

TABLE DES MATIÈRES

1 AMPLIFICATEURS A TRANSISTORS.	9
1 Rappel de contre réaction.	10
1.1 Contre réaction et bande passante.	13
1.2 Produit gain bande.	14
1.3 Conclusions sur la contre réaction.	15
2 Schéma équivalent de Giacioletto.	17
3 Amplificateur en émetteur commun en RF.	18
4 Effet Miller.	23
5 Amplificateur cascode.	24
5.1 Equations du cascode.	24
5.2 Comparaison émetteur commun et cascode.	26
5.3 Simulation de l'amplificateur cascode.	27
5.4 Conclusions sur l'amplificateur cascode.	29
6 Amplificateur en base commune.	30
6.1 Equations de l'amplificateur en base commune.	30
6.2 Conclusions sur l'amplificateur base commune.	32
7 Amplificateur différentiel.	34
7.1 Equations de l'amplificateur différentiel.	35
7.2 Source de courant.	38
7.3 Miroirs de courant.	40
7.4 Amplificateur à gain commandé.	42
7.4.1 Amplificateur à gain commandé, simulation avec paramètres S.	44
7.4.2 Amplificateur à gain commandé, avec étage cascode.	46
8 Etages de sortie.	49
8.1 Etage de sortie des amplificateurs en classe B.	49
8.2 Etage de sortie des amplificateurs en classe AB.	55
8.3 Exemple d'amplificateur RF en classe E.	61
8.4 Exemple d'amplificateur RF en classe A.	68
8.4.1 Rappels paramètres S.	68
8.4.2 Format de la table des paramètres S.	70
8.4.3 Exemple de conception d'amplificateur.	71
8.5 Exemple d'amplificateur BF en classe AB.	79
9 Bruit et facteur de bruit.	82
9.1 Facteur de bruit.	83
9.2 Facteur de bruit d'un atténuateur.	84
9.3 Facteur de bruit de plusieurs étages en cascade.	85
10 Point de compression à 1 dB.	86
11 Distorsion d'intermodulation et point d'interception.	87
11.1 Distorsion d'intermodulation.	88
11.2 Points d'interception IP2 et IP3.	90
11.3 Point d'interception IP3 de plusieurs étages en cascade.	92
11.4 Point d'interception IP2 de plusieurs étages en cascade.	94
12 Exercices.	95
2 OSCILLATEURS BASSE FREQUENCE	96
1 Contre réaction et réaction.	96
1.1 Fonction d'une fonction de transfert passe-bas d'ordre 3.	100
1.2 Fonction d'une fonction de transfert passe-bande d'ordre 3.	103
1.3 Fonction d'une fonction de transfert passe-bas d'ordre 4.	104
2 Calcul et simulation des oscillateurs en basse fréquence.	106

2.1 Oscillateur à pont de Wien.	106
2.1.1 Equations de l'oscillateur à pont de Wien.	106
2.1.2 Oscillateur à pont de Wien à régulation de niveau.	110
2.1.3 Oscillateur à pont de Wien à amplificateur non linéaire.	114
2.2 Oscillateur à déphasage.	119
2.3 Oscillateur filtre de Sallen et Key avec intégrateur.	126
2.4 Oscillateur à déphasage avec deux intégrateurs.	130
2.5 Filtre et oscillateur à variable d'état.	134
2.5.1 Filtre à variable d'état.	134
2.5.2 Oscillateur autour du filtre à variable d'état.	136
2.6 Oscillateur à déphasage.	144
2.7 Oscillateur à filtre en T shunté.	147
2.8 Oscillateur à double cellule de déphasage.	150
2.9 Oscillateur triphasé.	154
3 Multivibrateurs.	156
3.1 Multivibrateurs à AOP.	156
3.2 Multivibrateur avec une porte logique.	162
4 Générateurs de fonction.	164
4.1 Conformateur à diodes.	165
4.2 Circuit de synthèse directe de fréquence DDS1.	167
4.3 Circuit de synthèse directe de fréquence DDS2.	171
4.4 Cellules en échelle.	174
5 VCO, oscillateur contrôlé en tension.	175
5.1 Equations du VCO.	176
5.2 VCO avec alimentation mon tension.	177
5.3 Conclusion sur le VCO.	179
6 Conclusion sur les oscillateurs à AOP, en basse fréquence.	180
7 Exercices oscillateurs basse fréquence.	181
3 OSCILLATEURS EN RADIO FREQUENCE.	183
1 Oscillateur Colpitts.	185
1.1 Equations de l'oscillateur Colpitts.	185
1.2 Oscillateur Colpitts avec circuit oscillant série.	191
1.3 Oscillateur Colpitts, avec circuit oscillant série et charge de sortie.	193
1.4 Oscillateur Colpitts, avec circuit oscillant série et charge d'entrée.	194
2 Oscillateur Vackar.	197
3 Oscillateur Colpitts à Quartz.	199
4 Oscillateur Pierce à quartz.	201
5 Oscillateur Hartley.	202
6 Oscillateur Clapp.	205
6.1 Oscillateur Clapp, circuit résonnant parallèle.	206
6.2 Oscillateur Clapp, circuit résonnant série.	209
7 Amplificateur parfait et amplificateur à transistor.	212
7.1 Effet de la résistance de polarisation.	214
7.2 Effet de la capacité base-émetteur.	216
7.3 Effet de la capacité collecteur-base.	216
7.4 Circuit résonnant.	217
8 Simulation et réalisation d'oscillateurs.	222
8.1 Diode Varicap.	223
8.1 Utilisation des diodes varicap dans le VCO.	227
8.2 Réalisation prototype d'oscillateurs cascode.	228
8.4 Simulation des oscillateurs cascode.	233
8.5 Réalisation prototype d'oscillateurs Colpitts.	238
8.6 Simulation oscillateur Vackar.	244

8.7 Simulation oscillateur à paire Darlington. -----	249
8.8 Oscillateur à étage différentiel. -----	251
8.8.1 Oscillateur à étage différentiel, selfs dans les collecteurs. -----	251
8.8.2 Oscillateur à étage différentiel, selfs dans les bases. -----	258
8.8.3 Oscillateur à étage différentiel, une self unique. -----	265
8.8.4 Tableau de synthèse des oscillateurs différentiels. -----	275
9 Bruit de phase. -----	276
9.1 Définition du bruit de phase. -----	276
9.2 Répercussions du bruit de phase. -----	278
9.3 Equation de Leeson. -----	280
9.4 Exploitation de la formule de Leeson. -----	282
10 Conclusion. -----	283
11 Exercices. -----	283
4 MODULATION D'AMPLITUDE -----	285
1 Rappels théoriques. -----	285
1.1 Modulation d'amplitude avec porteuse. -----	285
1.2 Modulation d'amplitude sans porteuse, ou à porteuse supprimée. -----	288
2 Modulateurs d'amplitude. -----	290
2.1 Double mélangeur équilibré. -----	290
2.1.1 Transposition de fréquence. -----	291
2.1.2 Modulateur d'amplitude. -----	297
2.2 Paire différentielle. -----	301
2.2.1 Equations du circuit. -----	301
2.2.2 Modulateur d'amplitude à paire différentielle. -----	305
2.2.3 Mélangeur à paire différentielle. -----	307
2.3 Cellule de Gilbert. -----	309
2.3.1 Equations du circuit. -----	309
2.3.2 Modulateur d'amplitude. -----	311
2.3.3 Transposition de fréquence. -----	314
2.3.4 Adaptation d'impédances en entrée du mélangeur. -----	317
2.3.5 Conclusions sur la cellule de Gilbert. -----	321
2.4 Modulateur d'amplitude avec oscillateur BF. -----	322
3 Démodulateurs d'amplitude. -----	324
3.1 Démodulation cohérente. -----	324
3.2 Démodulation non cohérente. -----	328
3.2.1 Double démodulation non cohérente. -----	328
3.2.2 Démodulation par élévation au carré. -----	331
3.2.3 Démodulation par redressement à diode. -----	333
3.2.4 Démodulation par redressement à transistor. -----	337
3.2.5 Démodulation par diode parfaite. -----	339
3.2.6 Exemple de démodulation d'impulsions. -----	341
4 Amplificateurs à commande automatique de gain CAG. -----	342
5 BOUCLES DE COSTAS -----	347
1 Rappels. -----	347
1.1 Modulateur I-Q. -----	347
1.2 Modulations de phases à états multiples. -----	349
1.3 Modulations de phase et d'amplitude simultanées. -----	350
2 Modulation démodulation non cohérente en BPSK. -----	353

2.1	Seuil de détection en amplitude.	353
2.2	Diagramme de l'œil.	357
3	Modulation démodulation non cohérente en QPSK.	358
4	Equations de la boucle de Costas en BPSK.	360
4.1	Boucle à verrouillage de phase, PLL et boucle de Costas.	362
4.2	Modulation de phase BPSK, boucle de Costas.	366
4.3	Simulation de la boucle de Costas.	367
4.3.1	Simulation et mise au point de la boucle de Costas.	369
4.3.2	Influence du gain sur le temps de verrouillage.	373
4.3.3	Influence de l'amortissement sur le temps de verrouillage.	373
4.3.4	Influence de la pulsation naturelle sur le temps de verrouillage.	374
4.3.5	Influence du filtre sur les voies I et Q.	374
4.4	Calcul du filtre de boucle.	377
4.5	Détection de verrouillage.	379
5	Boucle de Costas en BPSK avec limiteur.	385
6	Filtre de boucle d'ordre 1.	388
6.1	Equations de la boucle avec filtre d'ordre 1.	388
6.2	Exemple de calcul d'un filtre d'ordre 1.	390
7	Modulation de phase QPSK, boucle de Costas en QPSK.	393
7.1	Equations de l'estimateur de phase de la boucle de Costas en QPSK.	394
7.2	Simulation de la boucle en QPSK.	396
7.3	Boucle de Costas en OQPSK.	399
7.4	Détection de verrouillage de la boucle de Costas en QPSK.	404
7.4.1	Equations de l'estimateur de verrouillage de la boucle en QPSK.	404
7.4.2	Simulation de l'estimateur de verrouillage de type 1.	406
7.4.3	Simulation de l'estimateur de verrouillage de type 2.	410
8	Boucle de Costas avec CAG et détection de verrouillage.	415
9	Conclusion.	420
10	Exercices.	420
6	FILTRES DE GAUSS ET DE BESSEL	421
1	Notions élémentaires.	421
2	Filtres de Gauss et de Bessel.	423
3	Filtres de Bessel.	424
3.1	Calcul de la fonction de transfert.	424
3.2	Normalisation de la fonction de transfert.	428
3.3	Exemple de calcul d'un filtre passe-bas d'ordre 2.	429
3.4	Courbes caractéristiques des filtres de Bessel.	430
4	Filtres de Gauss.	432
4.1	Calcul de la fonction de transfert.	432
4.2	Normalisation de la fonction de transfert.	433
4.3	Courbes caractéristiques des filtres de Gauss.	436
5	Comparaison des réponses des filtres de Bessel et de Gauss.	438
6	Conclusion.	440
7	Exercices.	440
7	CORRECTION DES EXERCICES	441
INDEX	441