

PREDGOVOR15

POGLAVLJE 1 • POČETAK.....19

1.1 • Mikro šta?	19
1.2 • 32-bitni procesor	24
1.3 • Programi mikrokontrolera	26
1.4 • Radni takt	30
1.5 • Funkcije	33
1.5.1 • Brojčani sistemi	33
1.5.2 • Omov zakon	37
1.6 • Prekidači	38
1.7 Svetleće diode (LED-ovi)	41
1.8 • Tranzistori	43
1.9 • Napajanja	47
1.9.1 • Linearni regulatori	48
1.9.2 • Prekidačka napajanja	50
1.10 • Hardver razvojne ploče	51
1.11 Blok dijagrama	52
1.12 • Ulaz napajanja	53
1.13 • Glavni procesor, JTAG, radni takt i veze	54
1.14 • ANT 2.4 GHz primopredajnik	56
1.15 • Korisnički IO: LCD, LED-ovi, dugmad, zujalica	57
1.16 • J-Link ploča	57
1.17 • Rezime	60

POGLAVLJE 2 • RAZVOJNO OKRUŽENJE I UPRAVLJANJE VERZIJAMA.61

2.1 • Integrisano razvojno okruženje IAR	61
2.2 • Instalacija IAR-a	62
2.3 Podešavanje novog projekta	63
2.4 Datoteke u novom projektu	71
2.5 • IAR simulator i debager	75
2.6 • Druge programerske alatke	81
2.6.1 • Tera Term	81
2.6.2 • GitHub Desktop	82
2.6.3 • ANTware II	83
2.6.4 • nRFgo Studio	83
2.6.5 • Windows postavke	83
2.7 • Upravljanje verzijama pomoću Git-a	84

POGLAVLJE 3 • ARM CORTEX-M3 ASEMBLERSKI JEZIK91

3.1 • Registri jezgra	91
3.2 • Instrukcije	93
3.3 • Sintaksa asemblerskog jezika	94
3.4 • Instrukcije za učitavanje i skladištenje	101
3.5 • Hello World na asemblerskom jeziku	103

POGLAVLJE 4 • UGRAĐENI C.....115

4.1 • Dokumentacija	115
4.2 • Doxygen.....	117
4.2.1 • Dokumentovanje “pravih informacija”	117
4.2.2 • Kreiranje konfiguracione datoteke.....	118
4.2.3 • Blokovi specijalnih komentara	120
4.2.4 • Doxygen tagovi u kodu	122
4.2.5 • Doxygen primer.....	123
4.3 • Konvencije kodiranja	125
4.3.1 • Definicije tipova	125
4.3.2 • Mađarska notacija.....	126
4.3.3 • Definicija preprocesorskih simbola	127
4.3.4 • Zagrade { }	127
4.3.5 • Iskazi switch	127
4.3.6 • Razmak	128
4.3.7 Globalne promenljive	128
4.3.8 • Doxygen tagovi	129
4.3.9 • Deklaracije funkcija	129
4.3.10 • Deklaracije stanja.....	130
4.3.11 • Tabulatori i uvlačenje.....	130
4.3.12 • Prioritet operatora	130
4.4 • Pregled C datoteke projekta.....	131
4.4.1 • Pristupanje registrima.....	135
4.5 • Kako pokrenuti procesor.....	137
4.5.1 • Watchdog tajmer.....	137
4.5.2 Inicijalizacija radnog takta i napajanja	139
4.5.3 • Implementiranje podešavanja radnog takta	141
4.6 • Inicijalizacija GPIO-a	143
4.7 • Programske strukture	144
4.7.1 • Beskonačna petlja	144
4.7.2 • Operativni sistemi.....	146
4.7.3 • Nadređena petlja mašine stanja	147

4.8 • Implementiranje SM nadređene petlje	151
4.8.1 • Inicijalizacija	152
4.8.2 • Nadređena petlja stanja mašine	152
4.9 • helloworld.c	155
4.10 • Sledeći koraci	159

POGLAVLJE 5 • GPIO I LED DRAJVER161

5.1 • SAM3U2 ulazi i izlazi opšte namene	161
5.2 • Spoljni hardver	162
5.2.1 • Dodela pinova	163
5.3 • PIO periferija	168
5.4 • PIO unutrašnji hardver.....	169
5.4.1 • Logički blok dijagram	170
5.5 • PIO registri	174
5.6 • Dodavanje novog zadatka	178
5.7 • LED drajver.....	181
5.8 • Implementacija drajvera	184
5.9 • Treptanje	188
5.9.1 • Datoteka mape	191
5.10 • Poglavlje za vežbu	193

POGLAVLJE 6 • PREKIDI I DRAJVERI DUGMADI194

6.1 • Prekidi.....	194
6.2 • Prekidi na mikrokontroleru SAM3U2	195
6.2.1 • Prekidi zavise od hardvera	196
6.2.2 • Prekide treba konfigurisati pomoću firmvera.....	196
6.2.3 Prekidi se mogu omogućiti i onemogućiti globalno.....	197
6.2.4 Prekid „prisiljava“ procesor da pokrene rutinu za obradu prekida.....	197
6.2.5 Prekidi imaju prioritete	198
6.2.6 • Prekidi mogu (i hoće) da se dešavaju bilo kada, bilo gde.....	199
6.2.7 Prekidi zahtevaju očuvanje konteksta	199
6.2.8 • Prekidi postavljaju flegove koje treba izbrisati	200
6.2.9 • ISR treba da bude kratak i brz.....	200
6.3 • Izvori korisničkog vodiča za prekid.....	200
Odeljak 2.15 • Model izuzetka	200
Odeljak 12.5.4 • Vektorska tabela	200
Odeljak 12.5.5 • Prioriteti izuzetaka	201
Odeljak 12.5.7.5. • Unos izuzetka	202
Odeljak 12.9 • Unutrašnje funkcije	202

Odeljak 12.19 • Nested Vectored Interrupt Controller.....	202
Odeljak 11.1 Identifikatori periferija	203
6.4 • Prekidi i C	204
6.4.1 • Vektorska tabela.....	204
6.4.2 Prioriteti.....	204
6.4.3 • Omogućavanje i onemogućavanje izvora prekida periferija	205
6.5 • Prekidi periferija	208
6.5.1 • GPIO prekidi	208
6.5.2 • Prekidi tajmera/brojača.....	208
6.5.3 • Prekidi komunikacionih periferija	209
6.5.4 • Drugi prekidi periferija	209
6.6 • Pregled i podešavanje drajvera dugmeta.....	209
6.6.1 • Debaunsiranje.....	209
6.6.2 • Istorija dugmeta ili detekcija ivice.....	210
6.6.3 • Duži pritisak dugmeta	210
6.7 • Rad dugmeta	210
6.7.1 • Dugme definicija tipova (typedefs).....	212
6.8 • PIO prekidi.....	213
6.9 • API dugmeta.....	223
6.10 • Vežba za poglavlje	225
Poglavlje 7 • Spavanje, sistemski otkucaj i periferija tajmera.....	226
7.1 Spavanje	226
7.2 Konfiguracija sistemskog otkucaja	227
7.2.1 Vreme otkucaja i CTRL INIT vrednosti.....	228
7.3 • Periferija tajmera	234
7.4 • Istaknute stavke tajmera brojača (Timer Counter)	236
7.5 • Registri brojača tajmera	238
7.6 • Drajver tajmera.....	241
7.7 • API tajmera.....	242
7.8 Vežba za poglavlje	247

POGLAVLJE 8 • MODULISANJE ŠIRINE IMPULSA248

8.1 • PWM koncepti	248
8.2 • PWM na lakši način: SAM3U2 PWM periferija	250
8.3 • Istaknute stavke periferije	251
8.4 • PWM i zvuk	252
8.5 • EiE hardver zvuka.....	253
8.6 • PWM registri.....	254
8.7 • Audio drajver razvojne ploče.....	257

8.7.1 • Inicijalizacija audio funkcije.....	258
8.7.2 • Audio API funkcije	259
8.7.3 Funkcije PWMAudioOn() i PWMAudioOff()	262
8.8 • PWM na teži način: bit bashing	263
8.9 • LED PWM projektovanje	264
8.10 • Zvučni bitovi	270
8.11 • Više korisničkih zadataka	272
8.12 • Vežba za poglavlje	274

POGLAVLJE 9 • DMA I RAZMENA PORUKA275

9.1 • Prenos podataka	275
9.2 • Konflikti resursa	277
9.3 • Direktan pristup memoriji – DMA.....	278
9.3.1 • PDC registri	282
9.3.2 • PDC prekidi	284
9.3.3 • Prenos pomoću DMA-a.....	285
9.3.4 • Prijem pomoću DMA	286
9.4 • Povezane liste	286
9.5 • Hardverske greške.....	289
9.6 • EiE zadatak razmene poruka	292
9.6.1 • Strukture podataka zadatka razmene poruka	294
9.6.2 • Zaštićene funkcije zadataka razmene poruka	299
9.7. • Slanje poruka javnih funkcija	309
9.7.1 • QueryMessageStatus()	309
9.8 • Mašina stanja razmene poruka.....	311
9.9 Vežba za poglavlje	312

POGLAVLJE 10 • SERIJSKA KOMUNIKACIJA I BAGOVI313

10.1 • Pregled RS-232 serijske komunikacije	313
10.1.1 • Taktovanje	316
10.1.1 Signaliziranje	318
10.2 • Greške podataka	319
10.3 ASCII	321
10.4 • Skladištenje i prikaz znakova	322
10.5 • SAM3U2 periferija	325
10.5.1 • Istaknute stavke periferije	326
10.5.2 Baud Rate Generator	328
10.6 • UART registri.....	330
10.6.1 • EIE UART drajver	332

10.6.2 UART strukture podataka zadatka	333
10.6.3 • Funkcije UART drajvera	335
10.7 • UART prekidi.....	342
10.8 • Dizajn UART drajvera	343
10.8.1 • Prenos podataka	343
10.8.2 • Prijem podataka	347
10.9 • Dodela dinamičke memorije	349
10.10 Zadatak debugovanja	352
10.11 • API za debugovanje	353
10.11.1 • DebugPintf()	354
10.11.2 • DebugPrintNumber()	355
10.12 • Čitanje unosa znakova	356
10.12.1 • DebugInitialize()	357
10.12.2 • DebugRxCallback()	358
10.13 • Programerski pristup debugovanju	359
10.14 • Kontrolni kodovi terminala	369
10.15 • Vežba za poglavlje	370

POGLAVLJE 11 • SPI KOMUNIKACIJA POMOĆU I2C371

11.1 • SPI signaliziranje	371
11.2 • SPI hardver.....	377
11.3 • SPI registri	378
11.4 • EIE SPI drajver.....	382
11.5 • Master prenos.....	385
11.6 • Master slanje	385
11.7 • Slave prenos.....	386
11.8 • Slave prijem.....	386
11.9 • Slave prenos sa kontrolom toka.....	386
11.10 • Slave slanje i kontrola toka	387
11.11 • Chip Select.....	387
11.12 • SPI strukture podataka	388
11.13 • SPI funkcije drajvera zajedno sa UART-om	390
11.14 Nove SPI funkcije drajvera	391
11.14.1 • SspRequest().....	391
11.14.2 SspRelease ().....	392
11.14.3 SspAssertCS() / SspDeassertCS()	394
11.14.4 • SspReadByte() / SspReadData()	394
11.14.5 SspQueryReceiveStatus()	395
11.14.6 • SspGenericHandler()	397

11.15 • Ssp mašina stanja	403
11.16 • Interfejs Blade priključne ploče	407
11.17 • Primer projekta za Blade	409
11.17.1 • Konfiguracione podrazumevane vrednosti i interfejs Blade firmvera 409	
11.17.2 UserApp1Initialize()	412
11.17.3 • UserApp1SM	413
11.18 • Vežba za poglavlje	414

POGLAVLJE 12 • I2C I ASCII LCD.....416

12.1 Inter-Integrated Circuit (I ² C) komunikacija	416
12.2 I2C hardver	417
12.3 • I2C signaliziranje	419
12.4 • EiE TWI hardver	422
12.5 • I2C (TWI) na procesoru SAM3U2	422
12.6 • TWI i PDC	423
12.7 • TWI registri	425
12.8 • TWI drajver.....	427
12.8.1 • TWI strukture podataka	428
12.8.2 • TWI funkcije drajvera	429
12.9 • TWI mašina stanja i ISR	434
12.9.1 • TWI Transmit	434
12.10 • TWI drajver.....	439
12.10.1 • NACK i greške	442
12.11 • ASCII LCD	444
12.11.1 • Hardver LCD-a	445
12.11.2 • LCD kontroleri.....	446
12.11.3 • Interfejs LCD-a	447
12.12 • Character i Control Data režimi.....	449
12.13 • Korišćenje LCD kontrolera	450
12.14 • Kontrolni bajt sa bitovima Co i Rs	451
12.14.1 • RAM za adrese znakova	452
12.14.2 • Skup komandi za LCD	453
12.14.13 • Inicijalizacija LCD-a.....	454
12.15 • LCD aplikacija	457
12.15.1 • LcdCommand()	458
12.15.2 LcdMessage()	458
12.15.3 • LcdClearChars()	459
12.16 • Vežba za poglavlje	460

POGLAVLJE 13 • ANALOGNO-DIGITALNA KONVERZIJA.....461

13.1 • Osnove ADC-a.....	461
13.1.1 • Kvantizacija	461
13.1.2 • Uzorkovanje.....	461
13.1.3 • Propusni opseg i alijasing.....	462
13.1.4 • Nikvistova frekvencija	463
13.1.5 • Rezolucija	464
13.1.6 Isecanje (Clipping).....	465
13.2 Karakteristike ADC-ova	465
13.2.1 • Preciznost, greška i ENOB.....	466
13.2.2 • Nedostajući kodovi.....	467
13.2.3 • Referentne napone	467
13.2.4 • Šum	468
13.2.5 Pojedinačno i diferencijalno merenje	468
13.2.6 Obrada signala.....	469
13.3 EiE ADC hardver	470
13.4 SAM3U2 12-bitna ADC periferija	471
13.4.1 ADC registri	472
13.5 • EIE ADC drajver.....	475
13.5.1 • ADC inicijalizacija.....	477
13.5.2 • ADC prekid	478
13.5.3 • ADC mašina stanja	478
13.6 EIE ADC API	479
13.6.1 void Adc12AssignCallback()	479
13.6.2 • bool Adc12StartConversion()	480
13.7 • Vežba za poglavlje	481

POGLAVLJE 14 • ANT RADIO SISTEM.....483

14.1 • ANT bežični radio	484
14.2 • Izrada ANT steka.....	485
14.2.1 • ANT fizički sloj	486
14.3 • Dokument ANT Message Protocol and Usage	487
14.3.1 • ANT protokol: odeljci od 1 do 4.....	487
14.3.2 Odeljak 5 ANT protokola: parametri kanala.....	488
14.3.3 • ANT ID kanala	489
14.3.4 • Tipovi podataka prenosa.....	490
14.3.5 • Odeljak 6 ANT protokola: Uparivanje.....	491
14.3.6 • Odeljak 7 ANT protokola: ANT interfejs	492
14.3.7 • Odeljci 8 i 9 ANT protokola: Primeri i dodaci	493

14.4 Upravljanje porukama	494
14.4.1 Razmena poruka sa zatvorenim kanalom	494
14.4.2 • Razmena poruka kada je kanal otvoren	496
14.5 • Debagovanje ANT sistema	497
14.6 • Programiranje ANT podsistema	498
14.6.1 Dizajn firmvera ant.c i ant_apl.c	499
14.6.2 • Strukture podataka	500
14.6.3 • Serijski drajveri i ANT hardverski interfejs	502
14.6.5 • ANT_TICK i ANT_DATA	528
14.7 • ANT mašina stanja	536
14.7.1 • Inicijalizovanje ANT SM-a	536
14.8 • Implementiranje ANT mašine stanja	539
14.9 • Rezima API-ja	542
14.9.1 • ANT konfiguracija	543
14.9.2 ANT poruke podataka	546
14.10 Vežba za poglavlje	549
14.11 Zaključak	550