

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	5
PREMIERE PARTIE	
1. — Notions élémentaires sur la physique des semi-conducteurs (la diode à jonction)	7
Constitution de la matière	7
Semi-conducteurs intrinsèques	8
Semi-conducteurs dopés	10
Porteurs majoritaires et porteurs minoritaires	12
Bandes permises et bandes interdites	12
Courant de dérive et courant de diffusion	13
Jonction p-n . La diode	16
Courant dans une jonction p-n non polarisée	18
Jonction polarisée en inverse	19
Jonction polarisée en sens direct	19
Propriétés des jonctions p-n	20
Application des jonctions p-n	22
2. — Le transistor à jonction	23
La jonction p-n asymétrique	23
Le transistor à jonction	24
Le transistor, dénomination des électrodes	25
Propriétés du transistor	26
Les trois montages fondamentaux des transistors	29
3. — Le transistor à effet de champ	32
Transistor à effet de champ à jonction	32
Le transistor à effet de champ MOS	35
Le T.E.C. MOS à enrichissement	36
4. — Les éléments semi-conducteurs utilisés en commutation	38
Emploi des diodes en commutation	38
Emploi des transistors en commutation	40
Commutation par transistors à effet de champ	48
5. — Techniques de fabrication des circuits intégrés	51
Panorama d'ensemble de la micro-électronique	51
Epitaxie	53
Photogravure	54
Diffusion	54
Réalisation des interconnexions	56
Création des divers composants	56
Résumé schématique du processus de fabrication des C.I.	62
Boîtiers	63
6. — Rappel des notions élémentaires de logique	65
Qu'est-ce que la logique ?	65
Variable binaire	65
Opérations logiques	66
Algèbre de Boole	67
Circuits électroniques élémentaires de logique	69
Logique négative. Fonctions NI et NON-ET	72
Théorème de de Morgan	73
Règles de l'algèbre logique	74
Démonstrons quelques théorèmes	75
Simplification des fonctions logiques	76
Tableaux de Karnaugh	77
Fonction OU exclusif	80
Inhibition	81

Passage de la logique ET-OU à la logique NI et NON	82
Circuit ET-OU à décision majoritaire	87
Logique asynchrone. Logique synchrone	88
Récapitulons	89
7. — Notions élémentaires sur la numération	94
Les diverses manières de compter	94
Notion de numération	95
Numération binaire	97
Qu'appelons-nous « Information » ?	98
Différents codes	100
8. — Les bistables	108
Principe de base	108
Symboles et conventions	110
Modes de commande d'un bistable	110
Différents types d'attaque des bistables commandés par les fronts	113
Bascules déclenchées en niveau	117
Bistables à transistors à effet de champ	126
9. — Circuits intégrés linéaires	128
Amplificateur de différence	128
Amplificateurs opérationnels	130
10. — Caractéristiques électriques des circuits intégrés logiques (problème des parasites)	138
Courbe caractéristique de transfert	139
Facteur de charge d'entrée	140
Facteur de charge de sortie	140
Influence de la température	144
Influence de la tension d'alimentation	144
Gabarit de la caractéristique de transfert. Détermination des marges de bruit	144
Temps de propagation	148
Mesure des temps de retard et de propagation	152
Influence des capacités sur la durée de propagation	154
Sensibilité aux parasites de faible durée	163
Influence de la température sur la sensibilité aux parasites de courte durée	166
Origine et mode d'action des parasites	166
Influence de la consommation sur la sensibilité aux parasites	168

DEUXIEME PARTIE

LES DIFFERENTES FAMILLES LOGIQUES

11. — Modes R.T.L., R.C.T.L. et D.C.T.L.	170
Caractéristique commune	170
Modes logiques à transistors et résistances (R.T.L.) et à transistors, résistances et condensateurs (R.C.T.L.)	170
Modes R.T.L. et R.C.T.L. (deuxième version)	172
Logique à couplage direct des transistors (D.C.T.L.)	173
12. — Logiques à émission de courant D.T.L., T.T.L.	177
Logiques à injection de courant et logiques à émission de courant	177
Logiques positives ou négatives ?	177
Logique à diodes et transistors (diode transistor logic : D.T.L.)	179
Autres modes logiques dérivés de la D.T.L.	184
Bistables D.T.L.	186
Mode logique à couplage par transistors (transistor coupled logic : T.C.L. ou transistor transistor logic : T.T.L. ou T ² L)	186
Autres circuits dérivés de la T.T.L.	192
Entrées d'expansion	194
Bistables	195
Le mode « Utililogic »	195
T.T.L. rapides à diodes Schottky	196

13. — Logiques à transistors non saturés C.M.L., E.C.L., C.T.L.	200
Mode à couplage en courant (C.M.L.)	200
Logique à couplage par les émetteurs	202
Bistables	207
Logique par transistors complémentaires (Complementary transistors logic : C.T.L.)	207
Porte inverseuse	209
Temps de propagation	211
Bistables	211
14. — Coup d'œil sur la logique à seuil (Threshold Logic)	212
Economie de portes	212
Schéma de principe	213
Exemples d'application	216
Intégration à grande échelle	217
15. — Logiques à transistors MOS à effet de champ	220
Comparaison des techniques à transistors à effet de champ MOS et à transistors bipolaires	220
Emploi d'un T.E.C. MOS comme résistance de charge	223
Circuits de logique	228
Bistables	229
Buffers	231
Registres	233
Logiques à MOS complémentaires (COS MOS = Complementary symmetry MOS)	239
16. — Demain, 500 MHz avec la T.D.T.L. ?	244
La diode tunnel élément de commutation rapide	244
Circuits de logique à diode tunnel et transistors (tunnel diode transistor logic : T.D.T.L.)	246
Circuit universel T.D.T.L.	248
17. — Choix d'un mode logique	249
Compatibilité	249
18. — Fonctions complexes, M.S.I., L.S.I. De quoi s'agit-il exactement ?	259
Où il est question de définitions	259
Tour d'horizon dans le domaine de la M.S.I.	262
Boîtiers	266

TROISIEME PARTIE

19. — Circuits d'interface : entrée	270
Adaptation de capteurs optiques	274
Adaptation de capteurs magnétiques	276
Création d'impulsions courtes à partir d'un signal sinusoïdal	277
Détecteur de seuil à mémoire	278
Oscillateurs à fréquence commandée (V.C.O. : Voltage controled oscillators)	280
20. — Circuits d'interface : circuits de sortie	283
Transposition de niveaux continus. Passage d'une logique à une autre .	283
Commande directe d'organes d'exécution par des circuits intégrés	286
Commande de charges de puissance en continu	287
Commande de charges en courant alternatif	289
21. — Circuits d'interface. Transmission des Informations binaires par ligne ou câble	292
Propagation d'un échelon unité dans une ligne	292
Cas de la logique T.T.L.	293
Cas de la logique à couplage par les émetteurs (E.C.L.)	295
Emploi d'un circuit intégré spécial d'interface pour liaison par un câble	297
Liaisons électro-optiques	297
22. — Circuits générateurs de signaux monostables multivibrateurs, astables .	299
Monostables	299
Monostables pour temporisations longues	304
Autres dispositifs de temporisation	307

Production d'impulsions très brèves	308
Multivibrateurs	311
Oscillateurs à quartz	313
Autres générateurs de signaux	317
Générateurs d'impulsions déphasées	319
23. — Conversion numérique analogique	320
Les codes	320
Convertisseurs numériques analogiques à résistances pondérées	321
Emploi d'un réseau de résistances en échelle	327
Convertisseur économique	333
24. — Circuits séquentiels (Registres)	334
Registres à écriture et lecture parallèles	334
Registres à écriture parallèle et lecture en série	336
Registres à écriture série et lecture parallèle	338
Registre à entrée et sortie série. Registres à décalage	340
Registres à circulation	342
Commande monophasé et commande biphasé	342
Registres rétrogrades (Registres droite-gauche). Registres réversibles	343
Registres à fonctions multiples	345
25. — Circuits séquentiels (Compteurs)	348
Compteurs asynchrones	348
Les compteurs synchrones	354
Registres bouclés. Compteurs de Johnson	375
Compteurs en anneau sans bistable	378
Emploi de registres à décalages MOS pour la réalisation de compteurs en anneau	383
26. — Affichage du contenu des compteurs	384
Décodage	384
Commande des tubes d'affichage à gaz	392
Commande des voyants d'affichage à lampes à incandescence	394
Affichage par diodes électroluminescentes	397
Tube afficheur à cathode chaude « Digivac »	400
27. — Mémoires à semi-conducteurs, circuits de lecture de mémoires magnétiques	403
Mémoires à transistors bipolaires en technologie T.T.L.	403
Mémoires à transistors MOS à effet de champ	407
Amplificateurs de lecture de mémoires à tores magnétiques	412
28. — Circuits combinatoires	419
Circuits OU exclusif	419
Circuits de transcodage	420
Comparateurs. Générateurs de parité	425
Conversion binaire pur. B.D.C.	428
Conversion statique	435
29. — Circuits arithmétiques	436
Circuits d'addition	436
Soustraction	443
Circuits de complémentation	446
Soustraction par addition du complément	446
30. — Etude et réalisation d'ensembles équipés de circuits intégrés de logique	454
Du schéma de principe au circuit imprimé	454
Implantation des circuits, dessin des connexions de la carte imprimée ..	457
Réalisation du circuit imprimé	459
31. — Quelques applications pratiques	461
Pendule électronique à affichage numérique	461
Affichage numérique de fréquence pour un récepteur de trafic	467
Détermination du sens de rotation d'un arbre	472
Dispositif de surveillance de vitesse	474
Récréation	475
NOTES BIBLIOGRAPHIQUES	479