
1. Wprowadzenie	11
1.1. Wstęp.....	12
1.2. Mikrokontrolery rodziny ARM.....	13
1.3. Architektura rdzenia ARM Cortex-M3.....	15
1.3.1. Najważniejsze cechy architektury Cortex-M3.....	15
1.3.2. Rejestry i organizacja pamięci.....	17
1.3.3. Podstawowe elementy rdzenia.....	20
1.4. Mikrokontrolery STM32F10x.....	20
2. Programowanie mikrokontrolerów	23
2.1. Języki programowania.....	24
2.2. Zapis binarny i heksadecymalny liczb.....	26
2.2.1. Konwersja między zapisami dziesiętnym i binarnym.....	26
2.2.2. Konwersja między zapisami binarnym i heksadecymalnym.....	27
2.3. Język C – krótkie przypomnienie.....	28
2.3.1. Typy zmiennych i ich zakresy.....	28
2.3.2. Deklaracje stałych.....	29
2.3.3. Zmienne ulotne.....	29
2.3.4. Operacje logiczne i bitowe.....	30
3. Sprzęt i oprogramowanie	33
3.1. Wprowadzenie.....	34
3.2. Niezbędne elementy sprzętowe.....	35
3.2.1. Zestaw uruchomieniowy ZL27ARM.....	35
3.2.2. Programator.....	38
3.3. Moduły rozszerzeń.....	39
3.4. Inne przydatne elementy sprzętowe.....	40
3.5. Oprogramowanie narzędziowe.....	41
3.5.1. Środowisko programowania.....	41
3.5.2. Programy dodatkowe.....	42
3.6. Etapy programowania mikrokontrolera.....	44
3.7. Niezbędna dokumentacja.....	45
3.8. Biblioteki STM.....	46
3.9. Przygotowanie środowiska pracy.....	51
3.10. Uruchomienie mikrokontrolera.....	52

3.11.	Ćwiczenie 0. Projekt wzorcowy	56
3.11.1.	Wprowadzenie	56
3.11.2.	Ćwiczenie 0a. Tworzenie i konfiguracja projektu.....	56
3.11.3.	Ćwiczenie 0b. Pisanie kodu programu, konfiguracja sygnałów taktujących.....	64
3.12.	Ćwiczenie 1. Pierwszy program – „Migające diody”	68
3.12.1.	Wprowadzenie	68
3.12.2.	Ćwiczenie 1a. Rozbudowa kodu programu.....	68
3.12.3.	Ćwiczenie 1b. Kompilowanie i linkowanie programu.....	70
3.12.4.	Ćwiczenie 1c. Symulowanie i śledzenie działania programu.....	70
3.12.5.	Ćwiczenie 1d. Zapis programu do pamięci mikrokontrolera.....	74
	Zapis pamięci z trybu debug w <i>µVision</i>	74
	Zapis pamięci z wykorzystaniem programu <i>ST-Link Utility</i>	74
	Zapis pamięci z wykorzystaniem programu <i>ZL30PRG</i>	75
3.12.6.	Ćwiczenie 1e. Śledzenie programu w mikrokontrolerze	76
4.	Porty GPIO	77
4.1.	Uniwersalne porty wejścia-wyjścia.....	78
4.2.	Ćwiczenie 2. Porty GPIO – Wyjścia.....	83
4.2.1.	Wprowadzenie	83
4.2.2.	Ćwiczenie 2a. „Diody biegnące w lewo”	83
4.2.3.	Ćwiczenie 2b. „Diody biegnące w lewo i prawo”	85
4.3.	Ćwiczenie 3. Porty GPIO – Wejścia.....	86
4.3.1.	Wprowadzenie	86
4.3.2.	Ćwiczenie 3a. Przyciski	86
4.3.3.	Ćwiczenie 3b. Przyciski i joystick	87
4.4.	Obsługa alfanumerycznego wyświetlacza LCD 1602.....	87
4.5.	Ćwiczenie 4. Porty GPIO i LCD.....	93
4.5.1.	Wprowadzenie	93
4.5.2.	Ćwiczenie 4. „Odliczanie”	93
4.6.	Ćwiczenie 5. Porty GPIO i LCD.....	94
4.6.1.	Wprowadzenie	94
4.6.2.	Ćwiczenie 5a. „Menu”	94
4.6.3.	Ćwiczenie 5b. Własne znaki na LCD.....	97
4.7.	Ćwiczenie 6. Porty GPIO i LCD.....	98
4.7.1.	Wprowadzenie	98
4.7.2.	Ćwiczenie 6. „Edytor”	98

4.8.	Czujnik położenia STM FC30 – moduł KAmoMEMS1	100
4.9.	Ćwiczenie 7. Porty GPIO, LCD i KAmoMEMS1	101
4.9.1.	Wprowadzenie	101
4.9.2.	Ćwiczenie 7. Tworzenie biblioteki obsługi modułu dodatkowego	102
4.10.	Klawiatura – moduł KAmoKB4×4	106
4.11.	Ćwiczenie 8. Porty GPIO, LCD i klawiatura KAmoKB4×4	109
4.11.1.	Wprowadzenie	109
1.11.2.	Ćwiczenie 8. Obsługa klawiatury	109
5.	Kontroler przerwań NVIC, układy SysTick i RTC	111
5.1.	System przerwań w ARM Cortex-M3	112
5.2.	Sposoby odliczania czasu w programie	118
5.2.1.	Licznik SysTick	119
5.2.2.	Zegar czasu rzeczywistego (RTC)	121
5.3.	Ćwiczenie 9. Przerwania i licznik SysTick	122
5.3.1.	Wprowadzenie	122
5.3.2.	Ćwiczenie 9a. SysTick	123
5.3.3.	Ćwiczenie 9b. SysTick i przerwanie zewnętrzne	124
5.3.4.	Ćwiczenie 9c. SysTick i 2 przerwania zewnętrzne	126
5.3.5.	Ćwiczenie 9d. SysTick i 3 przerwania zewnętrzne	128
5.4.	Ćwiczenie 10. Przerwania i licznik SysTick – funkcja opóźniająca <i>Delay()</i>	129
5.4.1.	Wprowadzenie	129
5.4.2.	Ćwiczenie 10a. „Migająca dioda”	129
5.4.3.	Ćwiczenie 10b. „Biegające diody”	131
5.5.	Ćwiczenie 11. Zegar czasu rzeczywistego (RTC)	132
5.5.1.	Wprowadzenie	132
5.5.2.	Ćwiczenie 11a. „Migająca dioda”	132
5.5.3.	Ćwiczenie 11b. Czas od uruchomienia systemu w sekundach	134
5.5.4.	Ćwiczenie 11c. Czas od uruchomienia systemu jako hh:mm:ss	135
6.	Liczniki uniwersalne, sygnał PWM	137
6.1.	Liczniki uniwersalne	138
6.1.1.	Generowanie sygnału PWM	142
6.1.2.	Zewnętrzne taktowanie liczników i łączenie kaskadowe	143
6.1.3.	Pomiar parametrów sygnału PWM	144

6.2.	Ćwiczenie 12. Liczniki uniwersalne	145
6.2.1.	Wprowadzenie	145
6.2.2.	Ćwiczenie 12a. Dioda sterowana licznikiem	145
6.2.3.	Ćwiczenie 12b. Dwie diody sterowane licznikiem.....	147
6.2.4.	Ćwiczenie 12c. Cztery diody sterowane licznikami.....	148
6.3.	Ćwiczenie 13. Liczniki – Generowanie czterech przebiegów	149
6.3.1.	Wprowadzenie	149
6.3.2.	Ćwiczenie 13. Cztery diody sterowane różnymi częstotliwościami.....	149
6.4.	Ćwiczenie 14. Generowanie i pomiar parametrów sygnału PWM	151
6.4.1.	Wprowadzenie	151
6.4.2.	Ćwiczenie 14a. Dwie diody o różnej jasności	151
6.4.3.	Ćwiczenie 14b. Sterowanie jasnością diody	154
6.4.4.	Ćwiczenie 14c. Obserwacje sygnału PWM	154
6.4.5.	Ćwiczenie 14d. Pomiar parametrów sygnału PWM.....	155
6.5.	Ćwiczenie 15. Zliczanie przyciśnień z użyciem licznika.....	158
6.5.1.	Wprowadzenie	158
6.5.2.	Ćwiczenie 15. Zliczanie przyciśnień	158
6.6.	Ćwiczenie 16. Zliczanie przyciśnień, eliminacja drgań styków	159
6.6.1.	Wprowadzenie	159
6.6.2.	Ćwiczenie 16. Eliminacja drgań styków przycisków	160
7.	Układy czuwające Watchdog i rejestry chronione Backup Domain	163
7.1.	Układy czuwające Watchdog	164
7.2.	Zerowanie mikrokontrolera i rejestry chronione Backup Domain	167
7.3.	Ćwiczenie 17. Niezależny układ czuwający i rejestry chronione.....	168
7.3.1.	Wprowadzenie	168
7.3.2.	Ćwiczenie 17a. Niezależny układ czuwający	168
7.3.3.	Ćwiczenie 17b. Niezależny układ czuwający i rejestry chronione.....	170
8.	Mechanizm DMA	173
8.1.	Bezpośredni dostęp do pamięci – DMA	174
8.2.	Ćwiczenie 18. Sterowanie podświetleniem LCD z wykorzystaniem PWM i DMA	177
8.2.1.	Wprowadzenie	177
8.2.2.	Ćwiczenie 18. Sterowanie podświetleniem LCD z wykorzystaniem PWM i DMA.....	177

9. Przetworniki A/C	183
9.1. Przetworniki A/C i układ monitorowania napięcia.....	184
9.2. Wewnętrzny czujnik temperatury.....	191
9.3. Ćwiczenie 19. Przetwornik A/C.....	192
9.3.1. Wprowadzenie.....	192
9.3.2. Ćwiczenie 19a. ADC – pomiar jednokrotny.....	192
9.3.3. Ćwiczenie 19b. ADC – pomiar ciągły.....	196
9.3.4. Ćwiczenie 19c. ADC i DMA – pomiar dwóch kanałów.....	196
9.3.5. Ćwiczenie 19d. ADC, DMA i układ monitorowania napięcia – pomiar dwóch kanałów i alarm przekroczenia wartości.....	199
9.3.6. Ćwiczenie 19e. ADC, DMA i układ monitorowania napięcia – pomiar dwóch kanałów wyzwalany licznikiem.....	200
9.4. Ćwiczenie 20. Dwa przetworniki A/C.....	202
9.4.1. Wprowadzenie.....	202
9.4.2. Ćwiczenie 20a. Dwa ADC – synchroniczny pomiar dwóch kanałów.....	202
9.4.3. Ćwiczenie 20b. Dwa ADC – dwa kanały i linijka diodowa.....	203
10. Układ USART	205
10.1. Interfejs RS-232.....	206
10.2. Program <i>Terminal</i>	211
10.3. Ćwiczenie 21. RS-232C.....	212
10.3.1. Wprowadzenie.....	212
10.3.2. Ćwiczenie 21. RS-232C – transmisja pojedynczych bajtów.....	212
10.4. Ćwiczenie 22. RS-232C i przerwania.....	216
10.4.1. Wprowadzenie.....	216
10.4.2. Ćwiczenie 22a. RS-232C – transmisja danych z wykorzystaniem przerwań. Odbiór danych z PC.....	216
10.4.3. Ćwiczenie 22b. RS-232C – dwukierunkowa transmisja danych z wykorzystaniem przerwań.....	218
10.5. Układ komunikacji bezprzewodowej Bluetooth – moduł KAmoDBTM222.....	221
10.5.1. Konfiguracja przykładowego modułu Bluetooth USB po stronie PC.....	224
10.6. Ćwiczenie 23. RS-232C i KAmoDBTM222 – transmisja danych.....	227
10.6.1. Wprowadzenie.....	227
10.6.2. Ćwiczenie 23. RS-232C i KAmoDBTM222.....	227

10.7. Ćwiczenie 24. RS-232C – odczyt i zmiana konfiguracji KAmoDBTM222	228
10.7.1. Wprowadzenie	228
10.7.2. Ćwiczenie 24. RS-232C – odczyt i zmiana konfiguracji modułu Bluetooth	228
11. Interfejs I²C	235
11.1. Interfejs I ² C	236
11.2. Akcelerometr STM LIS35 – moduł KAmoDMEMS2	239
11.3. Ćwiczenie 25. I ² C – akcelerometr KAmoDMEMS2	246
11.3.1. Wprowadzenie	246
11.3.2. Ćwiczenie 25a. Akcelerometr I ² C	246
11.3.3. Ćwiczenie 25b. Akcelerometr I ² C – wykrywanie uderzeń	249
12. Interfejs SPI	251
12.1. Interfejs SPI	252
12.2. Czujnik temperatury Microchip TC77	255
12.3. Ćwiczenie 26. SPI – pomiar temperatury układem Microchip TC77	256
12.3.1. Wprowadzenie	256
12.3.2. Ćwiczenie 26. SPI – pomiar temperatury	256
12.4. Akcelerometr STM LIS35 – moduł KAmoDMEMS2	259
12.5. Ćwiczenie 27. SPI – akcelerometr KAmoDMEMS2	262
12.5.1. Wprowadzenie	262
12.5.2. Ćwiczenie 27. Akcelerometr SPI	263
12.6. Barometr Freescale MPL115A1 – moduł KAmoDBAR	263
12.7. Ćwiczenie 28. SPI – barometr KAmoDBAR	270
12.7.1. Wprowadzenie	270
12.7.2. Ćwiczenie 28. Barometr SPI	270
13. Obsługa kart SD	273
13.1. Obsługa kart SD i SDHC z wykorzystaniem biblioteki <i>FATFs</i>	274
13.2. Ćwiczenie 29. Karta SD – odczyt z pliku	279
13.2.1. Wprowadzenie	279
13.2.2. Ćwiczenie 29. Odczyt danych z karty SD	279
13.3. Ćwiczenie 30. Karta SD – zapis do pliku – rejestrator danych	285
13.3.1. Wprowadzenie	285
13.3.2. Ćwiczenie 30. Zapis danych na kartę SD	285

14. Obsługa wyświetlaczy graficznych	293
14.1. Obsługa wyświetlacza z telefonu Nokia 3310 – sterownik PCD8544	294
14.2. Ćwiczenie 31. Monochromatyczny wyświetlacz graficzny KAmoDLCD1.....	301
14.2.1. Wprowadzenie	301
14.2.2. Ćwiczenie 31a. Demonstracja możliwości wyświetlacza.....	302
14.2.3. Ćwiczenie 31b. Prosta animacja.....	305
14.3. Obsługa wyświetlacza z telefonu Nokia 6610 – sterownik PCF8833	307
14.4. Ćwiczenie 32. Kolorowy wyświetlacz graficzny KAmoDTFT2.....	315
1.4.4.1. Wprowadzenie	315
14.4.2. Ćwiczenie 32a. Demonstracja możliwości wyświetlacza.....	315
14.4.3. Ćwiczenie 32b. Obroty obrazu	320
15. Cyfrowe przetwarzanie sygnałów	323
15.1. Przetwarzanie sygnałów w mikrokontrolerach STM32 z rdzeniem Cortex-M3	324
15.2. Ćwiczenie 33. Widmo amplitudowe sygnału.....	325
15.2.1. Wprowadzenie	325
15.2.2. Ćwiczenie 33a. Widmo amplitudowe sygnału w postaci próbek.....	326
15.2.3. Ćwiczenie 33b. Widmo amplitudowe sygnału w postaci graficznej.....	332
16. Oszczędzanie energii	335
16.1. Tryby oszczędzania energii	336
16.2. Ćwiczenie 34. Tryb uśpienia	339
16.2.1. Wprowadzenie	339
16.2.2. Ćwiczenie 34. Tryb uśpienia.....	339
Dodatki	343
Dodatek A. Schematy elektryczne zestawu ZL27ARM.....	344
Dodatek B. Lista funkcji wyprowadzeń dla obudowy 100-pinowej procesora STM32F103VB	347
Dodatek C. Schematy elektryczne modułu KAmoDMEMS1.....	350
Dodatek D. Schematy elektryczne modułu KAmoDKB4×4.....	350
Dodatek E. Schematy elektryczne modułu KAmoDLED8.....	351
Dodatek F. Schematy elektryczne modułu KAmoDBTM222.....	351
Dodatek G. Schematy elektryczne modułu KAmoDMEMS2.....	352

Dodatek H. Schematy elektryczne modułu KAmoDBAR-SPI.....	352
Dodatek I. Schematy elektryczne modułu KAmoDLCD1	353
Dodatek J. Schematy elektryczne modułu KAmoDTFT2.....	353
Dodatek K. Tabela kodów ASCII.....	354
Dodatek L. Tabela kodów znakowych sterownika LCD HD44870.....	356
Dodatek M. Schemat blokowy systemu taktującego zastosowanego w mikrokontrolerach STM32F1.....	358
Literatura	359

**Dodatkowe materiały (w tym programy) można pobrać ze strony
www.mikrokontroler.pl/content/STMCC**



**Zeskanuj kod QR,
trafisz od razu na stronę supportową!**