

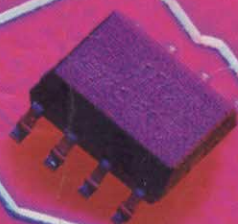
Albert Paul Malvino
David J. Bates

**TOUT EN
COULEUR**

PRINCIPES D'ÉLECTRONIQUE

Cours et exercices corrigés

7^e édition



DUNOD

Table des matières

| | | | |
|--|-----------|---|---|
| Préface | ix | | |
| Chapitre 1 INTRODUCTION | 1 | | |
| 1.1 Les trois types de formules | 2 | 3.2 | La diode idéale 64 |
| 1.2 Approximations | 4 | 3.3 | Deuxième approximation 67 |
| 1.3 Sources de tension | 6 | 3.4 | Troisième approximation 69 |
| 1.4 Sources de courant | 8 | 3.5 | Dépannage 72 |
| 1.5 Le théorème de Thévenin | 12 | 3.6 | Analyse variationnelle 74 |
| 1.6 Le théorème de Norton | 17 | 3.7 | Lecture d'une fiche technique 76 |
| 1.7 Dépannage | 20 | 3.8 | Comment calculer la résistance série ? 79 |
| Réviser | 23 | 3.9 | La résistance statique d'une diode 80 |
| S'entraîner | 25 | 3.10 | La droite de charge 81 |
| | | 3.11 | Diodes montées en surface 82 |
| Chapitre 2 LES SEMI-CONDUCTEURS | 29 | | Réviser 84 |
| 2.1 Les conducteurs | 30 | | S'entraîner 85 |
| 2.2 Les semi-conducteurs | 31 | Chapitre 4 LES CIRCUITS À DIODES | 90 |
| 2.3 Le cristal de silicium | 32 | 4.1 | Le redresseur simple alternance 91 |
| 2.4 Les semi-conducteurs intrinsèques | 35 | 4.2 | Le transformateur 95 |
| 2.5 Les deux types de flux de porteurs | 36 | 4.3 | Le redresseur double alternance 97 |
| 2.6 Doper un semi-conducteur | 36 | 4.4 | Le redresseur en pont 101 |
| 2.7 Les deux types de semi-conducteurs extrinsèques | 37 | 4.5 | Le filtre <i>LC</i> à inductance en tête 105 |
| 2.8 Le diode non polarisée | 38 | 4.6 | Le filtre à condensateur en tête 107 |
| 2.9 La polarisation directe | 40 | 4.7 | Tension inverse de crête et courant de surcharge 114 |
| 2.10 La polarisation inverse | 41 | 4.8 | Autres remarques sur les alimentations 117 |
| 2.11 Le claquage | 43 | 4.9 | Dépannage 121 |
| 2.12 Niveaux d'énergie | 44 | 4.10 | Écrêteurs et limiteurs 124 |
| 2.13 La barrière énergétique | 46 | 4.11 | Circuits de régénération de niveau DC 128 |
| 2.14 Barrière de potentiel et température | 49 | 4.12 | Multiplicateurs de tension 131 |
| 2.15 La diode en polarisation inverse | 50 | | Réviser 134 |
| Réviser | 54 | | S'entraîner 136 |
| S'entraîner | 55 | | |
| Chapitre 3 THÉORIE DE LA DIODE | 60 | | |
| 3.1 Concepts fondamentaux | 61 | | |

| | | | | |
|---|------------|---|--------------------------------------|-----|
| Chapitre 5 DIODES PARTICULIÈRES | 144 | 8.4 | Polarisation émetteur à deux sources | 276 |
| 5.1 La diode Zener | 145 | 8.5 | Autres polarisations | 280 |
| 5.2 Le régulateur Zener chargé | 148 | 8.6 | Dépannage | 283 |
| 5.3 La diode Zener | | 8.7 | Transistors <i>pn</i> p | 284 |
| en deuxième approximation | 153 | Réviser | | 287 |
| 5.4 Limites de la régulation | 157 | S'entraîner | | 288 |
| 5.5 Lecture d'une fiche technique | 160 | Chapitre 9 MODÈLES | | |
| 5.6 Dépannage | 163 | EN RÉGIME ALTERNATIF | 295 | |
| 5.7 Droites de charge | 166 | 9.1 Amplificateur polarisé par la base | 296 | |
| 5.8 Composants optoélectroniques | 167 | 9.2 Amplificateur polarisé par l'émetteur | 301 | |
| 5.9 La diode Schottky | 173 | 9.3 Fonctionnement petit signal | 304 | |
| 5.10 La diode à capacité variable | 177 | 9.4 Le bêta AC | 307 | |
| 5.11 Autres diodes particulières | 179 | 9.5 La résistance AC de la diode émetteur | 308 | |
| Réviser | 184 | 9.6 Deux modèles pour le transistor | 312 | |
| S'entraîner | 185 | 9.7 Étude d'un amplificateur | 314 | |
| Chapitre 6 LE TRANSISTOR BIPOLAIRE | 191 | 9.8 Lecture d'une fiche technique | 319 | |
| 6.1 Le transistor non polarisé | 192 | Réviser | 322 | |
| 6.2 Le transistor polarisé | 193 | S'entraîner | 323 | |
| 6.3 Courants du transistor | 195 | Chapitre 10 LES AMPLIFICATEURS | | |
| 6.4 Le montage émetteur commun | 197 | DE TENSION | 328 | |
| 6.5 Caractéristique $I(V)$ de la base | 199 | 10.1 Gain en tension | 329 | |
| 6.6 Caractéristique $I(V)$ du collecteur | 200 | 10.2 Influence de l'impédance d'entrée | 332 | |
| 6.7 Approximations du transistor | 206 | 10.3 Amplificateurs à plusieurs étages | 335 | |
| 6.8 Lecture d'une fiche technique | 211 | 10.4 Amplificateurs stabilisés | 338 | |
| 6.9 Transistors montés en surface | 216 | 10.5 La réaction à deux étages | 344 | |
| 6.10 Dépannage | 217 | 10.6 Dépannage | 347 | |
| Réviser | 220 | Réviser | 350 | |
| S'entraîner | 221 | S'entraîner | 351 | |
| Chapitre 7 LE TRANSISTOR : | | Chapitre 11 LES AMPLIFICATEURS | | |
| PRINCIPES FONDAMENTAUX | 227 | COLLECTEUR COMMUN | | |
| 7.1 Variations du gain en courant | 228 | ET ÉMETTEUR SUIVEUR | 356 | |
| 7.2 La droite de charge | 229 | 11.1 L'amplificateur émetteur suiveur | 357 | |
| 7.3 Le point de fonctionnement | 235 | 11.2 L'impédance de sortie | 362 | |
| 7.4 Identification de la saturation | 237 | 11.3 Mise en cascade d'amplis EC et CC | 366 | |
| 7.5 Le transistor en commutation | 240 | 11.4 Le montage Darlington | 368 | |
| 7.6 Polarisation par l'émetteur | 242 | 11.5 Régulation de tension | 371 | |
| 7.7 Commandes de DEL | 245 | 11.6 L'amplificateur base commune | 375 | |
| 7.8 Effets des petites variations | 248 | Réviser | 380 | |
| 7.9 Dépannage | 249 | S'entraîner | 381 | |
| 7.10 Autres composants optoélectroniques | 253 | Chapitre 12 LES AMPLIFICATEURS | | |
| Réviser | 257 | DE PUISSANCE | 389 | |
| S'entraîner | 258 | 12.1 Nomenclature des amplificateurs | 390 | |
| Chapitre 8 POLARISATIONS | | 12.2 Les deux droites de charge | 392 | |
| DU TRANSISTOR | 266 | 12.3 Fonctionnement en classe A | 398 | |
| 8.1 Polarisation par diviseur de tension | 267 | 12.4 Fonctionnement en classe B | 405 | |
| 8.2 Étude détaillée de la PDT | 269 | 12.5 Amplificateur push-pull classe B | 407 | |
| 8.3 Droite de charge et point Q d'une PDT | 273 | | | |

| | | |
|-------------|---|-----|
| 12.6 | Polarisation des amplificateurs classe B/AB | 412 |
| 12.7 | Commande des classes B/AB | 415 |
| 12.8 | Fonctionnement en classe C | 417 |
| 12.9 | Formules de la classe C | 420 |
| 12.10 | Puissance maximale admissible du transistor | 427 |
| Réviser | | 432 |
| S'entraîner | | 435 |

Chapitre 13 LES TRANSISTORS JFET 442

| | | |
|-------------|-----------------------------------|-----|
| 13.1 | Concept fondamental | 443 |
| 13.2 | Caractéristiques du courant drain | 446 |
| 13.3 | La caractéristique de transfert | 448 |
| 13.4 | Polarisation en région ohmique | 449 |
| 13.5 | Polarisation en région active | 452 |
| 13.6 | La transconductance | 464 |
| 13.7 | Amplificateurs à JFET | 466 |
| 13.8 | Le JFET en commutation analogique | 471 |
| 13.9 | Autres applications du JFET | 475 |
| 13.10 | Lecture d'une fiche technique | 484 |
| 13.11 | Test d'un JFET | 486 |
| Réviser | | 488 |
| S'entraîner | | 490 |

Chapitre 14 LES TRANSISTORS MOSFET 499

| | | |
|-------------|---|-----|
| 14.1 | Le MOSFET à appauvrissement | 500 |
| 14.2 | Caractéristiques du transistor D-MOSFET | 500 |
| 14.3 | Amplificateurs à transistors D-MOSFET | 502 |
| 14.4 | Le MOSFET à enrichissement | 504 |
| 14.5 | La région ohmique | 507 |
| 14.6 | Commutation numérique | 514 |
| 14.7 | Le MOS complémentaire (CMOS) | 518 |
| 14.8 | Les MOS de puissance | 520 |
| 14.9 | Amplificateurs à transistor E-MOSFET | 527 |
| 14.10 | Test du transistor MOSFET | 531 |
| Réviser | | 533 |
| S'entraîner | | 534 |

Chapitre 15 LES THYRISTORS 541

| | | |
|-------------|---|-----|
| 15.1 | La diode à quatre couches | 542 |
| 15.2 | Le redresseur au silicium commandé | 546 |
| 15.3 | Protection contre les surtensions par SCR | 555 |
| 15.4 | SCR commandé par la phase | 559 |
| 15.5 | Les thyristors bidirectionnels | 563 |
| 15.6 | Le transistor IGBT | 570 |
| 15.7 | Autres thyristors | 574 |
| 15.8 | Dépannage | 578 |
| Réviser | | 579 |
| S'entraîner | | 580 |

Chapitre 16 EFFETS DE LA FRÉQUENCE 586

| | | |
|-------------|--|-----|
| 16.1 | Réponse en fréquence d'un amplificateur | 587 |
| 16.2 | Gain en puissance en décibels | 593 |
| 16.3 | Gain en tension en décibels | 596 |
| 16.4 | L'adaptation d'impédance | 598 |
| 16.5 | Décibels au-dessus d'un niveau de référence | 601 |
| 16.6 | Diagrammes de Bode | 603 |
| 16.7 | Autres diagrammes de Bode | 607 |
| 16.8 | L'effet Miller | 614 |
| 16.9 | Relation entre temps de montée et bande passante | 617 |
| 16.10 | Réponse en fréquence des étages à transistors bipolaires | 619 |
| 16.11 | Réponse en fréquence des étages à transistors à effet de champ | 628 |
| 16.12 | Effets de la fréquence sur les composants de surface | 634 |
| Réviser | | 635 |
| S'entraîner | | 637 |

Chapitre 17 LES AMPLIFICATEURS DIFFÉRENTIELS 643

| | | |
|-------------|--|-----|
| 17.1 | L'amplificateur différentiel | 644 |
| 17.2 | Étude DC de l'ampli différentiel | 647 |
| 17.3 | Étude AC de l'ampli différentiel | 652 |
| 17.4 | Les grandeurs d'entrée de l'ampli opérationnel | 659 |
| 17.5 | Gain mode commun | 667 |
| 17.6 | Circuits intégrés | 671 |
| 17.7 | Le miroir de courant | 674 |
| 17.8 | L'ampli différentiel chargé | 676 |
| Réviser | | 679 |
| S'entraîner | | 681 |

Chapitre 18 LES AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS 687

| | | |
|-------------|--|-----|
| 18.1 | Introduction | 688 |
| 18.2 | L'ampli op 741 | 690 |
| 18.3 | Le montage amplificateur inverseur | 700 |
| 18.4 | L'amplificateur non inverseur | 708 |
| 18.5 | Deux autres applications de l'ampli op | 713 |
| 18.6 | Circuits intégrés linéaires | 719 |
| 18.7 | Les amplis op en composants de surface | 725 |
| Réviser | | 726 |
| S'entraîner | | 728 |

Chapitre 19 LA CONTRE-RÉACTION 735

| | | |
|------|---|-----|
| 19.1 | Les quatre types de contre-réactions | 736 |
| 19.2 | Gain en tension d'un amplificateur SVCV | 738 |

| | | |
|------|-----------------------------------|-----|
| 19.3 | Autres propriétés des amplis SVCV | 741 |
| 19.4 | L'amplificateur SVCI | 746 |
| 19.5 | L'amplificateur SICV | 748 |
| 19.6 | L'amplificateur SICI | 750 |
| 19.7 | La bande passante | 752 |
| | Réviser | 757 |
| | S'entraîner | 759 |

Chapitre 20 LES CIRCUITS LINÉAIRES À AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS 766

| | | |
|-------|--|-----|
| 20.1 | Les amplificateurs inverseurs | 767 |
| 20.2 | Les amplificateurs non inverseurs | 769 |
| 20.3 | Les circuits inverseur/non inverseur | 773 |
| 20.4 | Les amplificateurs différentiels | 779 |
| 20.5 | Les amplificateurs d'instrumentation | 785 |
| 20.6 | Les amplificateurs sommateurs | 790 |
| 20.7 | Les amplificateurs de courant | 795 |
| 20.8 | Les sources de courant commandées en tension | 798 |
| 20.9 | Le contrôle automatique de gain | 802 |
| 20.10 | Fonctionnement à alimentation unique | 805 |
| | Réviser | 808 |
| | S'entraîner | 809 |

Chapitre 21 LES FILTRES ACTIFS 817

| | | |
|-------|---|-----|
| 21.1 | Réponses idéales | 818 |
| 21.2 | Caractéristiques de réponse | 822 |
| 21.3 | Filtres passifs | 834 |
| 21.4 | Étages du premier ordre | 838 |
| 21.5 | Filtres passe-bas du deuxième ordre à gain unité SVCV | 843 |
| 21.6 | Filtres d'ordre supérieur | 849 |
| 21.7 | Filtres passe-bas à composants identiques SVCV | 851 |
| 21.8 | Filtres passe-haut SVCV | 856 |
| 21.9 | Filtres passe-bande à réactions multiples | 858 |
| 21.10 | Filtres coupe-bande | 863 |
| 21.11 | Filtres passe-tout | 865 |
| 21.12 | Filtres biquadriques et filtres à variables d'état | 870 |
| | Réviser | 874 |
| | S'entraîner | 876 |

Chapitre 22 LES CIRCUITS NON LINÉAIRES À AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS 880

| | | |
|------|-------------------------------------|-----|
| 22.1 | Les comparateurs à zéro | 881 |
| 22.2 | Les comparateurs à valeur non nulle | 888 |
| 22.3 | Les comparateurs à hystérésis | 894 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 22.4 | Les comparateurs à fenêtre | 899 |
| 22.5 | L'intégrateur | 901 |
| 22.6 | Conversion de la forme des signaux | 904 |
| 22.7 | Génération de signaux | 908 |
| 22.8 | Autre générateur de signal triangulaire | 911 |
| 22.9 | Circuits actifs à diodes | 912 |
| 22.10 | Les différentiateurs | 916 |
| 22.11 | L'amplificateur classe D | 918 |
| | Réviser | 921 |
| | S'entraîner | 922 |

Chapitre 23 LES OSCILLATEURS 930

| | | |
|-------|--|-----|
| 23.1 | Théorie de l'oscillation sinusoïdale | 931 |
| 23.2 | L'oscillateur à pont de Wien | 932 |
| 23.3 | Autres oscillateurs RC | 938 |
| 23.4 | L'oscillateur Colpitts | 939 |
| 23.5 | Autres oscillateurs LC | 945 |
| 23.6 | Le cristal de quartz | 948 |
| 23.7 | Le temporisateur 555 | 954 |
| 23.8 | Fonctionnement du temporisateur 555 en astable | 960 |
| 23.9 | Montages à base du temporisateur 555 | 965 |
| 23.10 | La boucle à verrouillage de phase | 976 |
| 23.11 | Générateur de fonction monolithique | 973 |
| | Réviser | 982 |
| | S'entraîner | 984 |

Chapitre 24 LES ALIMENTATIONS RÉGULÉES 990

| | | |
|------|------------------------------------|------|
| 24.1 | Caractéristiques des alimentations | 991 |
| 24.2 | Les régulateurs shunts | 993 |
| 24.3 | Les régulateurs séries | 1000 |
| 24.4 | Les régulateurs intégrés | 1011 |
| 24.5 | Les élévateurs de courant | 1018 |
| 24.6 | Les convertisseurs DC-DC | 1020 |
| 24.7 | Les régulateurs à découpage | 1022 |
| | Réviser | 1034 |
| | S'entraîner | 1035 |

Annexes 1041

Démonstrations mathématiques 1042

Le théorème de Thévenin 1046

Lexique 1048

Réponses aux exercices impairs 1063

Fiches techniques 1067

Index 1073