

目 次

1. 序 論

1.1 CAD の意味	1
1.2 CAD に適した工業生産	2
1.3 電子回路の CAD の特徴	3
1.4 計算機による電子回路の基本的解析プログラム	5
1.4.1 直流解析	5
1.4.2 交流解析	6
1.4.3 過渡解析	6
1.4.4 その他の回路解析	6
1.5 実装のための CAD	7
1.5.1 大規模の電子回路・システム	7
1.5.2 配置と配線	7
1.5.3 マイクロ波集積回路	8
1.6 対話形の CAD	8
1.7 今後の課題	9

2. 基 礎 理 論

2.1 グラフ理論	11
2.1.1 基礎概念	11
2.1.2 カットセット行列, タイセット行列とそれらの諸性質	18
2.1.3 グラフの分割と位相幾何学的自由度	30
2.1.4 種々のグラフとそれらの性質	36

(ii)

2.2 回路網の解析	42
2.2.1 キルヒホッフの法則と電気回路の基本的性質	42
2.2.2 回路素子とその表現	46
2.2.3 線形と非線形	47
2.2.4 回路網と過渡解析, DC解析およびAC解析	50
2.2.5 抵抗回路網の解析	51
2.2.6 混合解析	53
2.2.7 非線形抵抗回路網	58
2.3 LCR 回路網の過渡解析	60
2.3.1 状態方程式	61
2.3.2 状態方程式の表現	63
2.3.3 解の一意性を保証する回路条件	65
2.3.4 線形回路の状態方程式	69

3. 線形回路の CAD

3.1 フィルタの設計自動化	71
3.1.1 設計理論・沿革	71
3.1.2 リアクタンス二端子対回路網の動作パラメータ	72
3.1.3 フィルタ設計手順の概要	74
3.1.4 伝達関数の近似	76
3.1.5 縦続行列の計算	81
3.1.6 素子値の計算	84
3.1.7 設計例	88
3.2 最適化手法による回路設計	89
3.2.1 最適化手法の適用分野	89
3.2.2 最適化手法の定式化	90
3.2.3 最急降下法	92
3.2.4 テーラー級数法	93
3.2.5 Fletcher, Powell の方法	94
3.2.6 制限条件付の問題に対する手法	95

3.2.7 逐次的に線形計画を適用する方法	96
3.2.8 一次元探索の手法	97
3.2.9 フィルタ減衰特性の最適化	98
3.2.10 最適化手法による設計例	100

4. 論理装置の CAD

4.1 デジタルシステムの CAD	105
4.2 論理設計の自動化	109
4.2.1 論理設計について	109
4.2.2 論理設計言語	111
4.2.3 シミュレーション	115
4.2.4 論理設計サポートシステム具体例	119
4.3 実装設計の自動化	122
4.3.1 論理分割の自動化	124
4.3.2 割付け作業の自動化	126
4.3.3 部品配置の自動化	127
4.3.4 配線設計の自動化	129
4.4 論理回路の機能試験	132
4.4.1 概 要	132
4.4.2 診断するに当たっての仮定 (前提条件)	133
4.4.3 診断の手法	134
4.4.4 故障の同値性, 包含性	147
4.4.5 テストパターン数の最小化	148
4.4.6 プリント板パッケージ診断の具体例	152

5. 配置配線設計

5.1 部品の配置設計	155
5.1.1 部品配置問題の考え方	156
5.1.2 積上げ法による配置決定	158

(iv)

5.1.3	グルーピング法による配置決定	161
5.1.4	部品置換法による配置の改善	162
5.1.5	Steinberg の方法	164
5.1.6	分枝制限法による最適配置の決定	171
5.2	配線の決定	174
5.2.1	配線のモデル化とその評価	174
5.2.2	迷路法による配線の決定	178
5.2.3	発見的方法による配線の決定	181
5.2.4	線分探索法による配線の決定	183
5.2.5	Stepping aperture 法による配線の決定	185
5.2.6	Cellular 法による配線の決定	186
5.3	IC の配置配線設計	188
5.3.1	IC の製造方式	189
5.3.2	配置のアルゴリズム	190
5.3.3	配線のアルゴリズム	191
5.3.4	平面性判定と平面化のアルゴリズム	191
5.3.5	平面描画のアルゴリズム	194
5.3.6	IC の CAD の実際例	195

6. 電子回路解析への計算機利用の方法と実例

6.1	CAD システムのためのプログラム言語	204
6.1.1	システム記述言語	204
6.1.2	電子回路解析指向のプログラム言語	205
6.2	タイムシェアリング方式による CAD	211
6.2.1	方式の概要	212
6.2.2	データ構造とその処理	215
6.2.3	電子回路解析システムとコマンド	220
6.2.4	設計例	222
6.3	グラフィックディスプレイとの対話形式による CAD システム	229
6.3.1	グラフィックディスプレイを使用した設計システムの一般的考察	229

6.3.2 グラフィックディスプレイを使用した集積回路設計システム	236
6.4 今後の問題点	258

7. 電子回路 CAD のための半導体素子モデル

7.1 半導体物理のあらましと素子特性の基本方程式	262
7.1.1 電子, 正孔の統計	263
7.1.2 真性半導体と不純物半導体	264
7.1.3 電子, 正孔の移動度, 拡散定数および Einstein の関係式	265
7.1.4 電子, 正孔の再結合と発生	266
7.1.5 素子特性をきめる基本方程式	266
7.2 大信号モデル	268
7.2.1 Ebers-Moll のモデル	268
7.2.2 電荷制御モデル	269
7.2.3 Linvill の集中定数モデル	270
7.2.4 Gummel の電荷制御モデル	272
7.2.5 非線形モデル	272
7.2.6 Gummel-Poon のモデル	274
7.2.7 モデル定数の決め方について	275
7.3 小信号モデル	276
7.3.1 代表的な等価回路	277
7.3.2 素子外囲器に含まれる寄生効果の除去	279
7.3.3 動作点依存性の処理	280

8. 電子回路 CAD のための数値解析

8.1 数値計算の基礎事項	283
8.1.1 ノルム	286
8.1.2 連立一次方程式の条件数 (condition number)	287
8.1.3 固有値問題の条件数	288
8.2 線形計算	289

(vi)

8.2.1 連立一次方程式の解法.....	289
8.2.2 スパース行列処理.....	295
8.3 非線形連立方程式	298
8.4 常微分方程式の数値積分	300