

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	9
Chapitre 1. Electronique linéaire, électronique non linéaire	11
1.1. Limite de validité des lois de l'électronique linéaire	11
1.2. Méthodes de traitement utilisées en électronique non linéaire	15
1.3. Caractérisation d'un signal périodique non sinusoïdal	18
1.3.1. Série de Fourier	18
1.3.2. Grandeurs particulières	19
1.4. Caractérisation d'un système non linéaire	20
1.5. Source non linéaire contrôlée	23
1.6. Exercices	26
1.6.1. Exercice 1 : décomposition harmonique du signal carré	26
1.6.2. Solution de l'exercice 1	27
1.6.3. Exercice 2 : décomposition harmonique d'une dent de scie symétrique	28
1.6.4. Solution de l'exercice 2	29
1.6.5. Exercice 3 : décomposition harmonique de la fonction $f_m(0,\lambda)$	29
1.6.6. Solution de l'exercice 3	30
1.6.7. Exercice 4 : non-linéarité avec hystérésis	31
1.6.8. Solution de l'exercice 4	31
1.6.9. Problème 1 : filtrage et taux de distorsion harmonique	34
1.6.10. Solution du problème 1	36
Chapitre 2. Modèle forts signaux des sources non linéaires contrôlées	41
2.1. Sources non linéaires par morceaux	41
2.1.1. Source à simple discontinuité	41
2.1.2. Source à double discontinuité de type seuil	44
2.1.3. Source à double discontinuité de type saturation	47

6 Traitement des systèmes électroniques non linéaires

2.1.4. Source à discontinuités multiples	51
2.1.4.1. Conformateur à diodes à quatre branches	56
2.1.4.2. Applications pratiques : le circuit ICL8038	59
2.2. Sources non linéaires analytiques	59
2.2.1. Source à caractéristique parabolique	59
2.2.2. Source à caractéristique exponentielle	62
2.2.3. Caractéristique exponentielle avec résistance série	66
2.2.4. La paire différentielle à caractéristique exponentielle	70
2.2.4.1. Approximation par une non-linéarité de type « plus ou moins »	73
2.2.4.2. Approximation par une non-linéarité de type « saturation »	74
2.3. Exercices et problèmes	75
2.3.1. Exercice 1 : conductance d'une non-linéarité de type plus ou moins avec seuil	75
2.3.2. Solution de l'exercice 1	76
2.3.3. Exercice 2 : conductance d'une non-linéarité de type plus ou moins symétrique avec seuil	78
2.3.4. Solution de l'exercice 2	79
2.3.5. Exercice 3 : conformateur à diodes à deux branches	80
2.3.6. Solution de l'exercice 3	81
2.3.7. Exercice 4 : caractérisation d'un amplificateur non linéaire	87
2.3.8. Solution de l'exercice 4	88
2.3.9. Problème 1 : amplificateur de puissance classe C à fréquence fixe à transistor bipolaire	93
2.3.10. Solution du problème 1	96
2.3.11. Problème 2 : conformateur à diodes à quatre branches	101
2.3.12. Solution du problème 2	102
Chapitre 3. Méthode de traitement d'un système non linéaire sous entrée sinusoïdale	111
3.1. Principe du traitement	111
3.2. Charge non linéaire des circuits accordés	112
3.3. Etude du couplage capacitif entre un générateur délivrant un signal sinusoïdal et un circuit non linéaire	116
3.3.1. Le générateur à une résistance R_g nulle	118
3.3.2. Le générateur à une résistance R_g de valeur non nulle	123
3.4. Amplificateur forts signaux basse fréquence	127
3.4.1. Point de fonctionnement en fonction de l'amplitude E_m	129
3.4.2. Modèle de l'amplificateur en régime de forts signaux	133
3.4.2.1. Cas $R_q < r_{be}$	134
3.4.2.2. Cas $R_g \gg r_{be}$	137
3.4.2.3. Applications numériques	138
3.5. Exercices et problèmes	139

3.5.1. Exercice 1 : amortissement d'un filtre RLC par un élément non linéaire	139
3.5.2. Solution de l'exercice 1	140
3.5.3. Exercice 2 : liaison capacitive entre un générateur et une non-linéarité parabolique	144
3.5.4. Solution de l'exercice 2	145
3.5.5. Problème 1 : détection d'amplitude AM à diode.	147
3.5.6. Solution du problème 1	149
Chapitre 4. Oscillateurs quasi sinusoïdaux	155
4.1. Oscillateur type quadripôle	156
4.1.1. Théorie générale.	156
4.1.2. Etude d'un oscillateur à transistor bipolaire type Colpitts	160
4.1.3. Manipulation et relevés expérimentaux	163
4.1.4. Etude d'un oscillateur type pont de Wien.	167
4.2. Oscillateur à résistance négative	172
4.2.1. Exemple 1 : oscillateur à paires différentielles type I	175
4.2.1.1. Approximation 1 : $V_m \gg V_T$	177
4.2.1.2. Approximation 2 : non-linéarité de type saturation	178
4.2.2. Exemple 2 : oscillateur à paires différentielles type II	181
4.2.2.1. Détermination de l'amplitude de l'oscillation	185
4.3. Exercices	187
4.3.1. Exercice 1 : oscillateur à pont de Wien. TDH et stabilité de l'amplitude	188
4.3.2. Solution de l'exercice 1	189
4.3.3. Exercice 2 : oscillateur à résistance négative type I	190
4.3.4. Solution de l'exercice 2	192
4.3.5. Exercice 3 : oscillateur à résistance négative type II	192
4.3.6. Solution de l'exercice 3	192
Chapitre 5. Systèmes non linéaires à deux entrées décrits par une caractéristique analytique.	195
5.1. Modèles d'un système non linéaire à deux entrées.	195
5.1.1. Problématique	195
5.1.2. Transposition ou mélange de fréquences	197
5.1.2.1. Définition de la transconductance de conversion	200
5.1.2.2. Linéarité d'un mélangeur	200
5.1.3. Modulation d'amplitude	200
5.1.4. Démodulation synchrone	201
5.1.5. Intermodulation	202
5.2. Non-linéarité de type parabolique.	203
5.2.1. Composantes spectrales du courant $i(t)$	203

8 Traitement des systèmes électroniques non linéaires

5.2.2. Exemple 1 : mélangeur de fréquences	209
5.2.3. Exemple 2 : modulation d'amplitude	209
5.3. Non-linéarité à caractéristique exponentielle	209
5.3.1. Mélangeur de fréquences à transistor bipolaire	209
5.3.2. Modulation d'amplitude à transistor bipolaire	214
5.4. Non-linéarité à paire différentielle avec caractéristique exponentielle	215
5.4.1. Mélange de fréquences. Exemple 1	216
5.4.2. Mélange de fréquences. Exemple 2	219
5.4.3. Modulation d'amplitude à paire différentielle	221
5.5. Exercices et problèmes	222
5.5.1. Exercice 1 : distorsion d'intermodulation et amplification de signaux modulés en amplitude	222
5.5.2. Solution de l'exercice 1	222
5.5.3. Problème 1 : convertisseur de fréquence	226
5.5.4. Solution du problème 1	227
Chapitre 6. Systèmes non linéaires à deux entrées : dispositifs à découpage	235
6.1. Principe	235
6.1.1. Développement en série de Fourier du courant $i(t)$	236
6.1.2. Cas du mélange de fréquences	237
6.1.3. Cas de la détection synchrone.	238
6.1.4. Cas de la modulation d'amplitude	239
6.2. Applications	239
6.2.1. Mélangeur multiplicatif ou à découpage	239
6.2.2. Découpeur à diodes.	244
6.2.3. Amplificateur à courant continu à découpage	249
6.3. Exercices et problèmes	252
6.3.1. Exercice 1 : démodulation AM et découpage	252
6.3.2. Solution de l'exercice 1	253
6.3.3. Problème 1 : décodeur stéréophonique	255
6.3.4. Solution du problème 1	259
Annexes	267
A1.1. Fonctions de Bessel modifiées $I_n(x)$ d'ordre n	267
A1.2. Développement en série de Fourier de la fonction tangente hyperbolique	267
A1.3. Approximation des fonctions f et g sur un intervalle donné.	270
Glossaire	273
Bibliographie	275
Index	277