

ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE

Tout le catalogue sur
www.dunod.com



ÉDITEUR DE SAVOIRS

Sous la direction de **Bernard Latorre**
Corinne Berland, François de Dieuleveult, Christophe Delabie,
Olivier Français, Patrick Poulichet

ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE

Composants et systèmes complexes

DUNOD

Illustration de couverture : Silent_GOS – istockphoto.com

<p>Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.</p> <p>Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements</p>		<p>d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).</p>
--	--	---

© Dunod, 2018

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-077566-8

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Présentation des auteurs	IX
Avant-propos	XI
1 Grandeurs physiques et électriques	1
1.1 Lois fondamentales et définitions	1
1.2 Notions de mathématiques	8
2 Matériaux et composants passifs	21
2.1 Électron et matériaux. Milieu conducteur et semi-conducteur	21
2.2 Fiabilité des composants. Généralités	25
2.3 Résistances linéaires	27
2.4 Potentiomètres	32
2.5 Condensateurs fixes et variables	33
2.6 Bobines	37
2.7 Le quartz	44
3 Réseaux électriques	49
3.1 Réseaux élémentaires	49
3.2 Analyse d'un réseau	51
3.3 Quadripôles passifs	57
3.4 Réseaux à résistances	62
3.5 Circuits couplés	64
4 Semi-conducteurs et diodes	69
4.1 Introduction	69
4.2 Le silicium comme semi-conducteur	70
4.3 Électrons et trous soumis à un champ électrique E	76
4.4 Jonction PN	78

4.5 Photodiode	83
4.6 Diode électroluminescente LED	83
4.7 Laser à diode semi-conductrice	84
5 Capteurs	85
5.1 Capteurs de température	85
5.2 Capteurs de pression de fluides	87
5.3 Capteurs d'humidité	88
5.4 Capteurs d'éclairage	89
5.5 Capteurs de force ou de pression piézoélectrique	91
5.6 Capteurs d'accélération	92
5.7 Capteurs magnétiques	94
5.8 Capteurs de courant	99
5.9 Capteurs acoustiques	109
6 Circuits à diode	113
6.1 Redressement et détection d'amplitude	113
6.2 Dispositifs à seuil	118
6.3 Montages stabilisateurs	122
7 Amplificateur à transistors bipolaires	125
7.1 Généralités sur les transistors bipolaires	125
7.2 Modèle statique et point de fonctionnement	127
7.3 Modèle dynamique « petits signaux »	131
7.4 Les amplificateurs à transistors bipolaires	134
7.5 Sources de courants à transistors bipolaires	141
8 Transistors à effet de champ (TEC)	143
8.1 Description, symboles, fonctionnement et caractéristiques	143
8.2 Polarisation du transistor à effet de champ (exemple du JFET à canal n)	150
8.3 L'amplification par transistor à effet de champ	152
8.4 Le transistor FET utilisé comme source de courant	154
8.5 Le transistor FET utilisé comme résistance variable commandée en tension	155

9 Amplificateurs de puissance	157
9.1 Introduction – notion de rendement	157
9.2 Configuration collecteur-commun	158
9.3 Classe B ou <i>push-pull</i>	159
9.4 Amplificateur classe AB	161
9.5 Utilisation d'un pilote (« driver ») : linéarisation	163
9.6 Bilan des puissances et rendement	164
9.7 Loi d'Ohm thermique	165
9.8 Amplificateurs classe D	166
10 Amplificateurs hyperfréquences à l'arséniure de gallium et théorie des lignes	173
10.1 Lignes de transmission et matrice de distribution	173
10.2 Transistors à arséniure de gallium	178
11 Amplificateurs à contre-réaction	185
11.1 Les systèmes bouclés à contre-réaction (réaction négative)	185
11.2 Propriétés des systèmes bouclés à contre-réaction	186
11.3 Stabilité des systèmes bouclés	189
11.4 Identification de quelques contre-réactions classiques	191
12 Amplificateur opérationnel (AO)	199
12.1 Description et comportement	199
12.2 L'AO en boucle fermée – Les autres montages linéaires en contre-réaction	215
12.3 Montages non linéaires	228
12.4 Fonctions arithmétiques analogiques à base d'AO	235
12.5 Compensation de l'offset d'entrée et des courants de polarisation	240
12.6 Brochages et boîtiers	242
13 Filtres actifs et passifs	245
13.1 Fonctions de transfert	245
13.2 Filtres passifs	262
13.3 Filtres actifs	275

14 Oscillateurs	285
14.1 Contre-réaction et réaction	285
14.2 Oscillateurs en basse fréquence	288
14.3 Oscillateurs en haute fréquence	293
14.4 Conclusion	305
15 Boucle à verrouillage de phase	307
15.1 Principe de fonctionnement	307
15.2 Caractéristiques de la PLL	309
15.3 Démodulation FM par PPL	316
16 Alimentation à découpage. Régulateur de tension et amplificateur de puissance	317
16.1 Régulateur de tension	317
16.2 Régulateur intégré	321
16.3 Alimentation à découpage ou convertisseur DC-DC	322
17 Électronique à temps discret	329
17.1 Introduction	329
17.2 Principe des capacités commutées	331
17.3 Mise en application : cas de l'intégrateur	334
17.4 Électronique de fonctions à base de capacités commutées	340
Index	349

Présentation des auteurs

Corinne Berland

Ingénieur ESIEE et docteur HDR en électronique et traitement du signal. Enseignant chercheur à ESIEE-Paris depuis 1998. Domaines d'activité : électronique analogique basse fréquence et RF, architecture de systèmes de radiocommunication.

François de Dieuleveult

Ingénieur diplômé de l'ESME, ancien chercheur au sein du département des technologies des capteurs et du signal du CEA Saclay. Il enseigne les transmissions à l'université d'Évry, à l'ESIEE-Paris, à l'INT et à l'université Pierre et Marie Curie. Il est également l'auteur de *Principes et pratique de l'électronique* (tomes 1 & 2) paru chez Dunod.

Christophe Delabie

Docteur de l'université des Sciences et Technologies de Lille. Enseignant chercheur à ESIEE-Paris depuis 1995. Domaines d'activité : électronique analogique, micro-ondes et antennes, algorithmes évolutionnaires.

Olivier Français

Agrégé de génie électrique et docteur de l'ENS Cachan en Physique appliquée. Enseignant chercheur et directeur de la recherche à ESIEE-Paris. Domaines d'activité : instrumentation et microtechnologies appliquées à la biologie.

Bernard Latorre

Diplômé de l'INSA Toulouse, ancien ingénieur de recherche Philips puis d'étude à Thomson-CSF. Enseignant chercheur à ESIEE-Paris depuis 1991, responsable de la filière « systèmes embarqués : transports et objets intelligents » par apprentissage.

Patrick Poulichet

Ingénieur CNAM et docteur de l'ENS Cachan en électronique. Enseignant chercheur à ESIEE-Paris depuis 1993. Domaines d'activité : la comptabilité électromagnétique (CEM), les alimentations à découpage faibles puissances, la RMN portable et les micro-systèmes intégrés en salle blanche.

Avant-propos

À la fois livre de référence, outil de travail et de réflexion, cet ouvrage se destine autant aux ingénieurs et techniciens du domaine qu'aux étudiants ou amateurs éclairés en électronique.

L'état de l'art en l'électronique analogique (connaissances et données techniques utiles) est présenté ici avec la plus grande clarté afin d'analyser ou de concevoir les différents éléments constitutifs de tout équipement électronique moderne.

Il rassemble aussi bien de nombreuses découvertes techniques récentes (comme la Magnéto Résistance Géante qui a valu le prix Nobel au Professeur Albert Fert) que les normes UTE nécessaires à la conception de tout système électronique performant.

Puisse-t-il inspirer et contribuer à créer les nouveaux systèmes électroniques intelligents qui seront utilisés demain dans notre quotidien.

