

Cours d'électronique

Rémi Brendel

Roger Bourquin

4 septembre 2008

Table des matières

| | | |
|----------|--|-----------|
| I | Cours d'électronique | 3 |
| 1 | Simulation des circuits électroniques : SPICE | 5 |
| 1 | – Introduction | 5 |
| 2 | – SPICE et ses versions | 6 |
| 3 | – Exemple d'introduction | 8 |
| 4 | – Constantes, composants et commandes SPICE | 14 |
| 5 | – Syntaxe SPICE | 16 |
| 6 | – Simulation des circuits logiques | 29 |
| 7 | – Recommandations | 30 |
| 2 | Exemples de simulation de circuits avec SPICE | 39 |
| 1 | – Composant non linéaire | 39 |
| 2 | – Amplificateur opérationnel idéal | 45 |
| 3 | – Circuits numériques | 55 |
| 3 | Sources et circuits | 57 |
| 1 | – Sources indépendantes | 57 |
| 2 | – Sources commandées | 59 |
| 3 | – Générateurs de Thévenin et de Norton | 61 |
| 4 | – Circuits quadripolaires linéaires | 63 |
| 5 | – Fonction de transfert | 67 |
| 6 | – Filtrage actif | 72 |
| 7 | – Impédance généralisée, comportement temporel | 73 |
| 8 | – Circuit RLC | 74 |
| 9 | – Variations instantanées des tensions et des courants | 80 |
| 4 | Amplificateurs opérationnels | 83 |
| 1 | – Modèles d'AOP et modes de fonctionnement | 83 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 2 | – Applications de base des AOP en mode linéaire | 85 |
| 3 | – Applications de base des AOP en mode saturé | 87 |
| 4 | – Imperfections et limitations des AOP | 89 |
| 5 | – Quelques applications des amplificateurs opérationnels | 95 |
| 6 | – Convertisseur numérique–analogique | 95 |
| 7 | – Alimentation des AOP | 98 |
| 8 | – Caractéristiques des AOP | 105 |
| 5 | Génération de signaux | 107 |
| 1 | – Notion générale de système bouclé | 107 |
| 2 | – Propriétés des systèmes bouclés | 110 |
| 3 | – Stabilité d’un système bouclé | 112 |
| 4 | – Circuits monostables | 116 |
| 5 | – Oscillateurs à relaxation (multivibrateurs) | 117 |
| 6 | – Oscillateurs sinusoïdaux | 120 |
| 7 | – Circuits oscillateurs | 124 |
| 8 | – Timer 555 | 127 |
| 6 | Composants semi-conducteurs : diodes | 133 |
| 1 | – Jonction P-N | 133 |
| 2 | – Polarisation d’une diode | 134 |
| 3 | – Comportement en petits signaux | 135 |
| 4 | – Polarisation inverse | 137 |
| 5 | – Caractéristique réelle et caractéristiques non linéaires approchées | 137 |
| 6 | – Diodes Zener | 138 |
| 7 | – Diodes spéciales | 139 |
| 8 | – Limites d’utilisation des diodes | 140 |
| 9 | – Simulation des diodes avec PSpice | 141 |
| 7 | Transistors bipolaires à jonctions | 145 |
| 1 | – Constitution | 145 |
| 2 | – Effet transistor | 146 |
| 3 | – Symboles | 148 |
| 4 | – Caractéristiques d’un transistor | 149 |
| 5 | – Polarisation d’un transistor | 151 |
| 6 | – Autres circuits de polarisation | 154 |
| 7 | – Fonctionnement en régime linéaire | 157 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 8 | – Fonctionnement en commutation | 159 |
| 9 | – Limites de fonctionnement des transistors | 160 |
| 10 | – Simulation des transistors bipolaires avec <i>PSpice</i> | 161 |
| 11 | – Applications des transistors bipolaires | 163 |
| 12 | – Résumé | 169 |
| 8 | Transistors à effet de champ à jonction | 171 |
| 1 | – Constitution | 171 |
| 2 | – Principe de fonctionnement du JFET | 172 |
| 3 | – Caractéristiques du FET | 173 |
| 4 | – Lois de comportement analytiques du FET | 175 |
| 5 | – Circuits de polarisation des FET | 177 |
| 6 | – Modélisation des FET à jonction | 181 |
| 9 | Transistors MOS | 185 |
| 1 | – Introduction | 185 |
| 2 | – MOS à enrichissement | 185 |
| 3 | – Autres transistors MOS | 189 |
| 4 | – Polarisation des MOS | 192 |
| 5 | – Simulation des MOS avec PSpice | 197 |
| 6 | – Applications des transistors MOS | 199 |
| 7 | – Résumé | 202 |
| 10 | Circuits logiques | 205 |
| 1 | – Notions de base de l'électronique numérique | 205 |
| 2 | – Inverseur MOS | 207 |
| 3 | – Inverseur CMOS | 209 |
| 4 | – Portes élémentaires | 213 |
| 5 | – Spécifications des circuits logiques | 214 |
| 6 | – Familles logiques | 216 |
| 11 | Logique combinatoire et logique séquentielle | 219 |
| 1 | – Rappels : algèbre de Boole et règles de de Morgan | 219 |
| 2 | – Circuits combinatoires | 219 |
| 3 | – Circuits séquentiels : les bascules | 222 |
| 4 | – Compteurs | 234 |
| 5 | – Synthèse des automates synchrones | 238 |

| | |
|--|------------|
| 12 Conversions numérique–analogique et analogique–numérique | 247 |
| 1 – Conversion numérique–analogique | 247 |
| 2 – Conversion analogique–numérique | 253 |
| 3 – Simulation des convertisseurs | 261 |
| | |
| II Annexes | 263 |
| | |
| A Notions de physique des semi-conducteurs | 265 |
| 1 – Propriétés électrochimiques des corps simples | 265 |
| 2 – Les bandes d’énergie | 266 |
| 3 – Classification des corps du point de vue électrique | 267 |
| 4 – Conduction des semi-conducteurs | 268 |
| 5 – Semi-conducteurs extrinsèques | 269 |
| 6 – Conduction dans les solides | 271 |
| 7 – Quelques exemples de semi-conducteurs | 273 |
| | |
| B La jonction P–N | 275 |
| 1 – Phénomène de diffusion | 275 |
| 2 – Jonction abrupte | 276 |
| 3 – Explication qualitative de la jonction P–N polarisée | 278 |
| 4 – Caractéristique courant–tension | 280 |
| 5 – Effet Zener, avalanche | 280 |
| 6 – Capacité de jonction | 281 |
| | |
| C Tripôles actifs en petits signaux | 283 |
| 1 – Conventions | 283 |
| 2 – Amplificateur à FET source commune | 284 |
| 3 – Schéma équivalent en petits signaux | 285 |
| 4 – Interprétation des paramètres admittances du FET | 286 |
| 5 – Caractéristiques de l’amplificateur | 287 |
| 6 – Amplificateur à BJT émetteur commun | 290 |
| 7 – Schéma équivalent en petits signaux | 292 |
| 8 – Interprétation des paramètres hybrides du transistor | 293 |
| 9 – Caractéristiques de l’ampli. émetteur commun | 296 |
| 10 – Schéma équivalent global d’un amplificateur | 299 |
| 11 – Amplificateur suiveur à fet drain commun | 300 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 12 | – Amplificateur CMOS | 302 |
| 13 | – Simulation des amplificateurs avec <i>PSpice</i> | 303 |
| D | Valeurs des composants | 305 |
| 1 | – Séries Renard | 305 |
| 2 | – Marquage des résistances | 306 |
| 3 | – Marquage des autres composants | 307 |
| E | Tableaux de Karnaugh | 309 |
| 1 | – Principe | 309 |
| 2 | – Représentation des tableaux de Karnaugh | 310 |
| 3 | – Écriture dans un tableau de Karnaugh | 311 |
| 4 | – Lecture d’un tableau de Karnaugh | 313 |
| III | Exercices et problèmes | 315 |
| 1 | – Sources et circuits | 317 |
| 2 | – Amplificateurs opérationnels | 321 |
| 3 | – Génération de signaux | 331 |
| 4 | – Diodes | 335 |
| 5 | – Transistors bipolaires | 353 |
| 6 | – Transistors à effet de champ à jonction | 381 |
| 7 | – Transistors MOS | 392 |
| 8 | – Circuits logiques | 404 |
| 9 | – Logique combinatoire et logique séquentielle | 406 |
| IV | Réponses aux exercices et problèmes | 415 |
| 1 | – Sources et circuits | 417 |
| 2 | – Amplificateurs opérationnels | 418 |
| 3 | – Génération de signaux | 423 |
| 4 | – Diodes | 426 |
| 5 | – Transistors bipolaires | 438 |
| 6 | – Transistors à effet de champ à jonction | 453 |
| 7 | – Transistors MOS | 460 |
| 8 | – Circuits logiques | 466 |
| 9 | – Logique combinatoire et logique séquentielle | 468 |

