

Heinz-Dietrich Wuttke
Karsten Henke

Schaltsysteme

Eine automatenorientierte Einführung



ein Imprint der Pearson Education Deutschland GmbH

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
1 Einleitung	11
2 Mathematische Grundlagen	15
2.1 Aussagen und Prädikate	15
2.1.1 Aussagen	15
2.1.2 Prädikate	18
2.2 Mengen, Relationen, Abbildungen	22
2.2.1 Mengen	22
2.2.2 Relationen	25
2.2.3 Abbildungen	27
2.3 Zusammenfassung	30
2.4 Aufgaben	31
Teil I Kombinatorische Schaltungen	35
3 Entwurf kombinatorischer Schaltungen	37
3.1 Mengenorientierte Funktionsbeschreibung	38
3.1.1 Digitale Schaltung, Wertetabelle	38
3.1.2 Belegungsmengen – Boolesche Mengenalgebra	43
3.2 Strukturorientierte Funktionsbeschreibung	47
3.2.1 Schaltalgebraische Ausdrücke, Wertfunktion	47
3.2.2 Wertverlaufsgleichheit	50
3.2.3 Boolesche Ausdrucksalgebra	50
3.2.4 Verallgemeinerte Wertverlaufsgleichheit	56
3.2.5 Gleichungen und Normalformen	64
3.3 Minimierung Boolescher Funktionen	80
3.3.1 Karnaugh-Veith-Diagramme	82
3.3.2 Minimierung nach Quine McCluskey	86
3.3.3 Minimierung nach Kasakow	92
3.3.4 Gegenüberstellung der Minimierungsverfahren	94
3.4 Weitere Darstellungsformen	96

3.4.1	Kanonische Darstellungsformen	96
3.4.2	Nicht kanonische Darstellungsformen	99
3.5	Strukturbeschreibung	102
3.5.1	Koppelfunktion	103
3.5.2	Modulverkettung	105
3.5.3	Hierarchie, Abstraktion	108
3.5.4	Blockbildung, Kaskadierung	109
3.6	Synthese und Beispiele kombinatorischer Strukturen	111
3.6.1	Elementare Funktionen und Strukturen mit zwei Variablen	111
3.6.2	Struktursynthese	114
3.6.3	Basissysteme	115
3.6.4	Kombinatorische Grundstrukturen	116
3.6.5	Programmierbare Strukturen	127
3.7	Fallstudien	133
3.7.1	Aufgabenstellung	133
3.7.2	Realisierung über die strukturgleiche Schaltung	134
3.7.3	Realisierung mit Multiplexern	135
3.7.4	Realisierung mit ROMs	135
3.7.5	Realisierung mit GALs	136
3.8	Zusammenfassung	140
3.9	Aufgaben	142
4	Analyse kombinatorischer Schaltungen	149
4.1	Funktionsorientierte Analyse	149
4.2	Strukturorientierte Analyse	149
4.3	Dynamische Effekte	152
4.3.1	Funktionshasards	152
4.3.2	Strukturhasards	155
4.4	Zusammenfassung	161
4.5	Aufgaben	162

Teil II Sequentielle Schaltungen

165

5	Funktionsbeschreibung sequentieller Schaltungen	167
5.1	Einleitendes Beispiel	167
5.2	Determinierte Automaten	177
5.2.1	Automatendefinition	178
5.2.2	Automatentypen	180
5.2.3	Automatentabelle, Automatengraph	181

5.2.4	Zustandsüberführungs- und Ausgabegleichungen	186
5.2.5	Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit	190
5.3	Partielle nichtdeterminierte Automaten	193
5.3.1	Zustandsüberführungs- und Ausgabegleichungen	193
5.3.2	Automatengraph	194
5.3.3	Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit	196
5.4	Zusammenfassung	197
5.5	Aufgaben	197
6	Struktursynthese sequentieller Schaltungen	201
6.1	Asynchrone sequentielle Schaltungen, Flip-Flops	201
6.1.1	Elementare sequentielle Strukturen, Flip-Flops	202
6.1.2	Basis-Flip-Flop, RS-Flip-Flop	205
6.1.3	Taktgesteuerte Flip-Flops	209
6.1.4	Umwandlung der Flip-Flop-Arten	223
6.1.5	Zähler, Schieberegister	223
6.2	Synchrone sequentielle Schaltungen	229
6.2.1	Zustandskodierung	230
6.2.2	Ermitteln der Ansteuer-Gleichungen	230
6.2.3	Ermitteln der Ausgabe-Gleichungen	233
6.2.4	Beispiel	233
6.3	Struktursynthese mit programmierbaren Strukturen	234
6.4	Fallstudien	239
6.4.1	BCD-Zähler	239
6.4.2	Frequenzteiler	248
6.4.3	Portalkran-Laufkatze	250
6.4.4	Pumpensteuerung	252
6.5	Zusammenfassung	255
6.6	Aufgaben	255
7	Analyse sequentieller Schaltungen	259
7.1	Konstruktion des Automatengraphen	259
7.2	Stabilität von Zuständen	262
7.3	Dynamische Effekte	266
7.4	Zusammenfassung	267
7.5	Aufgaben	268
8	Entwurf paralleler Automaten	271
8.1	Parallelität	271
8.2	Dekomposition	272

8.2.1	Verfahren	272
8.3	Ausgabebezuordnung	279
8.3.1	Ausgabe in komplett einem Teilautomaten	280
8.3.2	Ausgabe in verschiedenen Teilautomaten	280
8.3.3	Ausgabe in ausgewählten Teilautomaten	281
8.4	Komposition	281
8.4.1	Komposition durch Bildung des Erreichbarkeitsgraphen	284
8.4.2	Komposition durch Konjunktion der Zustands-Gleichungen	284
8.4.3	Komposition durch Aufstellen der Transitionstabelle	286
8.4.4	Serielle Komposition	290
8.5	Validierung	291
8.5.1	Formal verifizierbare Eigenschaften	293
8.5.2	Verifikation zeitlicher Abhängigkeiten – Modelchecking	301
8.6	Fallstudien	308
8.6.1	Dekomposition der Pumpensteuerung	308
8.6.2	Serielle Komposition	308
8.6.3	Verkaufsautomat	311
8.6.4	Entwurf synchroner Zähler und Frequenzteiler	317
8.7	Zusammenfassung	323
8.8	Aufgaben	324
A	Interaktive Lernmodule	329
B	Glossar	333
C	Symbole und Abkürzungen	337
	Literaturverzeichnis	341
	Register	349