

第1章 OP アンプを働かせる	17
1.1 OP アンプの運転	17
アナログ回路と実験技術	17
入力と出力の関係	19
バーチャル・ショート	21
発振の感触	24
1.2 基本的な四つの使い方	25
非反転増幅器として	25
ボルテージ・フォロワ	27
差動増幅器として	27
コンパレータとして	30
1.3 OP アンプはどこまで理想的か	31
理想の OP アンプ	31
理想的でなくなるケース	32
1.4 理想的でない OP アンプの扱い方	34
増幅度が有限な時	34
ループ・ゲインの効果	35
第2章 ゼロ点, ドリフトそしてノイズ	37
2.1 オフセットの話	37
オフセットはなぜ生ずるか	37
電圧と電流とに分ける	38
オフセット電圧の性質	39
オフセット電流の性質	40
オフセットの実測法	40
2.2 ゼロ点安定性の向上策	42
変動の原因は何か	42
そのままやれる改善法	44
電圧ドリフトの軽減法	47

別の素子の応援を求める	48
温度に関する二つの考察	50
温度に関する過渡特性	51
2.3 オフセットを打ち消す	53
ゼロ調節の効果	53
ゼロ調節の方法	53
コレクタ電流によるゼロ調節	54
入力側からのゼロ調節	56
ゼロ点をずらせて使いたい時	59
2.4 自動のゼロ調節	60
自動で合わせる方法とメリット	60
ゼロ補正する増幅器	61
もっと複雑な例	62
増幅度がある時	63
スイッチで切り替える方式	65
コンピュータが使える時	66
2.5 OP アンプの雑音	67
内部から出る雑音	67
雑音の表し方	69
OP アンプへの対応	70
内部雑音を小さく使うには	73
第3章 発振器にしないために	75
3.1 発振の見わけ方	75
発振する装置はないより悪い	75
発振の兆候	75
オシロスコープを使う	76
3.2 ゲインと位相の知識	77
発振の原因	77
ポールの話	79
ボード線図とその精度	81
ゼロの話	82

ボード線図の書き方	83
3.3 OP アンプの内部	85
発振しない特性	85
多段増幅器の特性	85
位相補償の実際	86
3.4 OP アンプ以外の要素	89
外部ポールの発生	89
入力容量とその補償法	90
負荷容量の補償法	91
バイパス・コンデンサの役割	92
第4章 広帯域化, 高速化のために	95
4.1 立ち上がりを決める要素	95
スルーレートと帯域幅	95
スルーレートは何で決まるか	96
スルーレートを大きくする	98
4.2 有効な帯域幅と位相補償	99
発振は止めたが	99
帯域幅とパワー・バンド幅	100
スルーレートとセトリング・タイム	102
4.3 基本的な3種の位相補償	103
1 ポールによる補償	103
2 ポールによる補償	105
フィード・フォワード補償	108
三つの補償法の比較	111
4.4 位相補償の技巧	111
帯域幅を広く使うには	111
OP アンプの外部からの補償	113
電流フィードバック型 OP アンプ	117
安定度の確かめ方	120
高速の実装技術	121

第5章 部品, 実装, システム化の技術125

5.1 OP アンプ選定の手がかり125	
短く歴史を125	
OP アンプの構造と特長128	
代表的な OP アンプの特性133	
温度範囲135	
パッケージ136	
5.2 固定抵抗の選定と工夫137	
ゲインの安定度137	
固定抵抗の少ない回路137	
精密抵抗の選択138	
同じ抵抗を使った回路141	
組み合わせで得られる抵抗141	
大きなゲインが必要な場合143	
調節できる精密抵抗回路145	
5.3 その他の外付け部品147	
可変抵抗147	
コンデンサ148	
5.4 OP アンプとシステム設計149	
レベル・ダイヤグラムの書き方, 使い方149	
5.5 実装の技術150	
部品の配置と配線150	
グラウンドの引き方151	
バイパス・コンデンサの接続153	
迷容量を減らす155	
保護回路156	
コラム OP アンプが余った時131	

第6章 反転増幅器としての応用161

6.1 簡単な反転増幅器161	
反転増幅器の特徴161	
必ず働く反転増幅器161	

精密な反転増幅器163	
高速な反転増幅器165	
加算回路166	
フィード・フォワードを使って168	
6.2 電圧信号と電流信号の変換168	
電流信号から電圧信号に168	
高感度化のために170	
微小電流の測定技術172	
電圧信号を電流信号に175	
電流インバータ177	
6.3 応用のための技術178	
ゲインの調節178	
ゲインの微調179	
応答速度との関係179	
6.4 パワー・ブースタの考察180	
簡単なバッファ180	
ブートストラップを使ったブースタ182	
専用バッファを使って183	
コラム ロー・パワー OP アンプと応用173	

第7章 非反転増幅器としての応用185

7.1 簡単な非反転増幅器185	
非反転増幅器の特徴185	
現実の非反転増幅器185	
ボルテージ・フォロワ188	
速いボルテージ・フォロワ189	
技巧的な手段190	
同相入力の範囲194	
7.2 ブートストラップの技法194	
交流結合のボルテージ・フォロワ195	
交流結合の非反転増幅器197	
7.3 非反転増幅器の応用198	

非反転側での平均値回路	198
ドリブン・シールド	199
入力容量をキャンセルする	200
ゲインの微調とボルテージ・フォロワ	201
どこまで振れるボルテージ・フォロワ	201
7.4 ガードの方法	202
絶縁を増幅する	202
ガードリングの実際	204
ガードをドライブする	205
コラム パワー・ブースタ	191
第8章 差動増幅器としての応用	209
8.1 なぜ差動増幅器を使うか	209
差動増幅器の特徴	209
簡単な差動増幅器	209
温度差計	210
8.2 差動増幅器の特質を生かす	212
雑音を除く	212
同相入力範囲	214
ノイズ中での動作	216
CMR と周波数の関係	217
差動増幅器に頼らない方法	220
8.3 CMR を大きく使うには	222
信号源インピーダンスと CMR	222
入力インピーダンスを上げる	224
抵抗の選び方	224
増幅度を可変にする	226
8.4 差動出力の増幅回路	226
差動出力を得る回路	226
$\pm 15\text{ V}$ 電源で $50\text{ V}_{\text{P-P}}$ の出力	229

第9章 定電圧、定電流回路への応用	231
9.1 OP アンプのための電源	231
簡単な OP アンプの電源	231
簡単な回路のむずかしい点	233
簡単な定電圧電源	234
安定度はどこまで	236
整流回路の計算	238
9.2 OP アンプによる定電圧電源	243
特徴はどこに出せるか	243
ツェナ・ダイオードの性質	244
回路の発達の過程	245
スマートにならないか	247
9.3 可能性を拡大する	249
高電圧の定電圧電源	249
電圧の範囲を拡大する	250
電力を増す	251
9.4 OP アンプによる定電流回路	252
簡単な定電流回路	252
OP アンプによる定電流ソース	254
OP アンプによる定電流シンク	255
基準電位を変更するには	255
両極性の定電流回路	256
9.5 いろいろな電源回路	257
アクティブ・バリオーム	257
較正用微小電流源	259

第10章 微分、積分回路への応用	261
10.1 微分、積分回路の要点	261
OP アンプと積分回路	261
OP アンプと微分回路	264
微分、積分の計算	266
10.2 交流結合を用いて	266

非反転型の交流増幅器	266	ダイオード・リミッタ	302
反転増幅器	267	11.2 関数発生器	304
交流増幅でゼロ調を省く	268	ダイオードによる方法	304
オーディオ・イコライザ	269	温度特性の補償	307
片電源での動作	271	逆関数を作る方法	309
10.3 アクティブ・フィルタと応用回路	272	11.3 ダイオードを合成する	310
フィルタの種類	272	理想的なダイオード	310
次数と特性	272	精密な関数発生器	311
回路の構成	275	絶対値回路	312
ローパスとハイパスの実例	277	精密な部品を減らす工夫	313
バンドパス・フィルタ	279	スピードアップの手法	315
ステート・バリアブル型の例	280	11.4 ピーク検出とサンプル&ホールド	316
ノッチ・フィルタ	281	ピーク検出の原理	316
オールパス・フィルタ	282	P-P 検出器	317
トラブルと考察	283	ピーク検出器と実用上の問題	318
10.4 微分、積分の応用回路	285	サンプル&ホールド	319
静電容量を増幅する	285	11.5 ダイオード、トランジスタと併用する	320
合成インダクタンス	286	ログ・アンプ	320
時定数を増幅する	287	D-A コンバータ	323
パルス・レート・メータ	288		
階段波発生器	290		
10.5 $V-F$ コンバータ/ $C-F$ コンバータ	291	第12章 コンパレータへの応用	327
$V-F$ コンバータの動作	291	12.1 コンパレータの基本技術	327
$V-F$ コンバータの応用	293	コンパレータとOPアンプ	327
$V-F$ コンバータの誤差	294	ゼロクロス・ディテクタ	330
ノンストップ $C-F$ コンバータ	295	オフセット電圧と電流	331
9桁をカバーする $C-F$ コンバータ	296	コンパレータと位相補償	331
		出力の振幅を抑える	332
第11章 非直線な素子による応用	299	12.2 しきい値とヒステリシス	335
11.1 電圧で内部抵抗が変わる素子	299	しきい値の設定法	335
フィードバック型リミッタの動作	299	ヒステリシスの意味と効果	338
ソフト・リミッタとハード・リミッタ	300	増幅と減衰の効果	340
スピードとリークの対策	302	ウィンドウ・コンパレータの基準電圧	340

バイアス増幅器の考え方	343
12.3 誤動作の原因と対策	344
コンパレータはなぜ誤動作するのか	344
誤動作を避け、感度を上げるには	346
マルチプル・トリガの原因	349
コンパレータは発振するか	350
ヒステリシスと検出限界	352
12.4 コンパレータの応用回路	354
バイアス電流を低減する	354
自動切り替え式の分圧抵抗	355
ストロブ	356
万能型のウィンドウ・コンパレータ	356
第13章 発振器，タイミング回路への応用	359
13.1 方形波の発振器	359
簡単で安定な発振器	359
リラクゼーション発振の原理	360
温度特性の改善	361
回路の発展と応用	364
13.2 いろいろな波形	365
三角波と方形波を作る	365
のこぎり波の発生	367
電圧で制御する	367
各種の波形	368
13.3 正弦波の発振器	369
発振器はやさしくない	369
簡易型正弦波発振器	371
クワドラチャ発振器	372
周波数可変の正弦波発振器	374
13.4 タイミング回路	375
モノステーブル・マルチバイブレータ	375
長時間タイマ	375

デジタル回路へのインターフェース	377
片電源の発振器とタイミング回路	378

第14章 OP アンプとスイッチの結合	383
14.1 スイッチで何ができるか	383
スイッチの用途	383
信号の切り替え	384
オン抵抗の性質と効果	387
オン抵抗の影響を除く	389
スイッチを入れる場所を変える	390
ゲインの切り替えと S/N	391
14.2 スイッチの選択とドライブ	392
スイッチの特性と素子	392
ダイオード・スイッチ	393
トランジスタ・スイッチの長所と限界	394
スイッチとしての FET	396
スイッチのダイナミック・レンジ	397
CMOS スイッチと OP アンプ	399
J か MOS か	403
14.3 スイッチの特性改善法	404
ループの中に入れる	404
加わる電圧を低くする	405
漏れ電流をバイパスする	406
オン抵抗をキャンセルする	407
OP アンプとスイッチの組み合わせ	408
14.4 スイッチと OP アンプの応用回路	409
ホールドとリセットへの応用	409
増幅極性の切り替え	411
精密な用途への活用	411
参考文献	416
索引	418