

Inhalt

Danksagung	IX
Über den Autor	XI
1 Einführung	1
2 Schaltungstechnische Grundlagen	5
2.1 Passive Bauteile – R, L und C	5
2.2 Aktive Komponenten	9
2.3 Schaltungsberechnung und Simulation	12
3 Schaltungstechnik	21
3.1 Analoge Schaltungen	21
3.2 Der Transistor als Schalter	23
3.3 Digitale Grundfunktionen	24
3.3.1 Negation	26
3.3.2 UND-Verknüpfung	27
3.3.3 ODER-Verknüpfung	28
3.3.4 TTL-Bausteine als industrielle Lösung	29
4 Digitale Schaltungssynthese	35
4.1 Aufstellen der logischen Schaltfunktionen	35
4.2 Schaltungssynthese mittels kanonischer Normalform	37
4.3 Simulation digitaler Schaltungen mit Logisim	39
4.4 Boolesche Algebra	41
4.5 Minimierung nach Karnaugh-Veitch	42

4.6	Zahlensysteme und deren Darstellung	45
4.7	Codierung und Fehlerkorrektur	49
4.8	Schaltnetze	57
4.8.1	Codeumsetzer	57
4.8.2	Multiplexer und Demultiplexer	60
4.8.3	Arithmetische Grundfunktionen	65
4.9	Schaltwerke	71
4.9.1	Flip-Flops als Grundbausteine der Schaltwerke	74
4.9.2	Schieberegister	81
4.9.3	Asynchrone Zähler	85
4.9.4	Synchrone Zähler	87
4.9.5	Sonderfunktionen	91
5	Hardware eingebetteter Systeme	95
5.1	Mikrocontroller vs. Mikroprozessor	98
5.2	CPU	99
5.3	Speicherlayout und Speichertypen für MCUs	101
5.3.1	Programmspeicher (ROM)	104
5.3.2	Arbeitsspeicher (RAM)	109
5.4	Takterzeugung	111
5.5	Busanpassung und digitale IOs	113
5.6	Interrupt-Handling	124
5.7	Peripheriemodule	133
5.7.1	Zeitgeber und Zähler	133
5.7.2	Analog-Digital-Wandler	141
5.7.3	Serielle Schnittstellen	144
5.7.4	Sonderfunktionen	154
6	Programmierung eingebetteter Systeme	157
6.1	Notation und Programmierstil in C	157
6.2	Speicherlayout und Variablenhandling in Funktionen	164
6.3	Erste Schritte mit Mbed	168
6.4	Rowley Crossworks für Experten	173
6.5	Multitasking auf dem Mikrocontroller	179

7	Anwendungen eingebetteter Systeme	191
7.1	Vom Einplatinenrechner zum Mikrocontroller	191
7.2	„Blick zurück nach vorn“ – Tiny BASIC mit U883	194
7.3	Kryptografie in BASIC mit einer 8-Bit-MCU	198
7.4	ROBOTECH als Urahn der Roboter	206
7.5	Mit Robo Eye auf Pirsch	208
7.5.1	Hardwarebasis des Robotersystems	208
7.5.2	Das geheime Auge – „Spy on your nerd friends!“	214
7.5.3	Bildübertragung mit dem Robo Eye	218
7.5.4	Objektdetektion in Echtzeit auf einer 16-Bit-MCU	221
7.5.5	Bilddatenkompression mittels BTC	227
7.6	„Wir lassen Intelligenz fliegen“ – unbemannte Luftfahrzeuge stellen sich vor	232
7.6.1	„Trial und Error“ – des Ingenieurs schwarze Kunst	232
7.6.2	Lagestabilisierung für Dummies	235
7.6.3	Flugsimulation im Labor	242
7.6.4	Der ARM Cortex-M3 bekommt Flügel	247
8	PIRX^{AT} – vom Prototyp zum UAV-Testvehikel	257
8.1	Designkonzept eines UAV	257
8.2	Echtzeit-Multitaskingsystem nicht nur für Autopiloten	262
8.3	Das theoretische Modell als Grundlage der „Fliegekunst“	270
8.4	Testhardware für den Autopiloten PIRX ^{AT+}	275
8.5	Flugerprobung	280
9	Zusammenfassung und Ausblick	285
10	Übungsaufgaben mit Lösungsweg	289
	Literaturverzeichnis	311
	Index	317

Index

Symbole

7-Segment-Anzeige 58

A

Abtastrate 141
Abzählanschreibweise 45
Addition 49, 65
aktive Bauelemente 9
Alignment 246
Apollo Guidance Computer 30
Arbeitsgerade 22
Arbeitspunkt 22
arithmetische Grundfunktion 65
atomare Operation 264

B

BCD-Kodierung (binary coded decimal)
50
Bildungsvorschrift 52
Bitzeit 152
Bleisulfid 10
Breakpoints 176

C

Caesar-Chiffriermethode 199
call-by-reference 167
call-by-value 167
Capture/Compare-Einheit 136
Carrington-Ereignis 24
CISC 96

CMSIS 122
Compreter 197
CPU 95, 99
Cross-Compiler 168

D

Datenbus 114
DMA 154
DRAM 110
Drehfeld 212
duale Rechenverfahren 49

E

EAROM 108
EEPROM 108
Einerkomplement 53
Einplatinencomputer 99
Einschaltstrom 7
Elektronenröhre 25
ENIGMA-Chiffriermaschine 199
EPROM 108
Ersatzschaltbild 21

F

Ferritkernspeicher 105
Fertigungsmasken 106
Festkörperschaltung 10
FIFO-Prinzip 125
Flag-Register 99
Flash-ROM 109
FMCW-RADAR 286

Fotowiderstand 235
 Funktionspointer 163
 Funktionspointerliste 180
 fusible link 107

G

Gatterlaufzeit 33
 Gegenkopplung 71
 Geheimtext 200
 General Purpose Timer 136
 Glitch 73
 globale Variablen 165
 Gray-Code 52
 Grenzeffekte 10

H

HAL 122
 Halbaddierer 65
 Halbleiter 9
 Haltepunkt 176
 Hamming-Code 55
 Hamming-Distanz 52
 Hebdrehwähler 61
 HSE 112
 HSE-Quarz 172
 HSI 112
 hybrider Schrittmotor 211
 Hyperraumwürfel 44

I

Impedanz 8
 Induktivität 8
 integrierter Schaltkreis 26
 Interrupt 124
 Interrupt-Event 126
 Interrupt-Handler 127
 Interrupt Service Routine (ISR)
 125
 Invertierung 26

J

JTAG-Adapter 176

K

Karnaugh-Veitch 44
 Kirchhoff'sche Sätze 12
 Klartext 200
 Knotenregel 13
 Kodierung 49
 Komplement 52
 Kondensator 7
 Kontaktprellen 306
 konzentriertes Bauelement 7
 kundenspezifischer ROM 107

L

Ladungspumpe 108 f.
 Latenzzeit 129
 Laufzeit 129
 LDR 235
 linearer Adressraum 104
 Logisim 40
 LTspice 17

M

malloc() 166
 Maschenregel 13
 Maxterm 37
 Methode des „scharfen Hinsehens“
 14
 Mikroschritt 213
 Mikroschritt-Mode 214 ff., 222 ff., 226 ff.,
 231 ff., 236 ff., 247 ff., 253 ff., 258 ff.,
 265 ff., 271 ff., 286, 289, 291, 293 ff.,
 301 ff., 307
 Minterm 37 f.
 Mitkopplung 71
 MMU 166
 Mono-Flop 84
 Multiplikation 49
 Multitasking 179

N

Netzliste 16
 Normalformen 37
 Nulltask 189

O

ODER-Verknüpfung 28
 Ohm'sches Gesetz 6
 Oktalzahl 51
 One-Time-Pad 92
 Open Collector 117
 Operationswerk 99
 Oxymoron 165

P

Parallelbus 114
 Parität 54
 PLL 112
 polyadisches Zahlensystem 51
 POR 104
 power on reset (POR) 78
 Priorität 129
 Programmiergerät 108
 Programmzähler 102
 Prozessorstatuswort 129
 Prüfzeichen 54
 Push-Pull 115

Q

Quantisierung 141
 Quarzoszillator 111

R

RAM 102
 reentrant 132
 Reflektor 201
 RESET-Vektor 103
 RISC 96
 ROM 102f.
 Rotor 200

Rückführung 71
 Rückkopplung 71

S

Schaltfunktion 36
 Schaltnetz 57
 Schaltwerk 71
 Schrittweite 51
 SDK 99
 SFR 122
 Siliziumdioxid 107
 Spannungsquellen 9
 Speicherlayout 102, 165
 SPI 146
 SPICE 17
 SRAM 110
 Stack 165
 Startbit 152
 STARTUP_FROM_RESET 177f.
 static 165
 Stellenschreibweise 46
 Steuerwerk 99
 ST-LINK/V2 251
 Stoppbit 152
 Stromquellen 9
 Stromverstärkungsfaktor 19
 symbolische Methode der Wechselstromtechnik 15
 synchrone serielle Schnittstelle 146

T

Taktflankensteuerung 75
 TCXO 112
 Telegrafenkabel 24
 Telegrafie 24
 Temperaturgang 6
 temporäre Variable 165
 Transistor 18
 Tri-State-Stufe 119
 TTL-NAND-Gatter 32
 TTL-Technologie 30

U

UART 152
UEXEC 183
Umkehrwalze 201
UND-Verknüpfung 27

V

Vektor 103
verbotene Zustände 90
Verzögerungszeit 33
Volladdierer 65
Volldisjunktion 37
Vollkonjunktion 37
Vorteiler 136

W

Wahrheitstabelle 36
Wahrheitstafel 36
Wellenwiderstand 115
Wichtung 51
Widerstand 5
Widerstandskoeffizient 6

Z

Zeichengenerator 106
Zugriffzeit 106
Zweierkomplement 54
Zweipol 9, 12