
Wstęp	9
1. Podstawowe informacje o mikroprocesorach AT91SAM9	11
1.1. Krótka charakterystyka wybranych mikroprocesorów serii AT91SAM9	12
1.1.1. Cechy wspólne	12
1.1.2. Rodzina SAM9 w porównaniu z SAM7	13
1.1.3. Przenośność kodu pomiędzy SAM7 i SAM9	15
1.2. Rdzeń ARM926EJ-S	15
1.2.1. Szybkość działania	15
1.2.2. Pamięci cache	16
1.2.3. Architektura Harvard, ale	16
1.2.4. Jednostka zarządzania pamięcią MMU	18
1.3. Pamięci	18
1.3.1. Pamięci w AT91SAM9260 – co z nimi zrobić?	19
1.3.2. Pamięci zewnętrzne	19
1.3.3. Problem szybkości pamięci zewnętrznej	21
1.3.4. Pamięci TCM	22
2. Jak to podłączyć?	23
2.1. Zasilanie	24
2.2. Taktowanie	26
2.3. Interfejsy USB	27
2.3.1. Podłączenie modułu UDP	28
2.3.2. Podłączenie modułu UHP	28
2.4. Interfejs JTAG	29
2.5. Wyprowadzenia do sterowania pracą mikroprocesora	30
2.5.1. JTAGSEL	30
2.5.2. TST	31
2.5.3. OSCSEL	31
2.5.4. BMS	31
2.5.5. SHDN	32
2.5.6. WKUP	32
2.6. Podłączanie pamięci do zewnętrznej magistrali równoległej	33
2.6.1. Pojedyncza pamięć SDRAM z interfejsem 16-bitowym	33
2.6.2. Projekt płytki drukowanej	34
2.6.3. Dwie pamięci SDRAM i interfejs 32-bitowy	36
2.6.4. Pamięci Flash	38
2.7. Tanie płytki testowe dla mikroprocesorów z rodziny AT91SAM926x	40

3. Zaczynamy	43
3.1. Co się dzieje po zresetowaniu mikroprocesora?	44
3.1.1. Program w zewnętrznej pamięci równoległej.....	45
3.1.2. Program bootloadera w pamięci ROM.....	45
3.1.3. Rozpoznawanie programu wykonywalnego	47
3.1.4. Wykonanie skopiowanego programu	48
3.2. Instalacja programu SAM-BA	48
3.2.1. Wyłączenie inicjalizacji pamięci SDRAM	49
3.3. Uruchamianie własnych programów na AT91SAM9260.....	50
3.3.1. Działanie i uruchamianie bootloadera <i>DataFlash_Programmer</i>	50
3.3.2. Działanie bootloadera <i>SDRAM_Bootloader_cache</i>	55
3.3.3. Konfiguracja bootloadera <i>SDRAM_Bootloader_cache</i>	56
3.3.4. Programowanie pamięci SDRAM za pomocą terminalu.....	57
4. Pierwsze programy	59
4.1. Dostępne obszary pamięci i ich właściwości	60
4.1.1. Wewnętrzne pamięci mikrokontrolera	60
4.1.2. Pamięć SDRAM	62
4.1.3. Moduły peryferyjne	62
4.1.4. TT i pozostałe obszary pamięci	62
4.2. Projekt „zerowy”	63
4.2.1. <i>main.c</i>	63
4.2.2. <i>board.h</i>	63
4.2.3. <i>common.h</i>	65
4.2.4. <i>Makefile</i>	66
4.2.5. <i>delay.c</i>	66
4.2.6. <i>syscalls.c</i>	67
4.2.7. Pozostałe pliki.....	68
4.3. Plik startowy <i>Ccstartup.S</i>	69
4.3.1. Realizowane zadania	69
4.3.2. Obsługa wyjątków.....	69
4.3.3. Rozpoczęcie programu.....	70
4.3.4. Obsługa wyjątku IRQ.....	74
4.3.5. Obsługa wyjątku FIQ.....	76
4.3.6. Obsługa wyjątków <i>Abort</i>	77
4.4. Plik <i>cstartup_SAM9.c</i>	78
4.4.1. Inicjalizacja sygnałów zegarowych	78
4.4.2. Inicjalizacja kontrolera przerw AIC	81

5. Jednostka MMU, zarządzanie pamięcią i inne nieprzyjemne rzeczy	83
5.1. Coś nowego, coś innego.....	84
5.1.1. Przestrzeń adresowa.....	84
5.1.2. Zabezpieczenia.....	85
5.1.3. Tabela translacji.....	86
5.1.4. Pamięci cache.....	87
5.1.5. Bufor TLB.....	89
5.1.6. Bufor zapisu.....	89
5.2. Rozmowa z MMU.....	90
5.2.1. Rejestry koprocatora i dostęp do nich.....	90
5.2.2. Tworzymy wstawkę.....	91
5.2.3. Gotowe funkcje obsługi koprocatora.....	92
5.2.4. Uaktywnianie samej pamięci ICACHE.....	93
5.3. Jak uaktywnić pamięć DCache?.....	94
5.3.1. Domeny.....	94
5.3.2. Tworzenie tabeli translacji.....	95
5.3.3. Włączenie MMU i uaktywnienie pamięci cache.....	100
5.4. Zabezpieczenie pamięci.....	101
5.4.1. Uruchomić program dostarczony z zewnątrz.....	101
5.4.2. Zarys sytuacji.....	102
5.4.3. Program testowy <i>Supervisor_Simple</i>	103
5.4.4. Programy „użytkownika”.....	103
5.4.5. Poprawny program.....	104
5.4.6. Program nieprawidłowy.....	105
5.4.7. Uruchamianie programu użytkownika.....	107
5.4.8. Obsługa wyjątku SWI.....	109
5.4.9. Obsługa wyjątków <i>Abort</i>	112
5.5. Translacja adresów w praktyce.....	115
5.5.1. Program przykładowy <i>Supervisor_Virtual</i>	115
5.5.2. Analiza kodu programu <i>Supervisor_Virtual</i>	117
5.5.3. Eksperyment z pamięciami cache.....	117
5.6. Tablice stron.....	118
5.6.1. Translacja adresów pod lupą.....	118
5.6.2. Pierwszy program przykładowy.....	121
5.6.3. Drugi program przykładowy.....	126
5.6.4. Dalsze pomysły.....	129
5.7. Wprowadzenie do wielozadaniowego systemu operacyjnego.....	130
5.7.1. Podejście najprostsze.....	130
5.7.2. Zastosowanie pamięci wirtualnej.....	131
5.7.3. Zastosowanie sprzętowego wspomaganie w przełączaniu zadań.....	133

6. Obsługa kart pamięciza pomocą kontrolera MCI	137
6.1. MMC, SD, SDHC... najważniejsze, by się nie pogubić.....	138
6.2. Interfejs elektryczny.....	140
6.3. Transmisja danych kontrolnych.....	141
6.3.1. Wysyłanie komend.....	142
6.3.2. Rejestr MCI_CMDR.....	144
6.3.3. Komendy ACMD.....	145
6.4. Inicjalizacja kontrolera MCI i karty SD/SDHC.....	146
6.4.1. Inicjalizacja kontrolera MCI w funkcji <i>mcInit</i>	146
6.4.2. Rozpoznawanie i inicjalizacja kart SD/SDHC w funkcji <i>cardInit</i>	149
6.4.3. Odczyt rozmiarów karty przez program nadrzędny.....	155
6.5. Transfery danych bez użycia kanału DMA.....	156
6.5.1. Odczyt pojedynczego bloku.....	156
6.5.2. Zapis pojedynczego bloku do pamięci Flash karty.....	158
6.6. Transfery danych z wykorzystaniem kanału DMA.....	159
6.6.1. Odczyt danych z karty.....	160
6.6.2. Zapis danych na kartę.....	162
6.7. Funkcje interfejsowe sterownika <i>sd.c</i>	164
6.8. Program przykładowy i integracja z biblioteką FatFS.....	165
6.8.1. Inicjalizacja biblioteki FatFS i karty SD.....	166
6.8.2. Wyświetlenie listy plików i katalogów – obsługa długich nazw.....	166
6.8.3. Odczyt pojemności karty pamięci.....	171
6.8.4. Zapis i odczyt pliku.....	171
6.8.5. Test szybkości zapisu i odczytu.....	172
7. Przetwarzanie dźwięku, czyli jedno z najciekawszych zastosowań modułu SSC	175
7.1. Czym się zajmiemy?.....	176
7.2. Magistrala szeregową I ² S.....	176
7.2.1. Hierarchia układów na magistrali I ² S.....	177
7.2.2. Realizacja transmisji danych przez I ² S.....	179
7.3. Współpraca mikroprocesora z kodekiem na przykładzie AT91SAM9260 i UDA1380.....	180
7.3.1. Połączenie elektryczne kodeka i mikroprocesora.....	180
7.4. Oprogramowanie kodeka.....	183
7.4.1. Inicjalizacja kodeka.....	183
7.4.2. Inicjalizacja kontrolera SSC – funkcja <i>codecSscConfig</i>	183
7.4.3. Przesyłanie danych do i z kodeka.....	190

7.4.3.	Włączenie i wyłączenie sygnału zegarowego.....	192
7.4.5.	Pozostałe funkcje obsługi kodeka	196
7.5.	Magnetofon cyfrowy	197
7.5.1.	Obsługa magnetofonu.....	197
7.5.2.	Działanie programu.....	199
7.6.	Realizacja prostych algorytmów przetwarzania dźwięku.....	204
7.6.1.	Obsługa programu	204
7.6.2.	Działanie programu.....	205
7.6.3.	Realizacja filtru FIR.....	208
7.6.4.	Skąd wziąć współczynniki filtru, czyli przyspieszony kurs Octave	210
7.6.5.	Efekt cyfrowego echa.....	213
8.	Interfejs sensora obrazu ISI.....	215
8.1.	Krótkie wprowadzenie, czyli „o co chodzi?”	216
8.2.	Sensory obrazu.....	217
8.2.1.	Typowe sygnały modułu kamery	217
8.2.2.	Przesyłanie danych graficznych	219
8.3.	Moduł ISI.....	222
8.3.1.	Podstawowe funkcje realizowane przez ISI.....	222
8.3.2.	Zapis danych do pamięci RAM.....	223
8.3.3.	Interfejs elektryczny modułu ISI oraz podłączenie kamery do mikroprocesora	225
8.4.	Program przykładowy	227
8.4.1.	Podłączamy sprzęt.....	227
8.4.2.	Uruchamiamy program	228
8.4.3.	Inicjalizacja modułu ISI	229
8.4.3.	Komunikacja z sensorami obrazu PO2030 i PO6030	231
8.4.4.	Konfiguracja modułu ISI	233
8.4.5.	Wyświetlanie obrazu ze ścieżki podglądu	237
8.4.7.	Pobieranie obrazu ze ścieżki kodeka	238
8.5.	Co dalej?.....	240
Dodatek A.	Przyspieszony kurs asemblera.....	241
A.1.	Jak zacząć?	242
A.2.	Kod asemblera we własnym programie	243
A.3.	Rodzaje instrukcji asemblera.....	243
A.3.1.	Instrukcje skoków	244
A.3.2.	Instrukcje służące do przetwarzania danych	246
A.3.3.	Operacje mnożenia.....	249
A.3.4.	Rozkazy dostępu do słowa statusowego.....	250

A.3.5. Rozkazy przesłań (instrukcje <i>Load</i> i <i>Store</i>).....	251
A.3.6. Rozkazy przesłań wielu rejestrów i działania na stosie	253
A.4. Wstawki asemblera w języku C	255
A.4.1. Podejście najprostsze.....	255
A.4.2. Pełna składnia polecenia <i>asm</i>	256
A.5. Przypisanie rejestru do zmiennej	258
Dodatek B. Jak napisać skrypt linkera?.....	259
B.1. Zadanie do wykonania	260
B.2. Podstawowe zasady tworzenia skryptów linkera.....	263
B.3. Bardzo prosty skrypt linkera.....	264
B.4. Rozbudowa skryptu.....	266
B.5. Definicja regionów pamięci.....	268
B.6. Usunięcie sekcji <i>.bss</i> z pliku wynikowego.....	270
B.7. Ostateczna postać skryptu linkera: <i>sdram.lds</i>	272
B.8. Wybór sekcji dla zmiennych.....	276
Literatura.....	277