

Table des matières

Avant-propos	1
Introduction	3
Chapitre 1. Diodes et applications	5
1.1. Notions de physique des semi-conducteurs et transport du courant dans la diode <i>pn</i>	5
1.1.1. Énergie et concentration des porteurs de charge mobile (électrons et trous).	5
1.1.2. Mécanismes de conduction	10
1.2. Modèles simplifiés de la diode <i>pn</i>	12
1.3. Montages à diodes (à étudier en exercice).	13
1.4. Modèle détaillé de la diode <i>pn</i> – Régimes variables et effets de la température	14
1.4.1. Jonction à l'équilibre (sous tension nulle ou en circuit ouvert) – Potentiel de diffusion	14
1.4.2. Jonction hors d'équilibre – Effet d'une différence de potentiel externe	16
1.4.3. Effets de la température	20
1.4.4. Effets capacitifs	21
1.5. Les différents types de diodes et leur fonction	25
1.5.1. Diode Zener	25
1.5.2. Diode Schottky ou diode métal/semi-conducteur	26
1.5.3. Diodes électroluminescentes et diodes laser	27
1.5.4. Photodiodes et générateurs photovoltaïques	28
1.6. Exercices	29

1.6.1. Analyser le fonctionnement de montages	29
1.6.2. Étude de la variation du courant d'une diode sous polarisation directe en fonction de la température	32
1.6.3. Commutateur analogique à diodes	34
1.6.4. Modulateur en anneau	36
1.6.5. Diode en commutation – Étude à l'ouverture	38
Chapitre 2. Transistors bipolaires et applications.	43
2.1. L'effet transistor	43
2.2. Modèle de Ebers-Moll du transistor bipolaire (ou transistor à jonctions).	46
2.3. Le transistor bipolaire en régime statique et les applications de la caractéristique exponentielle $I_C(V_{BE})$	52
2.3.1. Schémas équivalents pour les trois régimes de fonctionnement.	52
2.3.2. Applications non linéaires – Paires différentielles et multiplieur	53
2.3.3. Montages pour la polarisation des transistors – Sources et miroirs de courant	56
2.3.3.1. Par résistances	56
2.3.3.2. Sources de courant	57
2.3.3.3. Miroirs de courant	57
2.3.4. Limitations en tension	58
2.4. Schémas dynamiques en petits signaux (approximation linéaire)	60
2.4.1. Montages de base	60
2.4.1.1. Montage émetteur commun.	61
2.4.1.2. Montage base commune.	63
2.4.1.3. Montage collecteur commun	64
2.4.2. Schéma équivalent haute fréquence en petits signaux	66
2.5. Amplification de puissance – Classes d'amplification	67
2.6. Transistor bipolaire en commutation sur charge résistive.	69
2.7. Composants basés sur la structure <i>pnpn</i>	71
2.7.1. Diode <i>pnpn</i> (ou diode de Shockley)	71
2.7.2. Redresseur commandé ou thyristor	74
2.7.3. Diacs et triacs	76
2.8. Phototransistors et composants commandés optiquement	78
2.9. Exercices	79
2.9.1. Amplification en classe A	79
2.9.2. Multiplieur quatre quadrants	83
2.9.3. Amplificateurs à courant de repos nul ou faible devant le courant nominal	88

2.9.4. Montage cascode et réponse en fréquence des amplificateurs à transistor	93
--	----

Chapitre 3. Transistors à effet de champ et applications 99

3.1. Principe de fonctionnement des transistors à effet de champ à jonction (de type JFET et MESFET).	99
3.2. Les transistors à effet de champ à grille isolée	104
3.3. Types de transistors à effet de champ et schémas équivalents	109
3.3.1. Transistors de types JFET et MESFET	109
3.3.2. Transistors à hétérojonction (HEMT, à haute mobilité électronique) et transistors de puissance	111
3.4. Applications des transistors à effet de champ	113
3.4.1. Source de courant et polarisation des JFET.	113
3.4.2. Amplificateurs et mélangeurs	114
3.4.3. Résistance variable commandée par la tension grille-source et commutateur analogique à JFET	115
3.4.4. Circuits de commutation et circuits logiques élémentaires CMOS (à transistors MOSFET complémentaires)	116
3.4.5. Fonctions logiques combinatoires	119
3.4.5.1. Circuits combinatoires élémentaires.	119
3.4.5.2. Arithmétique élémentaire des nombres signés.	124
3.4.5.3. Comparateur binaire	126
3.4.5.4. Multiplexeurs, démultiplexeurs, encodeurs, décodeurs, transcodeurs et fonctions combinatoires quelconques	127
3.4.5.5. Circuits à sortie à trois états	129
3.4.5.6. Unités arithmétiques et logiques	129
3.4.5.7. Mémoire dynamique à accès aléatoire (DRAM)	129
3.4.6. Fonctions logiques séquentielles	132
3.4.6.1. Bascule RS	132
3.4.6.2. Mémoire statique CMOS	133
3.4.6.3. Bascule RS avec validation (RST) et bascule D.	133
3.4.6.4. Bascule D synchrone à déclenchement sur front d'horloge	135
3.4.6.5. Bascule maître-esclave JK	136
3.4.6.6. Compteurs	137
3.4.6.7. Registres à décalage	140
3.5. Exercices	141
3.5.1. Approximation parabolique de la caractéristique $I_D(V_{GS})$ d'un JFET en régime de pincement et application à un mélangeur.	141
3.5.2. Commutateur analogique à JFET – Isolation entrée-sortie à l'état bloqué	144
3.5.3. Circuits à MOSFET.	147

Chapitre 4. Amplificateurs, comparateurs et autres circuits analogiques	155
4.1. Amplificateurs opérationnels, principe de fonctionnement et types . . .	155
4.1.1. Amplificateurs opérationnels standards	155
4.1.2. Amplificateurs opérationnels à propriétés particulières.	157
4.2. Modèles et réponses des amplificateurs opérationnels	160
4.2.1. Modèle statique de l'amplificateur de tension	160
4.2.2. Fonctionnements dynamique et en commutation	161
4.3. Comparateurs.	162
4.4. Le bruit dans les amplificateurs	164
4.4.1. La nature du bruit et son évaluation	164
4.4.2. Les différents types de bruit et leur origine.	165
4.4.2.1. Bruit thermique dans une résistance.	165
4.4.2.2. Bruit de grenaille	165
4.4.2.3. Bruit en $1/f$ et autres bruits	166
4.4.3. Schéma équivalent des sources de bruit dans les amplificateurs et facteur de bruit	167
4.4.4. Amplificateurs (radiofréquence) à faible bruit (<i>Low Noise Amplifiers</i> – LNA).	169
4.5. Circuits intégrés analogiques	169
4.6. Exercices	171
4.6.1. Réponses de l'étage différentiel d'un amplificateur opérationnel	171
4.6.2. Génération de signaux triangulaires et carrés – Conversion tension-fréquence	175
4.6.3. Facteur de bruit d'un montage à amplificateur opérationnel.	178
 Annexe. Circuits électriques	 181
 Bibliographie	 193
 Index	 195
 Sommaire de <i>Électronique fondamentale 2</i>	 197
 Sommaire de <i>Électronique fondamentale 3</i>	 199