

# CIRCUITS NUMÉRIQUES

T H É O R I E E T A P P L I C A T I O N S



Ronald J. Tocci

2<sup>e</sup> édition

DUNOD

LES  
EDITIONS  
REYNALD  
GOULET  
INC.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>PRÉFACE</b>			xi
<b>1 NOTIONS FONDAMENTALES</b>			1
1-1	<i>Représentations numériques</i>	3	
1-2	<i>Systèmes numériques et systèmes analogiques</i>	4	
1-3	<i>Systèmes de numération</i>	6	
1-4	<i>Représentation des grandeurs binaires</i>	10	
1-5	<i>Circuits numériques</i>	11	
1-6	<i>Transmission parallèle et transmission série</i>	13	
1-7	<i>Mémoire</i>	14	
1-8	<i>Calculateurs numériques</i>	15	
	<i>Problèmes</i>	17	
	<i>Réponses aux questions de révision</i>	18	
<b>2 SYSTÈMES DE NUMÉRATION ET CODES</b>			19
2-1	<i>Conversion binaire-décimal</i>	21	
2-2	<i>Conversion décimal-binaire</i>	21	
2-3	<i>Système de numération octal</i>	22	
2-4	<i>Système de numération hexadécimal</i>	25	
2-5	<i>Code DCB (Décimal Codé Binaire)</i>	29	
2-6	<i>Code majoré de trois</i>	31	
2-7	<i>Code Gray</i>	32	
2-8	<i>Codes alphanumériques</i>	33	
2-9	<i>Détection d'erreur au moyen de la méthode de parité</i>	35	
	<i>Problèmes</i>	37	
	<i>Réponses aux questions de révision</i>	40	

<b>3</b>	<b>PORTES LOGIQUES ET ALGÈBRE BOOLÉENNE</b>	<b>41</b>
3-1	Constantes et variables booléennes	42
3-2	Tables de vérité	43
3-3	Opération OU	44
3-4	Opération ET	48
3-5	Opération NON	51
3-6	Mise sous forme algébrique des circuits logiques	52
3-7	Évaluation des sorties des circuits logiques	53
3-8	Matérialisation de circuits à partir d'expression booléennes	56
3-9	Portes NI et portes NON-ET	57
3-10	Théorèmes de Boole	61
3-11	Théorèmes de De Morgan	65
3-12	Universalité des portes NON-ET et des portes NI	69
3-13	Représentations synonymes des portes logiques	73
3-14	Quelle représentation de porte doit-on choisir?	76
3-15	Symboles logiques normalisés IEEE/ANSI	82
	Problèmes	86
	Réponses aux questions de révision	92
<b>4</b>	<b>CIRCUITS LOGIQUES COMBINATOIRES</b>	<b>93</b>
4-1	Somme de produits	95
4-2	Simplification des circuits logiques	95
4-3	Simplification algébrique	96
4-4	Conception des circuits logiques combinatoires	100
4-5	La méthodes des diagrammes de Karnaugh	108
4-6	Circuits OU exclusif et NI exclusif	119
4-7	Générateur et contrôleur de parité	125
4-8	Circuits de blocage	127
4-9	Caractéristiques de base des circuits numériques	129
4-10	Dépannage des systèmes numériques	134
4-11	Défaillances internes des CI numériques	135
4-12	Défaillances externes	139
4-13	Étude d'un cas de dépannage	141
	Problèmes	143
	Réponses aux questions de révision	153
<b>5</b>	<b>BASCULES ET ÉLÉMENTS CONNEXES</b>	<b>154</b>
5-1	Élément de mémoire en portes NON-ET	157
5-2	Élément de mémoire en portes NI	163

5-3	<i>Étude d'un cas de dépannage</i>	166
5-4	<i>Signal d'horloge et bascules synchrones</i>	167
5-5	<i>Bascule S-C synchrone</i>	170
5-6	<i>Bascule J-K synchrone</i>	173
5-7	<i>Bascule D synchrone</i>	176
5-8	<i>Élément de mémoire D</i>	178
5-9	<i>Entrées asynchrones</i>	180
5-10	<i>Symboles IEEE/ANSI</i>	183
5-11	<i>Considérations sur la synchronisation des bascules</i>	186
5-12	<i>Problème de synchronisation possible dans les circuits à bascules</i>	189
5-13	<i>Bascule maître/esclave</i>	191
5-14	<i>Applications des bascules</i>	191
5-15	<i>Synchronisation des bascules</i>	191
5-16	<i>Détection d'une séquence d'entrée</i>	193
5-17	<i>Stockage et transfert de données</i>	193
5-18	<i>Transfert en série: registres à décalage</i>	196
5-19	<i>Division de la fréquence et comptage</i>	199
5-20	<i>Application au micro-ordinateur</i>	203
5-21	<i>Dispositifs à bascule de Schmitt</i>	204
5-22	<i>Monostable</i>	206
5-23	<i>Minuterie CI 555</i>	212
5-24	<i>Minuterie 555 vue comme un monostable</i>	214
5-25	<i>Analyse de circuits séquentiels</i>	218
5-26	<i>Multivibrateurs astables</i>	220
5-27	<i>Dépannage de circuits à bascules</i>	222
5-28	<i>Récapitulation des bascules</i>	227
	<i>Problèmes</i>	229
	<i>Réponses aux questions de révision</i>	242

## **6 ARITHMÉTIQUE BINAIRE: OPÉRATIONS ET CIRCUITS** 244

6-1	<i>Addition binaire</i>	246
6-2	<i>Écriture des nombres signés</i>	247
6-3	<i>Addition: complément à 2</i>	253
6-4	<i>Soustraction: complément à 2</i>	254
6-5	<i>Multiplication de nombres binaires</i>	256
6-6	<i>Division binaire</i>	257
6-7	<i>Addition en DCB</i>	257
6-8	<i>Arithmétique hexadécimale</i>	259
6-9	<i>Circuits arithmétiques</i>	262
6-10	<i>Additionneur binaire parallèle</i>	263

6-11	Conception d'un additionneur complet	265
6-12	Additionneur parallèle complet avec ses registres	267
6-13	Propagation du report	270
6-14	Additionneur parallèle intégré	271
6-15	Notation complément à 2	273
6-16	Additionneur DCB	276
6-17	Multiplieurs binaires	280
6-18	Fonctions de calculs complexes en CI	284
6-19	Symboles IEEE/ANSI	285
6-20	Étude d'un cas de dépannage	285
	Problèmes	287
	Réponses aux questions de révision	293

## 7 COMPTEURS ET REGISTRES 294

7-1	Compteurs asynchrones (à propagation)	296
7-2	Compteurs à MODULO $< 2^N$	299
7-3	Compteurs asynchrones CI	303
7-4	Décompteurs asynchrones	309
7-5	Retard de propagation dans les compteurs asynchrones	310
7-6	Compteurs synchrones (parallèles)	313
7-7	Décompteurs et compteurs réversibles parallèles	316
7-8	Compteurs pré réglables	317
7-9	Le compteur 74193 (LS193/HCI93)	319
7-10	Complément à la notation fonctionnelle IEEE/ANSI	324
7-11	Décodage d'un compteur	326
7-12	Décodage des signaux transitoires	330
7-13	Compteurs DCB montés en cascade	333
7-14	Conception d'un compteur synchrone	334
7-15	Compteurs circulaires	340
7-16	Applications: compteur de fréquence	344
7-17	Applications: horloge numérique	350
7-18	Registres intégrés	353
7-19	Écriture parallèle/lecture parallèle – les puces 74174 et 74178	353
7-20	Écriture série/lecture série – la puce 4731B	357
7-21	Écriture parallèle/lecture série – la puce 74165/74LS165/74HC165	358
7-22	Écriture série/lecture parallèle – la puce 74164/74LC164/74HC164	361
7-23	Symboles IEEE/ANSI pour les registres	362

7-24	Dépannage	363
	Problèmes	367
	Réponses aux questions de révision	381

## 8 FAMILLES DE CIRCUITS INTÉGRÉS LOGIQUES 383

8-1	Terminologie des CI numériques	385
8-2	Famille logique TTL	392
8-3	Caractéristiques de la série TTL standard	397
8-4	Autres séries TTL	400
8-5	Facteurs de charge et sortance des TTL	405
8-6	Autres caractéristiques TTL	411
8-7	Sorties TTL à collecteur ouvert	415
8-8	TTL trois états	422
8-9	Famille de CI numériques ECL	426
8-10	Circuits intégrés numériques MOS	429
8-11	Transistor MOS	430
8-12	Circuits numériques MOS	432
8-13	Caractéristiques de la logique MOS	434
8-14	Logique MOS complémentaire	436
8-15	Caractéristiques des séries CMOS	439
8-16	CMOS à drain ouvert et sorties trois états	444
8-17	Porte de transmission CMOS (interrupteur bilatéral)	447
8-18	Interfaçage des CI	449
8-19	CMOS piloté par TTL	451
8-20	TTL piloté par CMOS	452
8-21	Dépannage	456
	Problèmes	458
	Réponses aux questions de révision	471

## 9 CIRCUITS LOGIQUES MSI 473

9-1	Décodeurs	475
9-2	Pilotes/décodeurs DCB-7 segments	483
9-3	Afficheurs à cristaux liquides	485
9-4	Codeurs	487
9-5	Symboles IEEE/ANSI	493
9-6	Dépannage	495
9-7	Multiplexeurs (sélecteurs de données)	497
9-8	Applications des multiplexeurs	502
9-9	Démultiplexeurs (distributeurs de données)	508

9-10	<i>Symbologie IEEE/ANSI: complément</i>	517	
9-11	<i>Supplément de dépannage</i>	518	
9-12	<i>Comparateur de grandeurs</i>	521	
9-13	<i>Convertisseurs de code</i>	524	
9-14	<i>Registres trois états</i>	528	
9-15	<i>Bus de données</i>	531	
	<i>Problèmes</i>	537	
	<i>Réponses aux questions de révision</i>	551	
<b>10</b>	<b>CONVERTISSEURS ANALOGIQUES-NUMÉRIQUES ET NUMÉRIQUES-ANALOGIQUES</b>		<b>553</b>
10-1	<i>Les échanges avec un monde analogique</i>	554	
10-2	<i>Conversion numérique-analogique</i>	556	
10-3	<i>Circuits des convertisseurs NA</i>	565	
10-4	<i>Spécifications des CNA</i>	570	
10-5	<i>Applications des CNA</i>	572	
10-6	<i>Dépannage des CNA</i>	573	
10-7	<i>Conversion analogique-numérique</i>	574	
10-8	<i>CAN rampe numérique</i>	576	
10-9	<i>Acquisition des données</i>	580	
10-10	<i>CAN par approximations successives</i>	583	
10-11	<i>CAN parallèles</i>	589	
10-12	<i>Autres méthodes de conversion analogique-numérique</i>	591	
10-13	<i>Voltmètre numérique</i>	593	
10-14	<i>Circuit échantillonnage et mémorisation</i>	596	
10-15	<i>Multiplexage</i>	597	
10-16	<i>Oscilloscope numérique à mémoire</i>	598	
	<i>Problèmes</i>	600	
	<i>Réponses aux questions de révision</i>	610	
<b>11</b>	<b>DISPOSITIFS MÉMOIRES</b>		<b>612</b>
11-1	<i>Terminologie des mémoires</i>	615	
11-2	<i>Fonctionnement d'une mémoire: généralités</i>	618	
11-3	<i>Connexions UCT-mémoire</i>	621	
11-4	<i>Mémoires MORTES</i>	623	
11-5	<i>Architecture des mémoires MORTES</i>	625	
11-6	<i>Synchronisation des mémoires MORTES</i>	627	
11-7	<i>Types de mémoires MORTES</i>	628	
11-8	<i>Applications des mémoires MORTES</i>	638	

11-9	<i>Éléments logiques programmables</i>	640
11-10	<i>Mémoires VIVES à semiconducteurs</i>	649
11-11	<i>Architecture des mémoires VIVES</i>	649
11-12	<i>Mémoires VIVES statiques (SRAM)</i>	652
11-13	<i>Mémoires VIVES dynamiques (DRAM)</i>	657
11-14	<i>Structure et fonctionnement des mémoires VIVES dynamiques</i>	658
11-15	<i>Cycles de lecture/écriture des mémoires VIVES dynamiques</i>	663
11-16	<i>Rafraîchissement des mémoires VIVES dynamiques</i>	665
11-17	<i>Extension de la longueur du mot et de la capacité</i>	667
11-18	<i>Mémoires VIVES rémanentes</i>	673
11-19	<i>Mémoires séquentielles</i>	675
11-20	<i>Mémoires magnétiques</i>	680
11-21	<i>Dépannage des systèmes de mémoires VIVES</i>	684
11-22	<i>Test des mémoires MORTES</i>	692
	<i>Problèmes</i>	693
	<i>Réponses aux questions de révision</i>	704

## **12 INTRODUCTION AUX MICROPROCESSEURS ET AUX MICRO-ORDINATEURS** 707

12-1	<i>Définition d'un ordinateur</i>	708
12-2	<i>Le raisonnement dans un ordinateur</i>	709
12-3	<i>Agent secret 89</i>	709
12-4	<i>Organisation élémentaire d'un système informatique</i>	711
12-5	<i>Éléments de base d'un micro-ordinateur</i>	713
12-6	<i>Mots machines</i>	716
12-7	<i>Mots d'instruction</i>	717
12-8	<i>Exécution d'un programme en langage machine</i>	20
12-9	<i>Structure type d'un micro-ordinateur</i>	724
12-10	<i>Opérations de lecture et d'écriture</i>	727
12-11	<i>Conclusion</i>	731

**APPENDICE I: Glossaire** 733

**APPENDICE II: Fiches techniques des fabricants** 744

**RÉPONSES AUX PROBLÈMES** 754

**INDEX** 767