

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	11
Worum es geht	12
Warum STM32F4?	13
Zielgruppe dieses Buches	14
Voraussetzungen	15
Aufbau des Buches	16
Einsatz von Bibliotheken?	21
Entwicklungsumgebungen	24
Hinweis zu den Prozessorregistern	24
Support	25
Anmerkungen des Autors	25
Teil I Grundlagen	27
1 STM32F4xx-Mikrocontroller	29
1.1 Überblick über die STM32F4xx-Familie	29
1.2 Der STM32F446	31
1.2.1 Varianten des STM32F446	31
1.2.2 Speicherbelegung/Memory-Mapping	33
1.2.3 Interner Aufbau des STM32F446	37
1.2.4 Bussysteme des STM32F446	41
2 CMSIS und MCAL erstellen, der Bootprozess, Anwendung der CMSIS	43
2.1 Warum sollte eine CMSIS-Bibliothek erstellt werden?	43
2.2 Die CMSIS-Bibliothek	45
2.2.1 Beschaffung der CMSIS-Dateien	45
2.2.2 Aufräumarbeiten	46
2.2.3 Erstellen der Bibliothek	48
2.2.4 Fertigstellen der CMSIS-Bibliothek	51
2.2.5 Einstellen von Suchpfaden	51
2.2.6 Abschlussarbeiten an der CMSIS-Bibliothek	53
2.2.7 Verwenden von CMSIS in eigenen Projekten	54

2.3	Der Bootvorgang	60
2.3.1	Der Reset-Handler	61
2.3.2	SystemInit	64
2.3.3	Grundlagen der Takterzeugung	64
2.3.4	Linkerscripts	65
2.4	MCAL / MCAL-STM	73
3	Embedded C vs. Standard C	77
3.1	Kommentare	78
3.2	Benennung von Funktionen, Variablen und Konstanten	78
3.3	Verwendung geschweifeter Klammern	79
3.4	if()-Vergleiche mit Konstanten	80
3.5	Verwendung von Konstanten	81
3.6	Verwendung globaler Variablen	81
3.7	Datentypen	82
3.8	Datentypen in der STM-Dokumentation	84
4	RCC, SYSCFG und SCB	85
4.1	Reset and Clock Control (RCC)	85
4.1.1	Reset: Verschiedene Reset-Arten	86
4.2	System Configuration Controller (SYSCFG)	90
4.3	System Control Block (SCB)	91
5	Einstellung von Taktfrequenzen	95
5.1	Einflüsse der Taktfrequenz	95
5.2	Taktsystem	102
5.2.1	Orientierung im »Clock tree«	102
Teil II	Kernkomponenten der STM32F4xx-Mikrocontroller	117

6	GPIO: General Purpose Input/Output	119
6.1	Features und Grenzdaten	120
6.2	GPIO-Register	121
6.3	Zwei einfache Beispiele	130
6.3.1	Rechtecksignal mit dem ODR-Register	131
6.3.2	MCAL: Neue Funktion(en)	133
6.3.3	Rechtecksignal mit BSRR	133

7	Polling, Interrupts und Exceptions	137
7.1	Allgemeines zu Polling und Interrupts	138
7.1.1	Polling	138
7.1.2	Interrupts	139
7.1.3	Interrupts beherrschen	140
7.1.4	Maskierbare und nicht-maskierbare Interrupts	141
7.1.5	Globale Interrupts	142
7.1.6	Der Nested Vector Interrupt Controller NVIC	143
7.2	Externe Interrupts	148
7.2.1	External Interrupt/Event Controller (EXTI)	149
7.2.2	Beispiel zu externen Interrupts	154
7.2.3	Erkennung mehrerer externer Interrupts	160
7.3	Exceptions	167
8	Alternative GPIO-Funktionen	169
8.1	Wiederholung	169
8.2	Aktivieren alternativer Funktionen	171
8.3	Auswahl alternativer Funktionen	171
9	System Tick Timer (SysTick)	175
9.1	Verwendung des SysTick-Timers	177
9.2	Steuerung mehrerer Funktionen	182
9.3	Steuerung mehrerer Funktionen: Ein verbesserter Ansatz	188
9.4	Register des SysTick-Timers	200
10	Timer-Grundlagen und Basic Timer	203
10.1	Allgemeines zu Timern und Countern	206
10.2	Basic Timer TIM6 und TIM7	208
10.2.1	Beispiel mit Basic Timer TIM6	212
10.3	Prescaler (Vorteiler) der Busse	217
11	General-Purpose Timer (GP-Timer)	221
11.1	GP-Timer, Teil 1: TIM9 bis TIM14	222
11.1.1	Register der GP-Timer TIM9 bis TIM14	223
11.1.2	Beispiel 1 zum Einsatz von TIM12	228
11.1.3	Beispiel 2 zum Einsatz von TIM12	232
11.2	GP-Timer, Teil 2: TIM2 bis TIM5	237
11.2.1	Einschub: Pulsweitenmodulation (PWM)	239
11.2.2	Beispiel: Dimmen einer LED mittels PWM	244

12	Advanced-Control Timer	251
12.1	Neue Register der Advanced-Control Timer	252
12.2	Einschub: Schalten induktiver Lasten	256
12.3	Beispiel zur Totzeitgenerierung mit dem STM32F446	258
	12.3.1 Das Projekt Kap11-ACTIM-01-Center-and-Edge-Align.	258
13	Digital-Analog-Konverter	265
13.1	Technische Verfahren der D/A-Wandlung	265
	13.1.1 Die Parallelwandlung	266
	13.1.2 Das Zählverfahren	267
	13.1.3 Das R-2R-Verfahren	267
13.2	DACs in der STM32F4xx-Familie.	268
	13.2.1 Datenhaltereregister.	269
	13.2.2 Datenformate	270
13.3	Die Register des DAC	271
13.4	Ein einfaches Anwendungsbeispiel	273
13.5	Tipps für eigene Anwendungen	278
14	Analog-Digital-Wandlung	279
14.1	ADCs in der STM-Familie.	280
14.2	Register in den STM-ADCs.	284
14.3	Anwendungsbeispiel	289


Teil III Serielle Schnittstellen 295

15	Serielle Kommunikation	297
15.1	Grundlegende Begriffe	298
	15.1.1 Kommunikationsrichtungen	298
	15.1.2 Aufbau der Daten	299
	15.1.3 Datenpegel.	301
	15.1.4 Übertragungsgeschwindigkeit.	302
	15.1.5 Übertragungsprotokolle.	302
	15.1.6 Asynchrone vs. synchrone Datenübertragung	303
15.2	Ausführungsformen einfacher RS-232-Schnittstellen	304
16	UARTs und USARTs	305
16.1	Was sind UARTs und USARTs?.	306
	16.1.1 Die UART/USART-Register	307
	16.1.2 Empfangen und Senden von Daten	312

17	Inter-Integrated Circuit I²C	321
17.1	Die ursprüngliche Idee hinter I ² C	321
17.2	Prinzipieller Aufbau einer I ² C-Schaltung	322
17.3	Betriebsarten/Protokoll von I ² C	325
17.3.1	Vier Betriebsarten.	325
17.3.2	Das I ² C-Protokoll	327
17.4	I ² C in der STM32F4xx-Familie	329
17.5	Ein Beispiel mit dem PCF8574	336
17.5.1	Der PCF8574	338
17.5.2	Das Programmlisting.	339
17.6	Daten lesen von I ² C-Komponenten	348
17.7	Anmerkungen zu den Beispielprojekten.	352
18	Serial Peripheral Interface SPI	357
18.1	Datentransfer in SPI-Interfaces	360
18.1.1	CPHA = 1	360
18.1.2	CPHA = 0	361
18.1.3	Anwendung von SPI	362
18.2	SPI-Register der STM32F4xx-Familie	362
18.3	Ein einfaches Beispiel mit dem MAX7219	368
18.3.1	Kurzbeschreibung des MAX7219	378
18.4	Eine kleine Übung.	379
Teil IV Weitere Komponenten		381
19	Direct Memory Access (DMA)	383
19.1	Funktionsweise	384
19.2	DMAC(s) in der STM32F4xx-Familie	385
19.3	Beispiel: Memory → USART2 → PC mit DMA	392
19.3.1	Erläuterung der Funktionsweise.	397
19.3.2	»Probleme« von DMA	399
20	Watchdog	401
20.1	Independent Watchdog (IWDG)	401
20.2	Window Watchdog (WWDG)	403
20.2.1	Funktionsweise.	404
20.3	Debuggen und Watchdogs	406

Anhang

A	Internetadressen und Literaturnachweise	407
A.1	Literaturnachweise	407
A.2	Infos zur STM32F4xx-Familie	408
A.3	Programmierung in C	408
A.4	Tastaturkürzel von STM32CubeIDE	408
A.5	Internettutorials	408
A.6	Support	409
B	Dokumentation der MCAL	411
B.1	Grundlegender Aufbau der Dokumentation	411
B.2	Erläuterung einzelner Funktionen	412
C	Einführung in das Debuggen	415
C.1	Debugger einrichten	416
C.2	Variablen »beobachten«	420
C.3	Anzeige von Prozessorregistern	422
C.4	Anzeige von SRAM-Inhalten	423
C.5	Vorsicht bei Watchdogs!	423
C.6	Ein weiteres tolles Feature.	425
	Stichwortverzeichnis	427

Diese Leseprobe haben Sie beim
 edv-buchversand.de heruntergeladen.
 Das Buch können Sie online in unserem
 Shop bestellen.
[Hier zum Shop](#)