目　　次

はしがき

1. 電子回路の機能と動作 11
1.1 概　要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
1.2 電子回路の機能 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
1.2.1 信号 (11)
1.2.2 増幅と S/N 比 (12)
1.2.3 増幅の限界と雑音指数 (13)
1.2.4 信号の処理 (14)
1.2.5 エネルギー供給 (15)
1.3 電子回路のエネルギー・バランス ・・・・・・・・・・・・・・・・ 16
1.3.1 エネルギー・バランス (16)
1.3.2 情報収支とエネルギー収支 (16)
1.4 回路図と電子回路の動作 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
1.4.1 抽象化された回路図 (17)
1.4.2 回路図に記述されない情報 (18)
1.4.3 回路図に示されない結合 (18)

2. 回路素子 19
2.1 概　要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
2.2 抵抗器 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
2.2.1 固定抵抗器 (19)
2.2.2 可変抵抗器 (21)
2.3 コンデンサ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 22
2.3.1 固定コンデンサ (22)
2.3.2 可変コンデンサ (25)
2.4 ダイオード，整流器 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
2.4.1 シリコン整流器 (25)
2.4.2 シリコン・ダイオード (26)

2.4.3 ツェナー・ダイオード (26)
2.4.4 可変容量ダイオード (29)
2.4.5 サイリスタ (30)

2.5 トランジスタと FET (field effect transistor) ・・・・・・・・・・・・ 31

2.5.1 トランジスタ (31)
2.5.2 電界効果トランジスタ (FET) (35)

3. 集積回路 (IC) **38**

3.1 IC の効用 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38

3.2 IC 演算増幅器 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39

3.2.1 演算増幅器の特性 (39)
3.2.2 IC 演算増幅器の種類と特徴 (41)

3.3 IC 電圧レギュレータ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 45

3.4 IC 電圧比較器 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46

3.5 その他のアナログ IC ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 46

3.6 ディジタル IC ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47

3.6.1 AND, OR, NOT 回路 (47)
3.6.2 TTL (transistor-transistor-logic) (48)
3.6.3 C-MOS (48)

4. 電子回路設計の基本事項 **50**

4.1 マクロな考察とミクロな考察 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 50

4.2 四端子回路 (四端子定数) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 50

4.3 四端子回路 (各種パラメータ表示) ・・・・・・・・・・・・・・・・ 52

4.4 パラメータの物理的意味 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 53

4.5 トランジスタと *h*-パラメータ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 53

4.6 入力インピーダンスと出力インピーダンス,
および利得との関係 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 55

4.7 回路の整合 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 57

4.8 トランジスタの接地方式 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 58

4.9 トランジスタのバイアス回路 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 59

4.10 トランジスタ基本増幅回路 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 61

4.11　トランジスタの高周波利得・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・65
4.12　フィード・バック・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・66
4.12.1　負帰還と正帰還　(66)
4.12.2　負帰還の効果　(66)
4.13　トランジスタのノイズ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・68

5. 設計の技術　71
5.1　特性・機能の目標設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・71
5.2　回路方式の選択・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・72
5.3　素子の選択・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・73
5.4　定数の決定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・73
5.5　動作安定化のための配慮・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・74
5.6　熱設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・75
5.7　素子の配置，実装設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・77
5.8　共通インピーダンス・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・78
5.9　設計例 1　直流定電圧電源・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・80
5.9.1　[Ex. 1-1] 機能・特性の目標設定　(80)
5.9.2　[Ex. 1-2] 回路方式の選択　(81)
5.9.3　[Ex. 1-3] 回路素子の選択と定数の決定　(81)
5.9.4　[Ex. 1-4] 熱設計　(86)
5.9.5　[Ex. 1-5] 実装設計　(87)
5.10　設計例 2　直流増幅器・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・88
5.10.1　[Ex. 2-1] 機能・特性の目標設定　(88)
5.10.2　[Ex. 2-2] 回路方式の選択　(89)
5.10.3　[Ex. 2-3] 回路素子の選定と定数の決定　(90)
5.10.4　[Ex. 2-4] 熱設計　(93)
5.10.5　[Ex. 2-5] 実装設計　(93)

6. 増幅回路　97
6.1　直流増幅器・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・97
6.1.1　IC 演算増幅器を利用した直結形直流増幅器　(97)
6.1.2　低レベル信号用低ドリフト直流増幅器　(98)
6.1.3　変調形直流増幅器　(100)
6.1.4　高入力インピーダンス直流増幅器　(102)

6.2 低周波増幅器・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・107
6.2.1 IC 演算増幅器を利用した交流増幅器 (107)
6.2.2 個別素子による低雑音交流増幅器 (108)
6.3 差動増幅器・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・111
6.3.1 差動増幅器の特徴 (111)
6.3.2 IC 演算増幅器による簡易形差動増幅器 (112)
6.3.3 高入力インピーダンス差動増幅器 (112)
6.4 ロック・イン・アンプ (lock-in amp.)・・・・・・・・・・・・・・・113
6.4.1 位相弁別検波器の原理 (114)
6.4.2 帯域幅 (115)
6.4.3 ロック・イン・アンプ回路 (115)
6.5 高周波増幅器・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・116
6.5.1 トランジスタ高周波増幅器の問題点 (116)
6.5.2 高周波におけるトランジスタの等価回路 (117)
6.5.3 トランジスタ増幅器の安定度 (117)
6.5.4 中和 (118)
6.5.5 トランジスタのアドミタンス・パラメータ (120)
6.5.6 トランジスタによる高周波増幅器 (121)
6.5.7 IC による高周波増幅器 (122)

7. 信号変換演算回路 123

7.1 線形演算回路・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・123
7.1.1 加減算回路 (123)
7.1.2 積分回路 (124)
7.2 非線形演算回路・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・124
7.2.1 折れ線近似形関数発生回路 (125)
7.2.2 絶対値回路 (125)
7.2.3 乗算回路 (126)
7.2.4 逆関数発生器 (126)
7.2.5 除算回路 (127)
7.3 信号波形操作回路・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・127
7.3.1 サンプル・ホールド回路 (127)
7.3.2 電圧比較器 (コンパレータ) (128)
7.3.3 交流-直流変換回路 (129)

7.4 フィルタ……132
7.4.1 アクティブ・フィルタの原理と特長 (133)
7.4.2 アクティブ・ローパス・フィルタ (134)
7.4.3 アクティブ・ハイパス・フィルタ (135)
7.4.4 アクティブ・バンドパス・フィルタ (135)
7.5 フェーズ・ロック・ループ (PLL)……136
7.5.1 PLL の原理 (136)
7.5.2 PLL・IC の構成 (137)
7.5.3 PLL・IC の特性 (139)
7.5.4 PLL の応用 (141)
7.6 ディジタル・アナログ・インタフェース回路……143
7.6.1 ディジタル-アナログ変換器 (143)
7.6.2 アナログ-ディジタル変換器 (144)

8. 信号発生回路および電源回路　148

8.1 正弦波発振回路……148
8.1.1 LC 発振器 (149)
8.1.2 RC 発振器 (150)
8.2 パルス回路……152
8.2.1 弛張発振回路 (152)
8.3 電源回路……156
8.3.1 整流回路 (156)
8.3.2 平滑回路 (157)
8.3.3 電圧安定化回路 (158)

9. 電子回路の調整と問題解決　162

9.1 調整……162
9.1.1 回路素子と部品の特性許容差 (162)
9.1.2 調整 (163)
9.2 問題の症状……163
9.3 出力が出ないかまたは過小な場合……164
9.4 異常発振……165
9.4.1 異常発振の原因 (165)

9.4.2 異常発振の対策 (166)
9.5 ノイズ—原因と対策 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・166
9.5.1 ハム (hum) (167)
9.5.2 パルス状のノイズ (168)
9.5.3 種々のノイズ (169)
9.5.4 ホワイト・ノイズ (169)