
| | |
|--|-----------|
| Przedmowa | 7 |
| Ważniejsze skróty użyte w książce | 11 |
| 1. Architektura USB | 13 |
| 1.1. Ogólna charakterystyka interfejsu..... | 14 |
| 1.2. Warstwa fizyczna..... | 17 |
| 1.3. Warstwa łącza..... | 24 |
| 1.4. Warstwa protokołu..... | 27 |
| 1.5. Deskryptory..... | 36 |
| 1.6. Warstwa aplikacji dla danych sterujących..... | 45 |
| 1.7. Wiadomości uzupełniające..... | 51 |
| 2. Podstawy | 55 |
| 2.1. Warianty sprzętu..... | 56 |
| 2.1.1. Mikrokontrolery STM32..... | 56 |
| 2.1.2. Płytki prototypowe..... | 60 |
| 2.2. Struktura archiwum z przykładami..... | 67 |
| 2.3. Pisanie programów dla wielu wariantów sprzętu..... | 70 |
| 2.3.1. Jeden interfejs – wiele implementacji..... | 70 |
| 2.3.2. Daj szansę kompilatorowi..... | 71 |
| 2.3.3. Kompilacja warunkowa..... | 73 |
| 2.3.4. Pliki konfiguracyjne..... | 75 |
| 2.4. Biblioteka mikrokontrolera..... | 79 |
| 2.4.1. Odmierzanie czasu..... | 79 |
| 2.4.2. Diody świecące..... | 81 |
| 2.4.3. Wyświetlacz ciekłokrystaliczny..... | 83 |
| 2.4.4. Interfejs I ² C..... | 88 |
| 2.4.5. Interfejs I ² S..... | 89 |
| 2.4.6. Inicjowanie programu..... | 91 |
| 2.4.7. Inicjowanie sprzętu..... | 91 |
| 2.4.8. Parametry uruchamiania aplikacji..... | 93 |
| 2.4.9. Przerwania..... | 95 |
| 2.4.10. Wsparcie dla standardowej biblioteki języka C..... | 98 |
| 2.5. Projekt wstępny..... | 99 |
| 2.6. Kompilowanie programów..... | 100 |
| 2.6.1. Narzędzia..... | 100 |
| 2.6.2. Program make..... | 101 |
| 2.6.3. Skrypt konsolidatora..... | 112 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 2.7. | Uruchamianie przykładowych programów | 112 |
| 2.7.1. | Uwagi dla użytkowników systemu Linux | 113 |
| 2.7.2. | Uwagi dla użytkowników systemu Windows | 117 |
| 2.8. | Dalsza lektura | 117 |
| 3. | Typowe urządzenia USB | 119 |
| 3.1. | Projekt urządzenia klasy HID | 120 |
| 3.1.1. | Deskryptory | 120 |
| 3.1.2. | Żądania | 122 |
| 3.1.3. | Protokół fazy rozruchu dla myszy i klawiatury | 124 |
| 3.1.4. | Implementacja myszy | 126 |
| 3.1.5. | Dżojstik | 139 |
| 3.1.6. | Funkcja main | 142 |
| 3.1.7. | Kompilowanie i testowanie | 143 |
| 3.2. | Projekt wirtualnego portu szeregowego | 144 |
| 3.2.1. | Deskryptory | 144 |
| 3.2.2. | Żądania i powiadomienia | 147 |
| 3.2.3. | Implementacja | 149 |
| 3.2.4. | Dioda świecąca mocy | 160 |
| 3.2.5. | Kompilowanie i testowanie | 161 |
| 3.3. | Projekt odtwarzacza audio | 164 |
| 3.3.1. | Deskryptory | 164 |
| 3.3.2. | Żądania | 172 |
| 3.3.3. | Synchronizacja | 174 |
| 3.3.4. | Przetwornik cyfrowo-analogowy | 175 |
| 3.3.5. | Implementacja | 180 |
| 3.3.6. | Kompilowanie i testowanie | 187 |
| 4. | Biblioteki | 189 |
| 4.1. | Biblioteka urządzenia USB dla STM32 | 190 |
| 4.1.1. | Makra, stałe i struktury danych | 191 |
| 4.1.2. | Konfigurowanie urządzenia | 192 |
| 4.1.3. | Interfejs programistyczny | 194 |
| 4.1.4. | Rdzeń protokołu | 206 |
| 4.1.5. | Przerwania | 207 |
| 4.1.6. | Abstrakcja sprzętu | 208 |
| 4.1.7. | Główna funkcja programu | 214 |
| 4.1.8. | Wybrane fragmenty implementacji | 214 |
| 4.2. | Biblioteka libusb | 225 |
| 4.2.1. | Inicjowanie i zwalnianie biblioteki | 226 |
| 4.2.2. | Wyszukiwanie i otwieranie urządzenia | 227 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 4.2.3. | Wybieranie konfiguracji i rezerwowanie interfejsu | 230 |
| 4.2.4. | Przesyłanie blokujące | 231 |
| 4.2.5. | Przesyłanie nieblokujące..... | 233 |
| 4.2.6. | Pozostałe funkcje..... | 237 |
| 4.3. | Projekt urządzenia własnej klasy | 238 |
| 4.3.1. | Deskryptory | 238 |
| 4.3.2. | Żądania | 238 |
| 4.3.2. | Implementacja..... | 239 |
| 4.3.3. | Kompilowanie i testowanie | 249 |
| 5. | Zarządzanie zasilaniem urządzenia USB | 253 |
| 5.1. | Wymagania standardu i praktyczne sposoby ich realizacji | 254 |
| 5.1.1. | Komentarz do zawartości standardu | 254 |
| 5.1.2. | Rozszerzenie biblioteki urządzenia..... | 257 |
| 5.2. | Projekt wirtualnego portu szeregowego zasilanego z szyny | 259 |
| 5.2.1. | Implementacja..... | 259 |
| 5.2.2. | Zdalne budzenie..... | 263 |
| 5.2.3. | Kompilowanie i testowanie | 266 |
| 6. | Projekt urządzenia USB wysokiej szybkości | 269 |
| 6.1. | Deskryptory i żądania..... | 270 |
| 6.2. | Protokoły pamięci masowej..... | 272 |
| 6.2.1. | Protokół BOT | 272 |
| 6.2.2. | Protokół SCSI | 274 |
| 6.3. | Implementacja | 276 |
| 6.3.1. | Pamięć zewnętrzna..... | 276 |
| 6.3.2. | Protokół SCSI | 276 |
| 6.3.3. | Protokoły USB i BOT | 286 |
| 6.4. | Kompilowanie i testowanie..... | 300 |
| 7. | Projekt kontrolera HID | 305 |
| 7.1. | Biblioteka kontrolera USB dla STM32 | 306 |
| 7.1.1. | Kody błędów | 307 |
| 7.1.2. | Abstrakcja sprzętu | 308 |
| 7.1.3. | Niskopoziomowe wejście-wyjście | 312 |
| 7.1.4. | Rdzeń protokołu | 318 |
| 7.1.5. | Funkcje pomocnicze | 323 |
| 7.1.6. | Przerwania kontrolera..... | 324 |
| 7.1.7. | Wybrane fragmenty implementacji..... | 325 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| 7.2. | Obsługa myszy i klawiatury..... | 342 |
| 7.2.1. | Protokół fazy rozruchu..... | 342 |
| 7.2.2. | Program demonstrujący..... | 345 |
| 7.2.3. | Kompilowanie i testowanie..... | 349 |
| 8. | Projekt kontrolera pamięci masowej..... | 351 |
| 8.1. | System plików..... | 352 |
| 8.1.1. | Struktura aplikacji..... | 352 |
| 8.1.2. | Implementacja..... | 356 |
| 8.2. | Obsługa pamięci USB Flash..... | 368 |
| 8.2.1. | Protokół BOT..... | 368 |
| 8.2.2. | Protokół SCSI..... | 384 |
| 8.3. | Przykład użycia..... | 391 |
| 8.3.1. | Program demonstrujący..... | 391 |
| 8.3.2. | Kompilowanie i testowanie..... | 395 |
| Dodatek. | Instalowanie narzędzi dla ARM Cortex-M..... | 397 |
| | Literatura..... | 405 |