

# Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>  | <b>13</b> |
| <b>2</b> | <b>Systementwurf</b>   | <b>17</b> |
| 2.1      | Begriffsdefinitionen . . . . .   | 18        |
| 2.2      | Methodische und inhaltliche Abgrenzung zwischen analoger und digitaler Schaltungstechnik . . . . . | 22        |
| 2.2.1    | Der Paradigmawechsel . . . . .   | 22        |
| 2.2.2    | Merkmale analoger und digitaler Schaltungstechnik . . . . .  | 24        |
| 2.3      | Signalklassifikation . . . . .   | 27        |
| 2.3.1    | Ein Signalmodell für beliebige Systeme . . . . .   | 27        |
| 2.3.2    | Orthogonaler Merkmalraum elektrischer Signale . . . . .  | 30        |
| 2.3.3    | Abhängige Signalklassen . . . . .  | 33        |
| 2.4      | Der technische Entwicklungsablauf . . . . .  | 34        |
| 2.4.1    | Spezifikation . . . . .  | 34        |
| 2.4.2    | Entwurf . . . . .  | 36        |
| 2.4.3    | Prototypfertigung und Test . . . . .   | 39        |
| 2.4.4    | Entwurfsunterstützung . . . . .  | 39        |
| 2.5      | Probleme des Entwicklungsablaufes . . . . .  | 42        |
| 2.5.1    | Datenaustausch . . . . .   | 42        |
| 2.5.2    | Integration . . . . .  | 44        |
| 2.5.3    | Iterationen . . . . .  | 45        |
| 2.5.4    | Simulation und Verifikation . . . . .  | 45        |
| 2.5.5    | Kapselung von Expertenwissen . . . . .   | 46        |
| 2.5.6    | Kommunikation . . . . .  | 47        |
| 2.6      | Die Entwurfsphasen aus Sicht des Entwicklers . . . . .   | 47        |
| 2.6.1    | Schaltplaneingabe . . . . .  | 47        |
| 2.6.2    | Plazierung der Bauelemente . . . . .   | 48        |
| 2.6.3    | Verdrahtung . . . . .  | 49        |
| 2.7      | Ein neuer Ansatz für einen verbesserten Entwicklungsablauf . . . . .                               | 49        |
| 2.7.1    | Verfügbarkeit von Schaltungswissen . . . . .   | 49        |
| 2.7.2    | Modifizierter Entwicklungsablauf . . . . .   | 52        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>3</b> | <b>Modellentwurf</b>  | <b>55</b> |
| 3.1      | Methoden der Modellierung   | 56        |
| 3.1.1    | Modell und Wirklichkeit   | 56        |
| 3.1.2    | Modellarten   | 56        |
| 3.1.3    | Modellbildung   | 58        |
| 3.1.4    | Verifikation  | 60        |
| 3.2      | Technische und mentale Modelle                                      | 61        |
| 3.2.1    | Information   | 64        |
| 3.2.2    | Begriffe  | 66        |
| 3.2.3    | Merkmale  | 69        |
| 3.2.4    | Relationen  | 83        |
| 3.2.5    | Wissen  | 84        |
| 3.2.6    | Informationsverarbeitung  | 86        |
| 3.2.7    | Veränderung von Wissen (Lernen)                                     | 88        |
| 3.3      | Modellierung komplexer, elektronischer Systeme                      | 89        |
| 3.3.1    | Die Doppelhierarchie des Systems                                    | 89        |
| 3.3.2    | Graphentheoretische Darstellung der Systemebenen                    | 92        |
| 3.4      | Bauelementebibliotheken   | 94        |
| 3.4.1    | Abstraktionshierarchie integrierter Schaltkreise                    | 96        |
| 3.4.2    | Komplexionshierarchie integrierter Schaltkreise                     | 102       |
| 3.4.3    | Anschluß-Klassifikation   | 103       |
| 3.4.4    | Übertragungsverhalten   | 106       |
| 3.4.5    | Verbindung zum Signalmodell   | 107       |
| 3.5      | Layoutdaten   | 108       |
| 3.5.1    | Die graphentheoretische Grundlage zur Modellierung von Leiterbahnen | 108       |
| 3.5.2    | Definition des Modells elektrischer Netze und Beispiele             | 109       |
| 3.5.3    | Kollektionen von Bauelementen und Netzen                            | 115       |
| 3.5.4    | Verbindung zum Signalmodell   | 121       |
| 3.6      | Der begriffliche Inhalt: Attribute                                  | 122       |
| 3.6.1    | Elementar-Attribute   | 123       |
| 3.6.2    | Struktur-Attribute  | 125       |
| 3.6.3    | Objekt-Attribute  | 126       |
| 3.7      | Modellanalyse   | 127       |
| 3.7.1    | Struktur des Modells  | 128       |
| 3.7.2    | Allgemeingültigkeit   | 131       |
| 3.7.3    | Erweiterbarkeit   | 133       |
| 3.7.4    | Konsistenzsicherung   | 136       |
| 3.7.5    | Skalierbarkeit  | 138       |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>4</b> | <b>Analysemethode</b>   | <b>141</b> |
| 4.1      | Struktur des Analysesystems   | 145        |
| 4.1.1    | Module  | 147        |
| 4.1.2    | Wissensrepräsentation   | 151        |
| 4.1.3    | Integration in den Entwicklungsablauf   | 155        |
| 4.1.4    | Arbeitsweise aus Sicht des Anwenders  | 157        |
| 4.1.5    | Systemanforderungen   | 158        |
| 4.2      | Wissensakquisition  | 161        |
| 4.2.1    | Bauelementebibliothek   | 162        |
| 4.2.2    | Entwurfskriterien   | 169        |
| 4.2.3    | Regelbasierte Wissensformulierung   | 173        |
| 4.3      | Konzepte des Schaltungsentwurfs   | 179        |
| 4.3.1    | Systemplanung   | 179        |
| 4.3.2    | Analysedurchführung   | 182        |
| 4.3.3    | Partitionierung der Schaltung   | 184        |
| 4.3.4    | Signalverfolgung  | 192        |
| 4.3.5    | Sortierte Listen und Datenvisualisierung  | 214        |
| <b>5</b> | <b>Beispiele</b>  | <b>217</b> |
| 5.1      | Plazierung  | 218        |
| 5.1.1    | Plazierung von integrierten Schaltkreisen mit unterschiedlichen Versorgungsspannungen | 218        |
| 5.1.2    | Lokale Transfernetze  | 221        |
| 5.2      | Geometrische Netzlänge  | 223        |
| 5.2.1    | Abmaße der Leiterplatte   | 223        |
| 5.2.2    | Manhattan-Distanz   | 225        |
| 5.2.3    | Bewertete Manhattan-Distanz   | 229        |
| 5.3      | Plazierungs- und Verdrahtungseffektivität   | 231        |
| 5.3.1    | Orthogonale Verdrahtungsstrategie   | 231        |
| 5.3.2    | Methode des halben Umfangs  | 235        |
| 5.3.3    | Freie Verdrahtungsstrategie   | 236        |
| 5.4      | Elektrische Leitungslänge   | 238        |
| 5.4.1    | Definition der elektrischen Leitungslänge   | 238        |
| 5.4.2    | Das monofrequente Signal  | 239        |
| 5.4.3    | Periodische Signale mit endlicher Steigung  | 240        |
| 5.4.4    | Periodische Signale mit unendlicher Steigung  | 242        |
| 5.4.5    | Differenzierbare Signale  | 245        |
| 5.5      | Reflexionen   | 249        |
| 5.5.1    | Das homogene Minimalnetz  | 249        |
| 5.5.2    | Das inhomogene Minimalnetz  | 255        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 5.5.3    | Das verzweigte Netz mit homogenen Segmentlinien . . . . .   | 259        |
| 5.6      | Topologische Netzbetrachtung . . . . .                      | 261        |
| 5.6.1    | Anschlußfreie Verzweigungen . . . . .                       | 262        |
| 5.6.2    | Topologie-Klassen . . . . .                                 | 263        |
| 5.6.3    | Komplexitätsmaß . . . . .                                   | 267        |
| 5.7      | Leiterbahnschleifen . . . . .                               | 268        |
| 5.8      | Energieverbrauch . . . . .                                  | 269        |
| 5.8.1    | Integrierte Schaltkreise . . . . .                          | 270        |
| 5.8.2    | Netzwerke diskreter Bauelemente . . . . .                   | 271        |
| <b>6</b> | <b>Resümee</b>  | <b>273</b> |
| <b>A</b> | <b>Sprachgebrauch und Vereinbarungen zur Graphentheorie</b> | <b>285</b> |
| <b>B</b> | <b>Beispiel zur Berechnung der Familienähnlichkeit</b>      | <b>289</b> |
| <b>C</b> | <b>Statusbasierte Datentypen</b>                            | <b>293</b> |
| <b>D</b> | <b>Physikalische Größen</b>                                 | <b>297</b> |
| <b>E</b> | <b>Grammatik der Regelsprache</b>                           | <b>305</b> |
| <b>F</b> | <b>Analysefunktionen</b>                                    | <b>307</b> |
| <b>G</b> | <b>Attribute</b>  | <b>313</b> |