset . . . . .                                     | 155        |
| 3.6      | Płytką testową . . . . .                            | 155        |
| 3.7      | Porady praktyczne . . . . .                         | 156        |
| <b>4</b> | <b>Programowanie</b>                                | <b>162</b> |
| 4.1      | Środowisko programistyczne . . . . .                | 162        |
| 4.1.1    | WinAVR i Makefile . . . . .                         | 163        |
| 4.1.2    | Kompilator avr-gcc . . . . .                        | 166        |
| 4.1.3    | Edytory kodu . . . . .                              | 172        |
| 4.1.4    | Atmel Studio (dawniej AVR Studio) . . . . .         | 173        |
| 4.1.5    | Biblioteki avr-libc . . . . .                       | 174        |
| 4.2      | Programatory . . . . .                              | 175        |
| 4.3      | AVRDUDE . . . . .                                   | 177        |
| 4.4      | JTAG . . . . .                                      | 180        |
| 4.5      | Fusebity i lockbity . . . . .                       | 181        |
| 4.6      | Typy danych . . . . .                               | 186        |
| 4.6.1    | Typy całkowite . . . . .                            | 187        |
| 4.6.2    | Typy zmiennoprzecinkowe float oraz double . . . . . | 189        |
| 4.6.3    | Łańcuchy ( <i>strings</i> ) . . . . .               | 190        |

|        |                                                   |     |
|--------|---------------------------------------------------|-----|
| 4.6.4  | Konwersja typów . . . . .                         | 194 |
| 4.7    | Kod uzupełnień do dwóch . . . . .                 | 199 |
| 4.8    | Obszary pamięci w mikrokontrolerach . . . . .     | 201 |
| 4.8.1  | Pamięć programu (flash) . . . . .                 | 202 |
| 4.8.2  | Pamięć danych . . . . .                           | 203 |
| 4.8.3  | EEPROM . . . . .                                  | 208 |
| 4.9    | System binarny . . . . .                          | 208 |
| 4.10   | System heksadecymalny . . . . .                   | 209 |
| 4.11   | Przesunięcia bitowe . . . . .                     | 211 |
| 4.12   | Operatory logiczne i bitowe. Maskowanie . . . . . | 213 |
| 4.13   | Priorytet operatorów w języku C . . . . .         | 216 |
| 4.14   | Rejestry . . . . .                                | 218 |
| 4.15   | Pierwszy program . . . . .                        | 226 |
| 4.16   | Sterowanie portami wejścia-wyjścia I/O . . . . .  | 233 |
| 4.17   | Obsługa przycisków. Drgania styków . . . . .      | 239 |
| 4.18   | Opóźnienia (delay) . . . . .                      | 254 |
| 4.19   | Tworzenie własnych bibliotek . . . . .            | 256 |
| 4.20   | Nazwy funkcji bibliotek i zmiennych . . . . .     | 261 |
| 4.21   | Przerwania . . . . .                              | 264 |
| 4.22   | Liczniki . . . . .                                | 276 |
| 4.22.1 | Tryb porównania (CTC) . . . . .                   | 279 |
| 4.22.2 | Modulacja szerokości impulsu (PWM) . . . . .      | 285 |
| 4.22.3 | Taktowanie licznika źródłem zewnętrznym . . . . . | 294 |
| 4.23   | Magistrale komunikacyjne . . . . .                | 295 |
| 4.23.1 | SPI . . . . .                                     | 297 |
| 4.23.2 | TWI/TWSI (I <sup>2</sup> C) . . . . .             | 305 |
| 4.23.3 | 1-Wire . . . . .                                  | 314 |
| 4.23.4 | USART . . . . .                                   | 321 |
| 4.24   | Obsługa pamięci EEPROM . . . . .                  | 341 |
| 4.25   | Przetwornik ADC . . . . .                         | 346 |
| 4.26   | Moduły nadzorujące . . . . .                      | 358 |
| 4.27   | Pisanie programów i poszukiwanie błędów . . . . . | 364 |

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5 Przykłady zastosowań</b>                                 | <b>376</b> |
| 5.1 Sterowanie diodami LED                                    | 376        |
| 5.2 Sterowanie brzęczykiem                                    | 380        |
| 5.3 Czujnik ruchu PIR                                         | 382        |
| 5.4 Silnik krokowy                                            | 386        |
| 5.5 Serwomechanizmy                                           | 392        |
| 5.6 Klawiatury                                                | 396        |
| 5.7 Wyświetlacz 7-segmentowy                                  | 400        |
| 5.8 Sterownik MAX7219 (matryce LED i wyświetlacze segmentowe) | 412        |
| 5.9 Wyświetlacz LCD (HD44780)                                 | 419        |
| 5.10 Czujnik temperatury DS18B20                              | 442        |
| 5.11 Czujnik temperatury i wilgotności DHT11                  | 451        |
| 5.12 Termistor jako czujnik temperatury                       | 455        |
| 5.13 Czujniki gazów                                           | 461        |
| 5.14 Zegary czasu rzeczywistego DS1307, DS3231, PCF8563       | 473        |
| <b>A Dodatek</b>                                              | <b>479</b> |
| A.1 Przedrostki                                               | 479        |
| A.2 Konwersja jednostek                                       | 480        |
| A.3 Systemy liczbowe                                          | 481        |
| A.4 AVRDUDE (parametr -p)                                     | 482        |
| A.5 Wyznaczanie współczynników charakterystyki czujników      | 484        |
| A.6 Słowniczek angielsko-polski                               | 486        |
| <b>Skorowidz</b>                                              | <b>494</b> |