

Spis treści

WPROWADZENIE	13
--------------------	----

I	
PROGRAMOWANIE SYSTEMÓW WBUDOWANYCH	17

1	
WITAJ, ŚWIECIE	19
Instalowanie GCC	19
Pobieranie programu System Workbench for STM32	20
Pierwszy program	21
Kompilowanie programu	21
Popętnianie błędów	22
Zrozumienie działania programu	23
Dodawanie komentarzy	24
Ulepszanie programu i procesu jego budowania	25
Program „make”	26
Flagi kompilatora	27
Jak kompilator działa za kulisami	27
Preprocesor	29
Kompilator	29
Asembler	30
Konsolidator	32
Dodawanie reguł do pliku Makefile	33
Podsumowanie	34
Pytania	34

2	
PREZENTACJA ZINTEGROWANEGO ŚRODOWISKA PROGRAMISTYCZNEGO	35
Korzystanie z programu System Workbench for STM32	36
Uruchamianie środowiska IDE	36
Tworzenie programu „Witaj, świecie”	38
Debugowanie programu	42
Co zrobiło środowisko IDE	46
Importowanie przykładowych programów opisanych w tej książce	47
Podsumowanie	47
Problemy programistyczne	48
Pytania	48
3	
PROGRAMOWANIE MIKROKONTROLERA	49
Płytką rozwojową NUCLEO-F030R8	50
Programowanie i debugowanie na płycie	50
Konfigurowanie płytki	51
Konfigurowanie projektu dla systemu wbudowanego	53
Twój pierwszy program dla systemu wbudowanego	57
Inicjacja sprzętu	58
Programowanie pinu GPIO	59
Przetwarzanie diody LED	60
Budowanie kompletnego programu	60
Analiza procesu budowania	61
Analiza plików projektu	64
Debugowanie aplikacji	65
Wykonywanie programu krok po kroku	68
Podsumowanie	69
Problemy programistyczne	70
Pytania	70
4	
LICZBY I ZMIENNE	71
Praca z liczbami całkowitymi	72
Deklarowanie zmiennych do przechowywania liczb całkowitych	73
Nadawanie wartości zmiennym	74
Inicjowanie zmiennych	75
Rozmiary i reprezentacje liczb całkowitych	75
Reprezentacje liczb	77
Standardowe liczby całkowite	80
Typy całkowitoliczbowe bez znaku	81
Przepętanie	82
Reprezentacja liczb całkowitych ze znakiem metodą uzupełnień do dwóch	84
Skrócone operatory	85

Sterowanie mapowanymi w pamięci rejestrami we/wy za pomocą operacji bitowych	87
Alternatywa	87
Koniunkcja	88
Negacja	89
Alternatywa wykluczająca	89
Przesunięcie	90
Definiowanie znaczenia bitów	91
Nadawanie wartości dwóm bitom naraz	93
Wyłączanie bitu	93
Sprawdzanie wartości bitów	94
Podsumowanie	96
Problemy programistyczne	97

5	
INSTRUKCJE DECYZYJNE I STERUJĄCE	98
Instrukcja if	98
Instrukcja if/else	101
Instrukcje pętli	102
Pętla while	102
Pętla for	103
Używanie przycisku	104
Inicjacja	106
Wybór układu ze ściąganiem	106
Pobieranie stanu przycisku	108
Uruchomienie programu	108
Sterowanie pętlą	109
Instrukcja break	109
Instrukcja continue	110
Antywzorce	110
Pusta pętla while	111
Przypisanie w pętli while	111
Podsumowanie	112
Problemy programistyczne	112

6	
TABLICE, WSKAŹNIKI I ŁAŃCUCHY	113
Tablice	114
„Pod maską”: wskaźniki	116
Arytmetyka tablic i wskaźników	119
Przepełnienie tablicy	121
Znaki i ich łańcuchy	124
Podsumowanie	126
Problemy programistyczne	126

7	
ZMIENNE LOKALNE I PROCEDURY	127
Zmienne lokalne	128
Przesłonięte zmienne	129
Procedury	130
Ramki stosu	131
Rekurencja	134
Styl programowania	136
Podsumowanie	137
Problemy programistyczne	137
8	
ZŁOŻONE TYPY DANYCH	138
Wyliczenia	138
Sztuczki preprocesora a wyliczenia	140
Struktury	143
Struktury w pamięci	144
Dostęp do niewyrównanych danych	147
Inicjacja struktur	149
Przypisywanie struktury	150
Wskaźniki do struktur	150
Nazewnictwo struktur	151
Unie	153
Tworzenie własnego typu	154
Struktury a programowanie systemów wbudowanych	156
typedef	158
Wskaźniki do funkcji a dyrektywa typedef	159
typedef i struct	160
Podsumowanie	161
Problemy programistyczne	161
9	
WYJŚCIE SZEREGOWE W MIKROKONTROLERZE STM	163
Wypisywanie znaków łańcucha jeden po drugim	164
Definiowanie własnej funkcji putchar	164
Wyjście szeregowe	166
Krótka historia komunikacji szeregowej	166
Szeregowe „Witaj, świecie!”	169
Inicjacja interfejsu UART	170
Przesyłanie znaku	173
Komunikacja z urządzeniem	179
Windows	180
Linux i macOS	182
Podsumowanie	182
Problemy programistyczne	183

10	
PRZERWANIA	184
Odpytywanie kontra przerwanie	184
Przerwania w szeregowych operacjach we/wy	185
Procedury obsługi przerw	186
Wypisywanie łańcucha za pomocą przerw	188
Szczegóły programu	191
Koszmar przerw	195
Zwiększanie prędkości przy użyciu bufora	196
Funkcja nadawcza	197
Procedura obsługi przerwania	198
Cały program	199
Problem	201
Podsumowanie	207
Problemy programistyczne	207
11	
KONSOLIDATOR	208
Zadanie konsolidatora	209
Modele pamięci stosowane podczas kompilacji i konsolidacji	210
Idealny model języka C	210
Sekcje niestandardowe	215
Proces konsolidacji	217
Symbole definiowane przez konsolidator	218
Relokacja i konsolidacja plików obiektowych	218
Mapa konsolidatora	219
Zaawansowane wykorzystanie konsolidatora	221
Pamięć flash jako „trwałe” miejsce składowania	221
Wiele elementów konfiguracji	229
Przykład adaptacji w „warunkach polowych”	230
Uaktualnianie oprogramowania układowego	231
Podsumowanie	231
Problemy programistyczne	232
12	
PREPROCESOR	233
Proste makra	234
Makra parametryzowane	236
Makra z kodem	237
Kompilacja warunkowa	240
Gdzie definiowane są symbole	242
Symbole w wierszu poleceń	243
Symbole predefiniowane	243
Pliki dołączane	244

Inne dyrektywy preprocesora	245
Sztuczki preprocesora	245
Podsumowanie	247
Problemy programistyczne	247

II

JĘZYK C NA WIELKICH MASZYNACH249

13	
PAMIĘĆ DYNAMICZNA	253
Podstawowe operacje przydzielania pamięci ze sterty i wycofywania jej przydziatu	253
Listy wiązane	256
Dodawanie węzła	257
Wypisywanie listy wiązanej	260
Usuwanie węzła	260
Składamy to wszystko razem	262
Problemy z pamięcią dynamiczną	264
Valgrind i AddressSanitizer z GCC	265
Podsumowanie	267
Problemy programistyczne	267

14	
BUFOROWANE PLIKOWE OPERACJE WE/WY	269
Funkcja printf	269
Wypisywanie tabeli znaków ASCII	271
Zapis we wstępnie zdefiniowanych plikach	272
Odczyt danych	272
Szkodliwa funkcja gets	273
Otwieranie plików	274
Binarne we/wy	276
Kopiowanie pliku	277
Buforowanie i opróżnianie	279
Zamykanie plików	280
Podsumowanie	281
Problemy programistyczne	281

15	
ARGUMENTY POLECEŃ I PODSTAWOWE OPERACJE WE/WY	282
Argumenty poleceń	282
Podstawowe operacje we/wy	284
Wykonywanie podstawowych operacji we/wy	284
Tryb binarny	287

Funkcja ioctl	288
Podsumowanie	289
Problemy programistyczne	289
16	
LICZBY ZMIENNOPRZECINKOWE	290
Czym jest liczba zmiennoprzecinkowa?	290
Typy zmiennoprzecinkowe	291
Automatyczne konwersje	291
Problemy związane z liczbami zmiennoprzecinkowymi	292
Błędy zaokrągleń	292
Precyzja	293
Nieskończoność, wartości nieliczbowe i liczby subnormalne	294
Implementacja	295
Alternatywne rozwiązania	296
Podsumowanie	299
Problemy programistyczne	299
17	
PROGRAMOWANIE MODULARNE	300
Proste moduły	301
Problemy związane z prostym modułem	302
Kompilowanie modułu	305
Cechy dobrego modułu	306
Przestrzenie nazw	306
Biblioteki	307
Program ranlib i konsolidacja biblioteki	310
Tryb deterministyczny i nondeterministyczny	312
Słabe symbole	312
Podsumowanie	314
Problemy programistyczne	314
POSŁOWIE	317
Ucz się dobrze pisać	317
Ucz się selektywnie czytać	318
Współpraca i twórcze ściągnięcie	318
Przydatne otwarte narzędzia	319
Cpcheck	319
Doxygen	319
Valgrind	320
SQLite	320
Nie przestawaj się uczyć	320

DODATEK

LISTA KONTROLNA PROJEKTU321

Natywny projekt C 321

Projekt STM32 Workbench dla urządzenia wbudowanego 323