

**Albert Paul Malvino**  
**David J. Bates**

**TOUT EN  
COULEUR**

# **PRINCIPES D'ÉLECTRONIQUE**

**Cours et exercices corrigés**

**7<sup>e</sup> édition**

**DUNOD**

# Table des matières

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

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

276		
280		
283		
284		
287		
288		
295		
296		
301		
304		
307		
308		
312		
314		
319		
322		
323		
328		
330		
331		
332		
333		
334		
335		
336		
337		
338		
339		
340		
341		
342		
343		
344		
345		
346		
347		
348		
349		
350		
351		
352		
353		
354		
355		
356		
357		
358		
359		
360		
361		
362		
363		
364		
365		
366		
367		
368		
369		
370		
371		
372		
373		
374		
375		
376		
377		
378		
379		
380		
381		
382		
383		
384		
385		
386		
387		
388		
389		
390		
391		
392		
393		
394		
395		
396		
397		
398		
399		
400		
401		
402		
403		
404		
405		
406		
407		
408		
409		
410		
411		
412		
413		
414		
415		
416		
417		
418		
419		
420		
421		
422		
423		
424		
425		
426		
427		
428		
429		
430		
431		
432		
433		
434		
435		
436		
437		
438		
439		
440		
441		
442		
443		
444		
445		
446		
447		
448		
449		
450		
451		
452		
453		
454		
455		
456		
457		
458		
459		
460		
461		
462		
463		
464		
465		
466		
467		
468		
469		
470		
471		
472		
473		
474		
475		
476		
477		
478		
479		
480		
481		
482		
483		
484		
485		
486		
487		
488		
489		
490		
491		
492		
493		
494		
495		
496		
497		
498		
499		
500		
501		
502		
503		
504		
505		
506		
507		
508		
509		
510		
511		
512		
513		
514		
515		
516		
517		
518		
519		
520		
521		
522		
523		
524		
525		
526		
527		
528		
529		
530		
531		
532		
533		
534		
535		
536		
537		
538		
539		
540		
541		
542		
543		
544		
545		
546		
547		
548		
549		
550		
551		
552		
553		
554		
555		
556		
557		
558		
559		
560		
561		
562		
563		
564		
565		
566		
567		
568		
569		
570		
571		
572		
573		
574		
575		
576		
577		
578		
579		
580		

<b>Chapitre 16</b>	<b>EFFETS DE LA FRÉQUENCE</b>	<b>586</b>
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
<b>Chapitre 17</b>	<b>LES AMPLIFICATEURS DIFFÉRENTIELS</b>	<b>643</b>
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
<b>Chapitre 18</b>	<b>LES AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS</b>	<b>687</b>
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
<b>Chapitre 19</b>	<b>LA CONTRE-RÉACTION</b>	<b>735</b>
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	22.4	Les comparateurs à fenêtre	899
19.4	L'amplificateur SVCI	746	22.5	L'intégrateur	901
19.5	L'amplificateur SICV	748	22.6	Conversion de la forme des signaux	904
19.6	L'amplificateur SICI	750	22.7	Génération de signaux	908
19.7	La bande passante	752	22.8	Autre générateur de signal triangulaire	911
Réviser		757	22.9	Circuits actifs à diodes	912
S'entraîner		759	22.10	Les différentiateurs	916
<b>Chapitre 20</b>	<b>LES CIRCUITS LINÉAIRES À AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS</b>	<b>766</b>	22.11	L'amplificateur classe D	918
20.1	Les amplificateurs inverseurs	767	Réviser		921
20.2	Les amplificateurs non inverseurs	769	S'entraîner		922
20.3	Les circuits inverseur/non inverseur	773	<b>Chapitre 23</b>	<b>LES OSCILLATEURS</b>	<b>930</b>
20.4	Les amplificateurs différentiels	779	23.1	Théorie de l'oscillation sinusoïdale	931
20.5	Les amplificateurs d'instrumentation	785	23.2	L'oscillateur à pont de Wien	932
20.6	Les amplificateurs sommateurs	790	23.3	Autres oscillateurs RC	938
20.7	Les amplificateurs de courant	795	23.4	L'oscillateur Colpitts	939
20.8	Les sources de courant commandées en tension	798	23.5	Autres oscillateurs LC	945
20.9	Le contrôle automatique de gain	802	23.6	Le cristal de quartz	948
20.10	Fonctionnement à alimentation unique	805	23.7	Le temporisateur 555	954
Réviser		808	23.8	Fonctionnement du temporisateur 555 en astable	960
S'entraîner		809	23.9	Montages à base du temporisateur 555	965
<b>Chapitre 21</b>	<b>LES FILTRES ACTIFS</b>	<b>817</b>	23.10	La boucle à verrouillage de phase	976
21.1	Réponses idéales	818	23.11	Générateur de fonction monolithique	973
21.2	Caractéristiques de réponse	822	Réviser		982
21.3	Filtres passifs	834	S'entraîner		984
21.4	Étages du premier ordre	838	<b>Chapitre 24</b>	<b>LES ALIMENTATIONS RÉGULÉES</b>	<b>990</b>
21.5	Filtres passe-bas du deuxième ordre à gain unité SVCV	843	24.1	Caractéristiques des alimentations	991
21.6	Filtres d'ordre supérieur	849	24.2	Les régulateurs shunts	993
21.7	Filtres passe-bas à composants identiques SVCV	851	24.3	Les régulateurs séries	1000
21.8	Filtres passe-haut SVCV	856	24.4	Les régulateurs intégrés	1011
21.9	Filtres passe-bande à réactions multiples	858	24.5	Les élévateurs de courant	1018
21.10	Filtres coupe-bande	863	24.6	Les convertisseurs DC-DC	1020
21.11	Filtres passe-tout	865	24.7	Les régulateurs à découpage	1022
21.12	Filtres biquadratiques et filtres à variables d'état	870	Réviser		1034
Réviser		874	S'entraîner		1035
S'entraîner		876	<b>Annexes</b>		<b>1041</b>
<b>Chapitre 22</b>	<b>LES CIRCUITS NON LINÉAIRES À AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS</b>	<b>880</b>	<b>Démonstrations mathématiques</b>		<b>1042</b>
22.1	Les comparateurs à zéro	881	<b>Le théorème de Thévenin</b>		<b>1046</b>
22.2	Les comparateurs à valeur non nulle	888	<b>Lexique</b>		<b>1048</b>
22.3	Les comparateurs à hystérésis	894	<b>Réponses aux exercices impairs</b>		<b>1063</b>
			<b>Fiches techniques</b>		<b>1067</b>
			<b>Index</b>		<b>1073</b>



7<sup>e</sup> édition

Albert Paul Malvino – David J. Bates  
 Traduit de l'américain par Jean-Alain Hernandez,  
 René Joly et Bernard Boittiaux

## PRINCIPES D'ÉLECTRONIQUE

L'électronique est un vaste domaine qui peut paraître complexe à celui qui l'aborde. Cet ouvrage, destiné aux étudiants qui suivent leurs premiers cours en électronique, est devenu une référence. Très structurée, son approche pédagogique est axée sur une **acquisition progressive** du savoir et de sa pratique grâce à des **méthodes** et des **exemples concrets** qui ponctuent le cours. Les **concepts fondamentaux** en électronique sont d'abord étudiés, ils sont ensuite appliqués aux **circuits** et appareils électroniques couramment utilisés dans le monde industriel.

Le cours est complété par plusieurs rubriques :

- Des notules pédagogiques : Objectifs, Vocabulaire, Résumé, À retenir...
- Des encadrés apportent en marge du texte des précisions utiles ; de nombreux tableaux et plus de mille figures en couleur apportent la lumière nécessaire à une bonne compréhension.
- Des récapitulatifs facilitent la mémorisation du cours et des rubriques « grilles de dépannage » et « analyse variationnelle » sont destinées à plonger l'étudiant dans la situation concrète d'un dépannage à effectuer.
- Des exercices et des problèmes corrigés, de difficulté progressive et regroupés par sujet, viennent compléter des questionnaires à choix multiples, véritable base d'une **auto-évaluation** efficace.
- Des questions, qui pourraient être posées lors d'un entretien d'embauche, parsèment le texte, permettant à l'étudiant de parfaire sa préparation.

Cette septième édition entièrement actualisée s'enrichit plus particulièrement de nouvelles données techniques sur les **circuits intégrés**. Par ailleurs, l'ouvrage présente de nombreuses illustrations nouvelles issues de matériels utilisés dans le monde industriel : **fiches techniques** précisant les caractéristiques de composants et captures d'écran des toutes dernières versions de **logiciels de simulation**.



6648034  
 ISBN 978-2-10-051613-1

www.dunod.com

ALBERT PAUL MALVINO  
 Est docteur en électronique de l'université Stanford, aux États-Unis. Il est l'auteur de 10 ouvrages mondialement célèbres.

DAVID J. BATES  
 Enseigne l'électronique à La Crosse (Wisconsin, États-Unis).

