

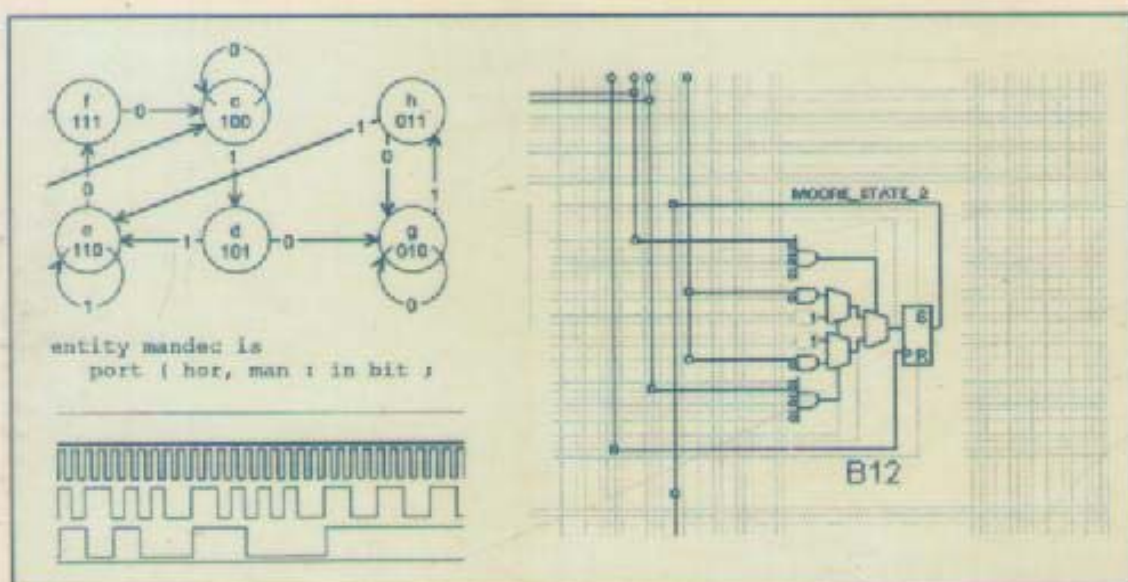
COLLECTION TECHNOLOGIES

# circuits numériques et synthèse logique

## un outil: VHDL

J. WEBER

M. MEAUDRE



MASSON 

2.005-14-1

2-005-14-1

**TU**  
COLLECTION TECHNOLOGIES  
de l'Université à l'Industrie

# **circuits numériques et synthèse logique**

## **un outil : VHDL**

**Jacques WEBER**

*Maître de conférences à l'IUT de Cachan*

**Maurice MEAUDRE**

*Chef de travaux à l'IUT de Cachan*



**MASSON**

*Paris Milan Barcelone*

# Table des matières

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Avant-propos .....                                                           | 1         |
| <b>I. Informations numériques .....</b>                                      | <b>3</b>  |
| 1.1. De l'analogique au numérique .....                                      | 3         |
| 1.2. Deux niveaux électriques : le bit .....                                 | 4         |
| 1.2.1 Conventions logiques .....                                             | 4         |
| 1.2.2 Immunité au bruit .....                                                | 5         |
| 1.3. Du bit au mot : des codes .....                                         | 7         |
| 1.3.1 Pour les nombres .....                                                 | 7         |
| 1.3.2 Il n'y a pas que des nombres .....                                     | 13        |
| <b>II. Circuits : aspects électriques .....</b>                              | <b>17</b> |
| II.1. Technologies .....                                                     | 17        |
| II.1.1 Les familles TTL .....                                                | 17        |
| II.1.2 Les familles CMOS .....                                               | 18        |
| II.1.3 Les familles ECL .....                                                | 21        |
| II.1.4 Les familles AsGa .....                                               | 21        |
| II.2. Volts et milliampères .....                                            | 22        |
| II.2.1 Les niveaux de tension .....                                          | 22        |
| II.2.2 Les courants échangés .....                                           | 24        |
| II.3. Nanosecondes et mégahertz .....                                        | 26        |
| II.3.1 Des paramètres observables en sortie : les temps de propagation ..... | 26        |
| II.3.2 Des règles à respecter concernant les entrées .....                   | 27        |
| II.3.3 Des règles à respecter concernant les découplages .....               | 33        |
| II.4. Types de sorties .....                                                 | 34        |
| II.4.1 Sorties standard .....                                                | 34        |
| II.4.2 Sorties collecteur (ou drain) ouvert .....                            | 35        |
| II.4.3 Sorties trois états .....                                             | 36        |
| <b>III. Opérateurs élémentaires .....</b>                                    | <b>39</b> |
| III.1. Combinatoire et séquentiel .....                                      | 39        |
| III.2. Opérateurs combinatoires .....                                        | 41        |
| III.2.1 Des opérateurs génériques : NON, ET, OU .....                        | 42        |
| III.2.2 Un peu d'algèbre .....                                               | 47        |
| III.2.3 Non-ET, Non-OU .....                                                 | 49        |
| III.2.4 Le « ou exclusif », ou somme modulo 2 .....                          | 50        |
| III.2.5 Le sélecteur, ou multiplexeur à deux entrées .....                   | 58        |
| III.3. Opérateurs séquentiels .....                                          | 61        |
| III.3.1 Les bascules asynchrones .....                                       | 62        |
| III.3.2 Les bascules synchrones .....                                        | 70        |

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| IV. Circuits : une classification.....                                                        | 87  |
| IV.1. Des fonctions prédéfinies : les circuits standard.....                                  | 87  |
| IV.1.1 Circuits combinatoires.....                                                            | 89  |
| IV.1.2 Circuits séquentiels.....                                                              | 92  |
| IV.1.3 Circuits d'interface.....                                                              | 96  |
| IV.2. Des fonctions définies par l'utilisateur.....                                           | 97  |
| IV.2.1 Les circuits programmables par l'utilisateur.....                                      | 98  |
| IV.2.2 Les circuits spécifiques.....                                                          | 100 |
| V. Méthodes de synthèse.....                                                                  | 101 |
| V.1. Les règles générales.....                                                                | 102 |
| V.2. Les machines synchrones à nombre fini d'états.....                                       | 106 |
| V.2.1 Horloge, registre d'état et transitions.....                                            | 107 |
| V.2.2 Des choix d'architecture décisifs.....                                                  | 124 |
| V.3. Fonctions combinatoires.....                                                             | 144 |
| V.3.1 Des tables de vérité aux équations : les formes normales.....                           | 144 |
| V.3.2 L'élimination des redondances : les minimisations.....                                  | 147 |
| V.4. Séquenceurs et fonctions standard.....                                                   | 154 |
| V.4.1 Séquenceurs câblés.....                                                                 | 155 |
| V.4.2 Séquenceurs micro-programmés.....                                                       | 157 |
| VI. Annexe : VHDL.....                                                                        | 161 |
| VI.1. Principes généraux.....                                                                 | 162 |
| VI.1.1 Description descendante : le « top down design ».....                                  | 162 |
| VI.1.2 Simulation et/ou synthèse.....                                                         | 162 |
| VI.1.3 L'extérieur de la boîte noire : une « ENTITÉ ».....                                    | 164 |
| VI.1.4 Le fonctionnement interne : une « ARCHITECTURE ».....                                  | 165 |
| VI.1.5 Des algorithmes séquentiels décrivent un câblage parallèle :<br>les « PROCESSUS »..... | 166 |
| VI.2. Eléments du langage.....                                                                | 171 |
| VI.2.1 Les données appartiennent à une classe et ont un type.....                             | 171 |
| VI.2.2 Les attributs précisent les propriétés des objets.....                                 | 178 |
| VI.2.3 Les opérateurs élémentaires.....                                                       | 180 |
| VI.2.4 Instructions concurrentes.....                                                         | 181 |
| VI.2.5 Instructions séquentielles.....                                                        | 185 |
| VI.3. Programmation modulaire.....                                                            | 188 |
| VI.3.1 Procédures et fonctions.....                                                           | 188 |
| VI.3.2 Les paquetages et les librairies.....                                                  | 191 |
| VI.3.3 Les paramètres génériques.....                                                         | 195 |
| VI.4. En guise de conclusion.....                                                             | 196 |
| Bibliographie.....                                                                            | 199 |
| Index.....                                                                                    | 201 |