

electronique
expérimentale

Michel KROB

ellipses

Table des matières

1 Oscilloscopes et générateurs de fonction	9
1.1 Organisation de l'oscilloscope	9
1.1.1 Système vertical	10
1.1.2 Système horizontal	11
1.1.3 Oscilloscope analogique - oscilloscope numérique	14
1.1.4 Bande passante	18
1.1.5 Ce qu'il faut retenir	19
1.2 Caractérisation d'un générateur de fonction	20
1.2.1 Impédance interne	20
1.2.2 Saturation en tension	21
1.2.3 Saturation en courant - puissance maximale fournie	21
1.2.4 Pureté spectrale du générateur	23
1.3 Rôle des impédances du générateur et de l'oscilloscope	24
1.3.1 Mesure d'une fonction de transfert	24
1.3.2 Mesure d'une réponse indicielle	27
1.3.3 Conclusion	29
1.4 Les problèmes de masse	29
2 Filtrage	33
2.1 Quelques éléments théoriques	33
2.1.1 Définition d'un système linéaire et invariant dans le temps	34
2.1.2 Définition d'un filtre linéaire	34
2.1.3 Un exemple	35
2.1.4 Transformées de Fourier dans l'étude des filtres	36
2.1.5 Interprétation physique de la fonction de transfert	37
2.1.6 Réponse du filtre à une excitation périodique	38
2.1.7 Réalisation électronique des filtres	40

2.2	Filtre passe-bas du 1er ordre	41
2.2.1	Réponse à une excitation périodique	42
2.2.2	Régime transitoire précédant un régime sinusoïdal permanent	43
2.2.3	Réponse impulsionnelle	44
2.2.4	Réalisation active du filtre	45
2.3	Filtre passe-bande du 2ème ordre	47
2.3.1	Un autre avantage d'une réalisation active	47
2.3.2	Fonction de transfert	48
2.3.3	Régimes transitoires	49
2.3.4	Réponse à une excitation périodique	53
2.4	Application à la réalisation d'un analyseur de spectre	54
2.4.1	Principe	55
2.4.2	Filtre à capacités commutées	56
2.4.3	Organisation de l'analyseur	58
2.4.4	Compromis résolution - vitesse de balayage	60
2.4.5	Résultats expérimentaux	62
3	Circuits à diodes	65
3.1	Circuit détecteur d'enveloppe	65
3.1.1	Définition	65
3.1.2	Fonctionnement	66
3.1.3	Ondulation résiduelle en sortie	68
3.1.4	Courants traversant le détecteur et précautions d'emploi	69
3.1.5	Modélisation de la diode et influence du GBF	71
3.1.6	Influence de l'oscilloscope	72
3.1.7	Allure expérimentale de la tension de sortie	73
3.1.8	Mesure expérimentale des courants traversant le détecteur	74
3.2	Visualisation du module d'une fonction de transfert	77
3.2.1	Position du problème	77
3.2.2	Spectre d'amplitude du signal d'entrée	78
3.2.3	Organisation du wobulateur	81
3.2.4	Vitesse de balayage et temps de réponse du filtre	82
3.2.5	Principe du réglage du détecteur d'enveloppe	82
3.2.6	Manipulations	85
4	Amplificateurs opérationnels	89
4.1	Quelques éléments théoriques	89
4.1.1	Présentation	89
4.1.2	Régime linéaire - régime non linéaire	90
4.1.3	Introduction à la rétroaction	91
4.1.4	Modélisations linéaires et fonctionnement non-linéaire	93
4.1.5	Autres intérêts de la rétroaction	96
4.2	Mesures de quelques caractéristiques de l'ampli. op.	98
4.2.1	Tension de décalage	99
4.2.2	Compensation de la tension de décalage	101
4.2.3	Courants de polarisation	101

4.2.4	Produit gain $\times$ bande passante	104
4.2.5	Vitesse limite de balayage (slew-rate)	104
4.2.6	Courant de saturation de sortie	105
4.2.7	Conclusion pour une bonne utilisation de l'ampli. op.	105
4.3	Etude de quelques applications	106
4.3.1	Montage intégrateur	106
4.3.2	Montage dérivateur	109
4.3.3	Diode sans seuil	113
4.3.4	Comparateurs	115
5	Oscillateurs en électronique	119
5.1	Quelques rappels théoriques	119
5.1.1	Définition d'un oscillateur	119
5.1.2	Stabilité d'un système linéaire et invariant dans le temps	121
5.1.3	Cas limite	122
5.1.4	Stabilité des systèmes bouclés	123
5.1.5	Démarrage des oscillations	124
5.1.6	Lien avec les oscillateurs à résistance négative	125
5.1.7	Stabilisation de l'amplitude des oscillations	126
5.1.8	Stabilité en fréquence d'un oscillateur	130
5.2	Un premier exemple: l'oscillateur à pont de Wien	131
5.2.1	Quelques résultats	131
5.2.2	Etude expérimentale	134
5.2.3	Amélioration du taux de distorsion	142
5.3	Oscillateurs hautes fréquences	147
5.3.1	Schéma général	147
5.3.2	Oscillateur Colpitts	148
5.3.3	Oscillateur à quartz	151
5.4	Oscillateurs de relaxation	153
5.4.1	Oscillateur à comparateur à hystérésis	153
5.4.2	Passage aux oscillations quasi-sinusoidales	155
5.5	Générateur de signaux	158
5.5.1	Analyse du circuit de base	158
5.5.2	Variation du rapport cyclique	160
5.5.3	Transformation triangle - sinus	161
5.5.4	Synthèse	163
6	Phénomènes non-linéaires en Physique	167
6.1	Réalisation d'une non-linéarité polynomiale cubique	167
6.1.1	Caractéristique du circuit	168
6.1.2	Analyse expérimentale du circuit	169
6.2	Oscillateur de Van der Pol	170
6.2.1	Rappels	170
6.2.2	Analyse de la réalisation pratique	171
6.2.3	Partie expérimentale	172
6.3	Oscillateur anharmonique en régime libre	176

6.3.1	Rappels	176
6.3.2	Analyse de la réalisation pratique	178
6.3.3	Partie expérimentale	179
6.4	Oscillateur anharmonique en régime forcé	181
6.4.1	Rappels	181
6.4.2	Réalisation expérimentale	182
6.4.3	Comparaison des courbes de résonance	183
6.5	Oscillateur anharmonique en régime chaotique	184
6.5.1	Espace des phases	184
6.5.2	Régime chaotique	185
6.5.3	Cascade sous-harmonique	185
6.5.4	Réalisation pratique	186
7	Acquisition et traitement des signaux	191
7.1	Position du problème	191
7.2	Filtre du premier ordre : la cellule R-C	193
7.2.1	Obtention de la réponse impulsionnelle	194
7.2.2	Identification de la fonction de transfert	196
7.3	Filtre du second ordre : le circuit R-L-C série	199
7.3.1	Obtention de la réponse impulsionnelle	200
7.3.2	Identification de la fonction de transfert	202
7.3.3	Réponse indicielle	205
7.3.4	Comparaison des méthodes	207
7.4	Analyse spectrale de signaux transitoires	207
7.4.1	Durée d'observation - période d'échantillonnage	208
7.4.2	Position des instants d'échantillonnage - calcul de la phase	209
7.4.3	Programmation dans le cas du filtre passe-bas	210
7.4.4	Réponse impulsionnelle du filtre passe-bas	210
7.4.5	Réponse impulsionnelle du filtre passe-bande	211
7.4.6	Réponse indicielle du filtre passe-bande	212
7.5	Conclusion	213
8	Modélisation d'un dipôle électrocinétique	215
8.1	Position du problème	215
8.1.1	Circuit	215
8.1.2	Conditions initiales	216
8.1.3	Bilan énergétique	216
8.1.4	Résistance totale du circuit et modélisation de la bobine	217
8.2	Protocole expérimental	219
8.2.1	Mesures des conditions initiales	219
8.2.2	Mesures de la résistance totale du circuit	220
8.2.3	Mesure de l'énergie dissipée dans le circuit	221
8.3	Expérimentation	221
8.3.1	Ordres de grandeur et dipôles utilisés	221
8.3.2	Mesures préliminaires	222
8.3.3	Acquisition de la tension aux bornes de la résistance	222

8.3.4	Estimation de l'énergie dissipée	223
8.3.5	Comparaison et critique des résultats	224
8.3.6	Validation du modèle basses fréquences de la bobine à air	224
8.4	Modélisation de la bobine à air	226
8.4.1	Description qualitative	226
8.4.2	Hypothèses et notations	227
8.4.3	Définition de la résistance	228
8.4.4	Cas du fil cylindrique de section circulaire	228
8.4.5	Cas du solénoïde illimité à 1 couche	231
8.4.6	Cas du solénoïde illimité à n couches	238
8.5	Comparaison avec l'expérience et conclusion	242
9	Asservissement d'une grandeur physique	245
9.1	Nécessité et avantages des systèmes bouclés	245
9.1.1	But recherché	246
9.1.2	Relation entrée-sortie de l'élément à asservir	246
9.1.3	Première réponse: système en boucle ouverte	247
9.1.4	Deuxième réponse: système en boucle fermée	248
9.1.5	Qualité d'un asservissement	252
9.2	Précision et stabilité	252
9.2.1	Critères de stabilité	253
9.2.2	Précision statique	255
9.2.3	Compromis précision-stabilité	257
9.2.4	Conclusion	261
9.3	Correction des systèmes asservis	261
9.3.1	Premier exemple	263
9.3.2	Second exemple	263
9.4	Un exemple: asservissement de la vitesse d'un moteur	265
9.4.1	Schéma global de l'asservissement	265
9.4.2	Dynamique de l'ensemble moteur - génératrice	265
9.4.3	Nécessité de l'asservissement	268
9.4.4	Commande en puissance du moteur	268
9.4.5	Fonction de transfert de la chaîne directe	273
9.4.6	Mise en équation du système bouclé	275
9.4.7	Correction et réalisation pratique du système bouclé	277
9.5	Manipulations	281
9.5.1	Identification de la boucle ouverte	281
9.5.2	Validation du modèle	284
9.5.3	Analyse de l'ondulation du courant rotorique	291
9.5.4	Correction du système	293
	Index	301