

JEAN-MARIE DONNINI
LUCIEN QUARANTA

Introduction à l'électronique

Cours avec exemples
et exercices corrigés



Enseignement
de la
Physique

MASSON 

Table des matières

Avant-propos	xi
Introduction	xiii
1 Les semi-conducteurs	1
1. La structure d'un cristal covalent pur	1
Généralités	1
La liaison covalente et les cristaux covalents	2
2. Aspects énergétiques	3
Les niveaux énergétiques atomiques	3
Les niveaux cristallins	4
La conduction électrique	5
3. Les semi-conducteurs purs : conduction intrinsèque ; électrons et trous	6
Les mécanismes de conduction	6
Les densités volumiques de porteurs	7
Ordres de grandeur	8
4. Les semi-conducteurs dopés : conduction extrinsèque	8
Les semi-conducteurs de type n	8
Les semi-conducteurs de type p	9
Porteurs majoritaires et minoritaires	10
5. Effets photoélectrique et thermique	11
Expression de la conductivité	12
Effet photoélectrique : photorésistance	12
Effet thermique : thermistance	13
6. Compléments pratiques	13
Comparaison entre un semi-conducteur pur et un semi-conducteur dopé	13
<i>Énoncés des exercices</i>	16
2 Les diodes à jonctions	19
1. La diode à jonction $p - n$	19
Description à l'état d'équilibre	19
Fonctionnement de la diode à jonction	21
Caractéristique d'une diode	22
2. Autres types de diodes	26
Diode Zener	26
Diode électroluminescente	27
Photodiode	27

3.	Compléments pratiques	30
	Résistance dynamique d'une diode	30
	Redressement mono-alternance	31
	Stabilisation des fluctuations de tension	31
	Stabilisation en tension vis-à-vis de la charge	33
	Énoncés des exercices	34
3	Les transistors en régime statique	37
1.	Le transistor bipolaire	37
	Généralités : description du composant	37
	Les caractéristiques statiques en émetteur commun	41
	Point de fonctionnement statique	43
	Polarisation en régime linéaire	45
	Stabilisation thermique et interchangeabilité du composant	47
	Sources de tension et de courant	50
2.	Le transistor à effet de champ (TEC)	50
	Généralités : description du composant	50
	Caractéristiques source commune du JFET	53
	Point de fonctionnement statique d'un T.E.C.	54
3.	Le phototransistor	56
	Le composant	56
	Caractéristiques	57
4.	Compléments pratiques	58
	Transistor bloqué ou saturé	58
	Polarisation par pont d'un transistor bipolaire	59
	Polarisation par pont d'un TEC	59
	Source de tension	61
	Source de courant	61
	Portes logiques (transistor en commutation)	63
	Énoncés des exercices	65
4	Les schémas équivalents des transistors	69
1.	Généralités	69
	Le régime dynamique	69
	Notion de schéma équivalent en alternatif	70
	Exemples	70
2.	Schéma équivalent du transistor bipolaire en régime linéaire	72
	Les paramètres hybrides	72
	Les schémas équivalents en petits signaux	73
	Paramètres hybrides et caractéristiques en régime linéaire	74
3.	Fonctionnement dynamique du transistor bipolaire	75
	Linéarité dynamique	75
	Distorsion	76
4.	Modélisation linéaire du TEC	77
	Généralités	77
	Schéma équivalent	78
	Fonctionnement dynamique du TEC en classe A	79

5.	Compléments pratiques	81
	Résistance dynamique h_{11}	81
	Montage Darlington	81
	Résistance de sortie d'une source de courant et stabilisation en courant	83
	Impédance de sortie d'une source de tension et stabilisation en tension	85
	Énoncés des exercices	87
5	Amplificateurs à transistors	89
1.	Modélisation d'un amplificateur	89
	Généralités	89
	Linéarité et modélisation	90
	Gains en tension et en courant	90
2.	Les amplificateurs à transistor bipolaire en classe A	91
	Le montage émetteur commun	91
	Le montage collecteur commun	94
	Le montage base commune	96
3.	L'amplificateur à TEC source commune	99
	Le montage	99
	Le schéma équivalent	99
	Analyse simplifiée	100
4.	Un amplificateur en classe B : le « push-pull »	101
	Généralités	101
	Le montage : polarisation en classe B	102
	Fonctionnement dynamique	103
	Distorsion	104
	Rendement	104
5.	Notion de bande passante	105
	Rappels	105
	Diminution du gain en très basse fréquence	106
	Diminution du gain en haute fréquence (HF)	107
	Bande passante	107
6.	Compléments pratiques	108
	Amplificateur émetteur commun non découplé	108
	Adaptation d'impédance	110
	Correction de distorsion dans le push-pull	112
	Amplificateur différentiel	114
	Énoncés des exercices	117
6	L'amplificateur opérationnel	121
1.	Le circuit	121
	Généralités	121
	Modélisation du circuit	122
	Modèle simplifié : AO parfait en régime linéaire	124
	Comportement fréquentiel, « slew-rate »	124
2.	Utilisation pratique de l'AO	126
	Généralités : AO « bouclé » et AO en « boucle ouverte »	126
	Étude d'un exemple	126

Notion de rétroaction	127
Bande passante du circuit bouclé	128
3. Utilisation en commutation	129
Généralités	129
Comparateurs	129
Bascule monostable	132
Multivibrateur astable	134
4. Compléments pratiques	136
Stabilité et rétroaction	136
Étude du « VCO » (<i>Voltage Controlled Oscillator</i>) oscillateur à fréquence commandée	137
Énoncés des exercices	142
7 Amplificateur opérationnel en fonctionnement linéaire	145
1. Généralités et rappels	145
2. Amplificateurs et filtres	146
L'amplificateur non inverseur	147
L'amplificateur inverseur	148
Amplificateur différentiel	149
Filtres	151
3. Opérateurs analogiques	152
Additionneur	153
Soustracteur	153
Multiplicateur par une constante	153
Dérivateur	153
Intégrateur	155
Opérateurs exponentiel et logarithmique	159
4. Autres applications	160
Source de tension	160
Sources de courant	160
Convertisseur courant-tension	161
Simulation d'un dipôle	162
5. Compléments pratiques	163
Impédance de sortie de l'amplificateur non inverseur	163
Bande passante de l'amplificateur inverseur	164
Comportement du dérivateur en haute fréquence	165
Énoncés des exercices	167
8 Exemples de chaînes électroniques	169
1. Adaptation d'impédance	169
Transfert de puissance d'une source vers une charge	169
Association d'éléments d'une chaîne électronique	170
Exemple	170
2. Oscillateurs à rétroaction	172
Généralités	172
Analyse et fonctionnement d'un oscillateur à rétroaction	173
Introduction au critère de Nyquist	175
Oscillateur à pont de Wien	176

	Oscillateurs à circuits résonants « r, L, C »	177
3.	Redressement	182
	Redressement et lissage par condensateur	182
	Redressement commandé	184
4.	Compléments pratiques	191
	Adaptation d'impédance par transformateur	191
	Oscillateur « phase-shift »	193
	Exemple d'application du critère de Nyquist	195
9	Réponses aux exercices	197
	Index	207

**JEAN-MARIE DONNINI
LUCIEN QUARANTA**

Introduction à l'électronique

Cours avec exemples et exercices corrigés

L'ouvrage

- Cet ouvrage constitue une introduction à l'électronique analogique.
- Après un premier chapitre sur les matériaux semi-conducteurs utilisé dans l'élaboration des composants, les chapitres 2 à 5 présentent les caractéristiques des principaux composants. L'amplificateur opérationnel, exemple de circuit intégré, fait l'objet des chapitres 6 et 7. Le dernier chapitre aborde la notion de chaîne électronique et permet d'entrevoir l'électronique de puissance et d'évoquer de façon élémentaire la rétroaction positive et l'auto-oscillation.
- 27 exemples commentés, intitulés *Compléments pratiques*, présentent des montages particuliers ou des calculs concrets. 33 exercices corrigés permettent de vérifier que le cours a bien été compris.

Le public

- Les étudiants des DEUG Sciences, en particulier ceux de la filière SM.
- Les élèves des BTS et des IUT qui reçoivent un enseignement d'électronique.
- Les candidats aux concours d'enseignement.

Les auteurs

Jean-Marie Donnini et **Lucien Quaranta** sont tous deux maîtres de conférences à l'université de Provence (Marseille).



9 782225 830457

ISBN : 2-225-83045-2

Enseignement
de la
Physique