
1. Rdzeń Cortex-M3..	9
1.1. Firma ARM i jej wyroby.....	10
1.2. Rodzina rdzeni Cortex.....	12
1.3. Ogólne spojrzenie na architekturę rdzenia Cortex-M3.....	14
1.4. Rejestry podstawowe.....	17
1.5. Przestrzeń adresowa.....	17
1.5.1. <i>Bit-band</i> , czyli obszary o <i>dostępie atomowym</i>	18
1.6. Sterownik przerw NVIC.....	20
1.7. Lista rozkazów Thumb-2.....	22
2. Narzędzia i oprogramowanie.....	23
2.1. Zestaw ewaluacyjny ZL27ARM.....	24
2.2. Zasilanie zestawu ewaluacyjnego.....	26
2.3. Rodzina mikrokontrolerów STM32.....	27
2.4. Oprogramowanie narzędziowe.....	29
2.5. Biblioteka API – <i>STM32F10x Standard Peripherals Library v3.4.0.</i>	37
2.5.1. CMSIS: <i>Cortex Microcontroller Software Interface Standard</i>	38
2.5.2. Struktura biblioteki <i>STM32F10x Standard Peripherals Library</i>	39
2.5.3. Migracja ze starszej wersji biblioteki <i>STM32F10x firmware library</i>	44
2.6. Konfiguracja urządzeń peryferyjnych za pomocą <i>Standard Peripherals Library</i>	46
2.7. Programowanie pamięci Flash mikrokontrolera.....	46
2.8. Debugowanie.....	48
2.9. Rdzeń Cortex-M3 i debugowanie.....	48
2.9.1. Praca ciągła, krokowa, zatrzymywanie mikrokontrolera.....	50
2.9.2. Pułapki (<i>breakpoints</i>).....	51
3. Sygnały zegarowe i ich konfiguracja, mechanizmy bezpieczeństwa.....	53
3.1. Sygnały zegarowe.....	54
3.1.1. Zewnętrzny generator szybkich przebiegów HSE.....	54
3.1.2. Wewnętrzny generator szybkich przebiegów HSI.....	55
3.1.3. Zewnętrzny generator wolnych przebiegów LSE.....	56
3.1.4. Wewnętrzny generator wolnych przebiegów LSI.....	56
3.1.5. Wyprowadzenie sygnału zegarowego na zewnątrz.....	56
3.2. Konfigurowanie mikrokontrolera do pracy.....	57
3.3. Zerowanie mikrokontrolera.....	60

3.4.	Mechanizmy zabezpieczeń.....	62
3.4.1.	System nadzoru sygnału taktującego – <i>Clock Security System</i>	62
3.4.2.	Rejestry chronione przed utratą danych po zaniku napięcia zasilającego – <i>Backup Domain</i>	62
3.4.3.	Zegar czasu rzeczywistego RTC	65
3.4.4.	Watchdog niezależny IWDG.....	68
3.4.5.	Watchdog okienkowy WWDG	71
3.4.6.	Obliczenie parametrów okna WWDG	73
3.4.7.	Przerwanie EW	74
4.	Obsługa portów I/O.....	75
4.1.	Budowa i obsługa portów wejścia/wyjścia	76
4.2.	Inne funkcje zmiany stanu wyprowadzeń.....	81
4.3.	Funkcje odczytu stanu wyprowadzeń	82
4.4.	Wstawki assemblerowe	83
4.5.	Blokowanie portów wejścia/wyjścia	85
4.6.	Funkcje alternatywne i <i>remapping</i>	87
4.7.	Dodatkowe uwagi dotyczące portówwejścia/wyjścia.....	88
4.8.	Sterowanie alfanumerycznego wyświetlacza LCD.....	88
4.8.1.	Zapis bajtu do sterownika wyświetlacza.....	89
4.8.2.	Odczyt bajtu ze sterownika wyświetlacza	90
4.8.3.	Budowa prostego menu.....	91
5.	Przerwania i kontroler NVIC.....	93
5.1.	Przerwania i zdarzenia	94
5.2.	System priorytetów	94
5.3.	Pozycja tablicy wektorów przerwania w przestrzeni adresowej.....	96
5.4.	Przerwanie zewnętrzne	96
5.4.1.	Konfiguracja przerwania zewnętrznego.....	98
5.5.	Kontroler przerwania NVIC.....	101
5.5.1.	Sprawdzanie wyłączeń przerwania	101
5.5.2.	Blokowanie przerwania	103
5.5.3.	Kolejkowanie przerwania <i>tail-chaining</i>	104
5.5.4.	Obsługa późniejszego przerwania <i>late arrival</i>	105
5.5.5.	Przerywanie operacji zdejmowania ze stosu (POP)	106
5.5.6.	Programowe wymuszenie przerwania.....	107
5.5.7.	Programowe zerowanie.....	108
5.5.8.	Informacje o rdzeniu	108
5.6.	Timer SysTick	109

6. Timery i DMA	113
6.1. Budowa i działanie timera TIM1	114
6.1.2. Tryby zliczania.....	115
6.1.3. Licznik powtarzania – <i>repetition counter</i>	116
6.1.4. Przykładowa konfiguracja TIM1 – generacja czterech przebiegów o różnych częstotliwościach.....	116
6.2. Generowanie sygnału PWM – timer TIM3.....	120
6.3. Pomiar okresu sygnału wejściowego – timer TIM2.....	122
6.3.1. Zliczanie impulsów wejściowych.....	124
6.4. Pomiar parametrów wejściowego sygnału PWM.....	126
6.5. Synchronizacja i kaskadowe łączenie timerów	130
6.6. Obsługa przycisków.....	132
6.7. Kontroler DMA	135
6.7.1. Priorytety obsługi kanałów DMA.....	137
6.7.2. Konfiguracja kontrolera DMA.....	137
6.8. Współpraca timerów z kontrolerem DMA.....	139
7. Przetworniki A/C	143
7.1. Budowa przetwornika analogowo-cyfrowego	144
7.1.1. Taktowanie przetwornika A/C.....	146
7.1.2. Praca pojedynczego kanału w trybie ciągłym.....	146
7.1.3. Kalibracja przetworników	149
7.1.4. Pojedynczy kanał w trybie pojedynczego pomiaru	149
7.1.5. Kilka kanałów w trybie ciągłym z wykorzystaniem DMA – programowany czas próbkowania.....	149
7.2. Konfiguracja DMA do pracy z przetwornikiem A/C	153
7.3. Obsługa przerw od przetwornika A/C.....	154
7.4. Wyzwalanie przetwornika A/C.....	155
7.4.1. Wyzwalanie za pomocą timera TIM1.....	155
7.4.2. Wyzwalanie za pomocą przerwania zewnętrznego <i>EXTI_11</i>	157
7.4.3. Nieciągły tryb pracy przetwornika A/C	159
7.5. Jednoczesna praca A/C1 i A/C2 (<i>dual A/C mode</i>).....	160
7.6. Eliminacja błędów i niedokładności przetwarzania A/C	161
7.6.1. Programowe minimalizowanie błędów	162
7.6.2. Jakość napięcia zasilania.....	163
7.6.3. Dopasowanie napięcia do zakresu pomiarowego.....	163
7.7. Cyfrowe przetwarzanie sygnałów.....	163

8. Interfejsy komunikacyjne.....	165
8.1. Obsługa interfejsu I ² C.....	166
8.1.1. Adresowanie 10-bitowe	170
8.2. Obsługa uniwersalnego portu szeregowego USART	171
8.2.1. Komunikacja z odbiornikiem GPS	171
8.2.2. Komunikacja z terminalem.....	174
8.2.3. Odbiór danych.....	177
8.2.4. Wysyłanie danych	178
8.2.5. Współpraca interfejsu USART z DMA.....	179
8.2.6. Wyznaczanie prędkości pracy USART bez wykorzystania funkcji API	180
8.3. Obsługa interfejsu SPI	181
8.3.1. Komunikacja z czujnikiem temperatury TC77	186
9. Obsługa kart SD	189
9.1. Karty SD.....	190
9.2. Komendy kart SD	191
9.3. System plików FAT	192
9.4. Biblioteka FatFs.....	192
9.5. Implementacja FatFs w mikrokontrolerach STM32 – warstwa fizyczna	193
9.6. Podstawowe operacje na plikach i katalogach.....	197
9.7. Przeglądanie zawartości karty pamięci, informacje o plikach i katalogach	201
10. Tryby obniżonego poboru mocy	203
10.1. Tryb uśpienia rdzenia mikrokontrolera – <i>sleep mode</i>	204
10.2. Tryb zatrzymania – <i>stop mode</i>	210
10.3. Tryb czuwania – <i>standby mode</i>	212
10.4. Programowany detektor poziomu napięcia	214
11. Implementacja systemu operacyjnego FreeRTOS	219
11.1. Tryby pracy rdzenia Cortex-M3	220
11.2. Stos	222
11.3. Dwa stosy: MSP i PSP	223
11.4. Tryb użytkownika i PSP	224
11.5. Wyjątki systemowe.....	225
11.5.1. Wyjątek SVC (<i>System serVice Call</i>).....	226
11.5.2. Wyjątek PendSV.....	226
11.5.3. PendSV i SysTick.....	227

11.6. System operacyjny.....	228
11.6.1. Wielozadaniowy system operacyjny czasu rzeczywistego.....	228
11.6.2. Systemy RTOS z wyłączeniem zadań.....	229
11.6.3. Algorytm szeregowania.....	231
11.7. System operacyjny FreeRTOS.....	232
11.7.1. Struktura plików systemu FreeRTOS.....	232
11.7.2. Zasada działania systemu FreeRTOS. Zadania (<i>tasks</i>) i współprogramy (<i>co-routines</i>).....	233
11.7.3. Konstrukcja i uruchomienie zadania w systemie FreeRTOS.....	234
11.7.4. Podstawowe sposoby sterowania zadaniami.....	235
11.7.5. Komunikacja między uruchomionymi zadaniami, kolejki i semafory, synchronizacja procesów.....	238
11.7.6. Konfiguracja systemu FreeRTOS. Plik konfiguracyjny <i>FreeRTOSConfig.h</i>	240
11.7.7. Aplikacja wykorzystująca system FreeRTOS do obsługi wielu zadań.....	241
11.7.8. Wykorzystanie semaforów do obsługi przerw.....	244
12. Obsługa interfejsu USB.....	247
12.1. Podstawy interfejsu USB.....	248
12.2. Enumeracja. Rodzaje transferów.....	249
12.3. Punkty końcowe (endpointy).....	250
12.4. Klasy urządzeń. Urządzenia interfejsu użytkownika – klasa HID. Raporty.....	250
12.5. Deskryptory.....	251
12.5.1. Deskryptor urządzenia i konfiguracyjny.....	251
12.5.2. Deskryptor raportów.....	253
12.6. Wykorzystanie klasy HID do komunikacji z mikrokontrolerem.....	253
12.6.1. Aplikacja po stronie komputera.....	254
12.6.2. Oprogramowanie mikrokontrolera.....	255
Dodatki.....	259
Dodatek A. Schemat elektryczny ZL27ARM.....	260
Dodatek B. Polecenia NMEA 0183 wersja 2.2.....	262
B.1. Budowa zdań NMEA.....	262
B.2. Zdania wyjściowe.....	263
B.2.1. GGA – <i>Global Positioning System Fixed Data</i>	263
B.2.2. GLL – <i>Geographic Position – Latitude/Longitude</i>	264
B.2.3. GSA – <i>GNSS DOP and Active Satellites</i>	264
B.2.4. GSV – <i>GNSS Satellites in View</i>	265

B.2.5. RMC – <i>Recommended Minimum Specific GNSS Data</i>	265
B.2.6. VTG – <i>Course Over Ground and Ground Speed</i>	265
B.3. Zdania wejściowe	266
Dodatek C. Tabela kodów ASCII	268
Dodatek D. Biblioteka FatFs	270
D.1. Funkcje dostępne w bibliotece FatFs R0.07a	270
Dodatek E. Tabela kodów znakowych sterownika LCD HD44870	277
Skorowidz	279