

1

M. Boulemden

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

l'électronique analogique

Composants,
Fonctions Electroniques
et Circuits d'application



Presses de l'Université de Batna

La Pratique de l'électronique



IST 2464

L'Electronique Analogique

M. Boulemden

Ingénieur de l'Ecole Polytechnique d'Alger
Ph. D. de l'Université de Nottingham, Angleterre
Professeur à l'Institut d'Electronique de Batna

1012

. مركز منشورات جامعة باتنة
. مجمع العلوم والتكنولوجيا
. نهج الشهيد بوخلوف باتنة. الجزائر
حقوق الطبع محفوظة

© 1997, Batna University Press, All rights reserved.

This Batna University Edition is part of a continuing program of paperbound textbooks especially designed for students and professional people.

Préface

L'électronique est ce monde à la fois mystérieux pour les uns, passionnant pour les autres mais bénéfique pour tout un chacun. Pour le profane comme pour le professionnel, cette branche de la science représente cet élément magique des applications du savoir humain. En fait, il n'y a de magique que cette extraordinaire évolution de la technologie d'intégration d'un nombre de plus en plus important, plus d'un million pour le microprocesseur Intel 80586, de composants électroniques sur une pastille de quelques millimètres carrés.

Cette association se fait selon une architecture et une logique telles que l'ensemble se comporte comme un orchestre, chacun contribuant à sa façon, en parfaite synchronisation avec les autres, en vue de produire la symphonie voulue. Il serait donc vain d'essayer de comprendre comment jaillit la symphonie si l'on ignore le comportement de chacun des membres de l'orchestre, c'est à dire les composants électroniques.

Ce livre se fixe comme objectif la vulgarisation du fonctionnement des composants électroniques de base tels que la résistance, la capacité, le transistor, l'amplificateur opérationnel etc. On y aborde également l'analyse détaillée des fonctions électroniques et d'un nombre très important de circuits pratiques.

Dans notre tentative de rapprocher le lecteur, quel que soit son niveau de formation (*profane, technicien ou ingénieur*) du monde de l'électronique, nous nous sommes attelés à mettre en relief ce qu'il y a de fondamental dans le fonctionnement d'un composant ou ce qu'il convient de saisir en premier lieu d'une fonction électronique ou encore comment associer ces composants de base afin de réaliser des circuits utiles.

Cet ouvrage est abondamment illustré de schémas explicatifs, plus de 500, qui rendent la lecture agréable et la compréhension facile. D'autre part, nous avons inclus un lexique Anglais-Français de plus de 1400 mots et expressions couramment utilisés dans le domaine du génie électrique. Ce lexique permettra certainement au lecteur d'acquérir une plus grande maîtrise de la langue anglaise qui semble être en passe de s'imposer, chaque jour davantage, dans le domaine scientifique.

Ce livre est destiné aussi bien au profane qu'au professionnel. Nous espérons que les élèves des classes Terminale en électronique, les étudiants et, pourquoi pas, les enseignants y trouveront des informations d'une grande utilité. C'est là notre plus grand souhait.

Prof. M. Boulemden

Remerciements

Je remercie le Docteur Noureddine BOUGUECHAL, Maître de Conférences à l'institut d'électronique de Batna pour l'attention soutenue qu'il a portée à la mise au point finale de cet ouvrage, pour les corrections et les suggestions qu'il a faites.

Mes remerciements vont également à Mohammed Djemoui Gherab, Maître Assistant à l'institut d'électronique de Batna pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée par la conception de la quasi-totalité des schémas inclus dans cet ouvrage.

Finalement, je n'oublierai pas de remercier W. Aggoune pour la saisie de texte des chapitres 10 et 11 ainsi que toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont aidé à réaliser ce modeste ouvrage.

Prof. M. Boulemden

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

Sommaire

Chapitre 1		Le Signal Electrique	
1.1	Introduction		1
1.2	Caractéristiques du Signal Electrique		2
1.2.1	Signal Sinusoïdal	2	
1.2.2	Signal Carré	11	
1.2.3	Signal Rectangulaire	12	
1.2.4	Signal Impulsionnel	13	
1.2.5	Signal en Dents de Scie	14	
1.3	Quelques Définitions Pratiques		15
1.3.1	Tension Electrique	15	
1.3.2	Courant Electrique	16	
1.4	Quelques Règles Pratiques		19
Chapitre 2		La Résistance	
2.1	Introduction		22
2.2	Résistivité		23
2.3	Puissance de Dissipation		24
2.4	Applications Pratiques		27
2.4.1	Limitation de Courant	27	
2.4.2	Chute de Tension	28	

2.5	Types de Résistance	28
2.6	Résistances en Série	30
2.7	Résistances en Parallèle	31
2.8	Conductance	32

Chapitre 3	La Capacité
-------------------	--------------------

3.1	Introduction	34
3.2	Capacités en Série	37
3.3	Capacités en Parallèle	39
3.4	Charge d'une Capacité	40
3.5	Décharge d'une Capacité	43
3.6	Applications Pratiques	45
3.6.1	Circuit Différentiateur	45
3.6.2	Circuit Intégrateur	47
3.6.3	Filtre Passe-bas	50
3.6.4	Filtre Passe-haut	52
3.6.5	Blocage de la Composante Continue	53
3.6.6	Temporisation	54

Chapitre 4	La Bobine
-------------------	------------------

4.1	Introduction	56
4.2	Impédance d'une Bobine	58
4.3	Bobines en Parallèle	61
4.4	Bobines en Série	61
4.5	Applications Pratiques	62
4.5.1	Transformateur	62
4.5.2	Relais	65
4.5.3	Circuits Oscillants	67

6.5.9	Régulateur de Tension	113
6.5.10	Circuit Limiteur de Courant	114
6.5.11	Amplification de Courant	116

Chapitre 7 **Le Transistor UniJonction**

7.1	Introduction	117
7.2	Applications de L'UJT	119
7.2.1	Oscillateur à Relaxation	119
7.2.2	Oscillateur Sinusoidal	120
7.2.3	Calcul de la Fréquence d'oscillation	121

Chapitre 8 **Le Transistor à Effet de Champ**

8.1	Introduction	125
8.2	Propriétés du FET	128
8.3	Variétés des FET	129
8.4	Transistor JFET	130
8.5	Transistor MOSFET	131
8.6	Paramètres du Transistor FET	132
8.7	Quelques Applications du FET	133
8.7.1	Source Suiveur	133
8.7.2	Echantillonneur bloqueur	134
8.7.3	Amplificateur à Transistor FET	135
8.7.4	Le FET comme Interrupteur	136

Chapitre 9 **L'amplificateur Opérationnel**

9.1	Introduction	139
9.2	Amplificateur Opérationnel Idéal	141
9.2.1	Impédance d'entrée Infinie	142
9.2.2	Impédance de Sortie Nulle	142

Sommaire

9.2.3	Gain Infini en Boucle Ouverte	142	
9.2.4	Rapport Signal à Bruit Infini	142	
9.2.5	Bande Passante Infinie	143	
9.2.6	Entrées Identiques	143	
9.3	Amplificateur Opérationnel Réel		143
9.3.1	Tensions d'alimentations V_{CC} , V_{EE}	143	
9.3.2	Gain en Boucle Ouverte A_0	146	
9.3.3	Impédance d'entrée Z_e	147	
9.3.4	Impédance de Sortie Z_s	148	
9.3.5	Courant de Polarisation I_b	148	
9.3.6	Tension d'offset V_{VO}	149	
9.3.7	Tension Différentielle d'entrée	149	
9.3.8	Rapport CMRR	150	
9.3.9	Fréquence de Transition	153	
9.3.10	Courant de Sortie	154	
9.3.11	Vitesse de Balayage (Slew Rate)	154	
9.4	Quelques Applications		155
9.4.1	Amplificateur Inverseur	155	
9.4.2	Amplificateur Non Inverseur	157	
9.4.3	Amplificateur Différentiel	160	
9.4.4	Comparateur	162	
9.4.5	Sommateur Inverseur	165	
9.4.6	Amplificateur Soustracteur	166	
9.4.7	Circuit Intégrateur	167	
9.4.8	Circuit Différentiateur	169	

Chapitre 10

Applications
de l'amplificateur Opérationnel

10.1	Introduction		171
1	Amplificateur Inverseur à CC	172	
2	Amplificateur Inverseur à CA	173	
3	Amplificateur Non inverseur à CC	174	
4	Amplificateur Non Inverseur à CA	175	
5	Amplificateur Différentiel	176	
6	Filtre Passe-bas du Premier Ordre	177	
7	Filtre Passe-bas du Second Ordre	178	
8	Redresseur Simple Alternance	179	
9	Redresseur Double Alternance	180	
10	Détecteur de Crête	181	
11	Echantillonneur Bloqueur	182	

12	Source de Tension de Référence	184
13	Source de Courant de Référence	185
14	Oscillateur RC à Fréquence Variable	186
15	Circuit Limiteur de Tension	188

Chapitre 11 **Le Thyristor et le Triac**

11.1	Introduction	190
11.2	Principe de Fonctionnement	191
11.3	Circuit Equivalent du Thyristor	191
11.4	Modes d'amorçage du Thyristor	192
11.4.1	Amorçage en Mode Transistor	193
11.4.2	Amorçage par Tension Cathode-Anode	193
11.4.3	Amorçage par Gradient de Tension	194
11.4.4	Amorçage Thermique	194
11.4.5	Amorçage par Effet Photoélectrique	194
11.5	Caractéristique Statique du Thyristor	195
11.6	Paramètres Fondamentaux du Thyristor	196
11.7	Le Triac	198
11.7.1	Modes d'amorçage du Triac	198
11.7.2	Dispositifs d'amorçage	200
11.7.3	Dispositif de Protection	210
11.7.4	Circuit Antiparasite	211
11.7.5	Désamorçage du Thyristor	211
11.8	Application du Thyristor et du Triac	214
11.8.1	Détecteur de Lumière	214
11.8.2	Variateur de Vitesse	214

Chapitre 12 **Composants Optoélectroniques**

12.1	Introduction	216
12.2	Diode Electroluminescente (LED)	217
12.3	Afficheur LED à 7 Segments	219

12.4	Afficheur Alphanumérique	221
12.5	Afficheur à Cristaux Liquides (LCD)	223
12.6	Photorésistance	224
12.6.1	Application de la Photorésistance	225
	Mesure d'intensité Lumineuse	225
	Conversion Lumière/Fréquence	226
	Commande du Triac	226
	Commande de Relais	227
12.7	Photodiode	228
12.8	Phototransistor	229
12.8.1	Application du Phototransistor	232
	Dispositif de Comptage	232
	Emetteur Infrarouge	233
	Détecteur Infrarouge	234
12.9	Photothyristor	236
12.9.1	Application du Photothyristor	237
	Dispositif d'alarme	238
	Générateur d'impulsions	239
12.10	Photocoupleur	240
12.10.1	Application du Photocoupleur	240
	Circuit de Commande du Triac	241
	Surveillance de la Tension Secteur	243

Chapitre 13

Quelques Circuits Pratiques

Introduction	245	
1	Oscillateur RC	246
2	Oscillateur à Quartz	246
3	Oscillateur à Relaxation	247
4	Oscillateur à Portes Logiques	247
5	Amplificateur à un Transistor	250
6	Amplificateur à Base d'A.O.	250
7	Amplificateur d'instrumentation	251
8	Suiveur de Tension	251
9	Amplificateur Soustracteur	252
10	Circuit Tampon (Suiveur de Tension)	252
11	Amplificateur de Valeur Absolue	253
12	Amplificateur Inverseur	253

13	Amplificateur à Gain Elevé	256
14	Amplificateur à Grande Impédance d'entrée	256
15	Circuit d'annulation de la Tension d'offset	257
16	Circuit d'annulation de la Tension d'offset	257
17	Filtre Actif Passe Bas du Second Ordre	258
18	Filtre Actif Passe Bas du Troisième	258
19	Filtre Actif Passe Bas du Quatrième Ordre	259
20	Filtre Actif Passe Haut du Quatrième Ordre	259
21	Filtre Actif Passe Bande du Troisième Ordre	262
22	Filtre Actif Passe Haut du Quatrième Ordre	262
23	Alimentation Stabilisée 5V/1A	263
24	Alimentation Stabilisée 5V/5A	263
25	Alimentation Stabilisée Réglable 6V-30V/5A	264
26	Alimentation Stabilisée Réglable 6V-30V/0.5A	264
27	Alimentation Stabilisée Réglable 0V-12V/1A	265
28	Alimentation Stabilisée (-10V)-(-0.5V)/1A	265
29	Générateur de Fonctions	268
30	Filtre à Variable d'état	268
31	Oscillateur Sinus-Cosinus	269
32	Convertisseur DC-DC +15V/-12V	269
33	Convertisseur DC-DC +15V/+27V	270
34	Circuit de Conversion Amplitude-Période	270
35	Circuit de Conversion Période-Amplitude	271
36	Système de Protection de Circuits TTL	271
37	Circuit de Conversion Numérique/Analogique	274
38	Circuit de Conversion Analogique/Numérique	274
39	Circuit de Mesure de l'intensité Lumineuse	275
40	Circuit détecteur du Niveau d'un Fluide	275
41	Circuit Emetteur à Ultrasons	276
42	Circuit Détecteur d'ultrasons	276
43	Circuit Doubleur de Fréquence	278
44	Circuit Générateur d'impulsions	278
45	Circuit Détecteur de Température	279