

Índice general

| | |
|---|-------------|
| Mensaje del editor | IX |
| Sobre el autor | XI |
| Prefacio | XVII |
| 1. Modelos de circuitos eléctricos | 1 |
| 1.1. Bloques constitutivos de modelos | 2 |
| 1.1.1. Resistores | 2 |
| 1.1.2. Capacitores | 3 |
| 1.1.3. Inductores | 4 |
| 1.1.4. Memristores | 5 |
| 1.1.5. Fuentes independientes | 6 |
| 1.1.6. Fuentes controladas | 7 |
| 1.1.7. Convenciones | 7 |
| 1.2. Clasificación de modelos | 7 |
| 1.2.1. Modelos según la amplitud | 7 |
| 1.2.2. Modelos según la frecuencia | 10 |
| 1.2.3. Construcción de modelos | 14 |
| 2. Introducción a los semiconductores | 19 |
| 2.1. Bandas de Energía en Silicio | 19 |
| 2.2. Equilibrio Térmico | 24 |
| 2.3. Dopado | 28 |
| 2.3.1. Dopado Tipo N | 30 |
| 2.3.2. Dopado Tipo P | 36 |
| 2.3.3. Compensación | 38 |

| | |
|--|------------|
| 2.4. Mecanismos de conducción | 40 |
| 2.4.1. Arrastre | 41 |
| 2.4.2. Densidad de corriente de arrastre | 44 |
| 2.4.3. Difusión | 47 |
| 2.4.3.1. Densidad de corriente de difusión | 48 |
| 2.4.4. Resistividad de una lámina de Silicio | 52 |
| 2.5. Potenciales relativos en Silicio | 53 |
| 3. Juntura Semiconductora y Diodos | 57 |
| 3.1. Descripción Cualitativa | 57 |
| 3.2. Electroestática de la Juntura | 59 |
| 3.3. Modelo de DC | 66 |
| 3.3.1. Ley de la Juntura | 68 |
| 3.3.2. Solución en directa | 70 |
| 3.3.3. Solución en inversa | 73 |
| 3.3.4. Desviaciones del comportamiento ideal | 76 |
| 3.3.4.1. Efectos de la temperatura | 77 |
| 3.4. Modelo Lineal Incremental | 78 |
| 3.5. Modelo de AC | 80 |
| 3.5.1. Capacidad en inversa | 80 |
| 3.5.2. Capacidad en directa | 85 |
| 3.6. Mecanismos de ruptura inversa | 87 |
| 3.6.1. Efecto Túnel | 88 |
| 3.6.2. Efecto Avalancha | 88 |
| 4. Capacitor MOS | 91 |
| 4.1. Descripción Cualitativa | 91 |
| 4.2. Electroestática del capacitor MOS | 93 |
| 4.2.1. Potencial de Banda Plana | 94 |
| 4.2.2. Acumulación | 94 |
| 4.2.3. Vaciamiento | 97 |
| 4.2.4. Inversión | 102 |
| 4.3. Modelo de AC | 106 |
| 4.4. Otras configuraciones | 109 |
| 4.4.1. Capacitor MOS sobre un sustrato P y <i>gate</i> P | 109 |
| 4.4.2. Capacitor MOS sobre un sustrato N y <i>gate</i> N | 110 |
| 4.4.3. Capacitor MOS sobre un sustrato N y <i>gate</i> P | 112 |
| 5. Transistor MOS | 115 |
| 5.1. Descripción cualitativa | 115 |
| 5.2. El transistor NMOS | 116 |
| 5.2.1. Principio básico de funcionamiento | 116 |
| 5.2.2. Derivación simplificada | 120 |
| 5.2.3. Derivación avanzada | 128 |
| 5.2.3.1. Modelo referido al Sustrato | 128 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 5.2.4. | Modelo referido al <i>source</i> | 136 |
| 5.2.5. | Desviaciones del comportamiento ideal | 139 |
| 5.2.5.1. | Modulación de la longitud del canal | 139 |
| 5.2.5.2. | Efectos de la temperatura | 142 |
| 5.2.5.3. | Corriente subumbral | 142 |
| 5.3. | El transistor PMOS | 143 |
| 5.3.1. | Principio básico de funcionamiento | 143 |
| 5.3.2. | Derivación simplificada | 145 |
| 5.3.3. | Derivación avanzada | 151 |
| 5.3.3.1. | Modelo referido al Sustrato | 151 |
| 5.3.3.2. | Modelo referido al <i>source</i> | 155 |
| 5.3.4. | Desviaciones del comportamiento ideal | 158 |
| 5.4. | Modelo lineal incremental | 158 |
| 5.4.1. | MLI referido al sustrato | 159 |
| 5.4.1.1. | Zona de triodo | 159 |
| 5.4.1.2. | Zona de saturación | 160 |
| 5.4.2. | MLI referido al <i>source</i> | 163 |
| 5.4.2.1. | Zona de triodo | 163 |
| 5.4.2.2. | Zona de saturación | 164 |
| 5.5. | Modelo de AC | 166 |
| 5.5.1. | Capacidad de <i>gate</i> | 166 |
| 5.5.1.1. | Corte | 167 |
| 5.5.1.2. | Triodo | 167 |
| 5.5.1.3. | Saturación | 167 |
| 5.5.2. | Capacidad de junturas | 169 |
| 5.5.3. | Capacidad de solapamiento | 171 |
| 5.5.4. | Límite de validez del modelo de AC | 173 |
| 6. | Transistores Bipolares | 175 |
| 6.1. | Descripción cualitativa | 175 |
| 6.2. | Modelo de DC del transistor PNP | 176 |
| 6.2.1. | Región de conducción activa directa | 176 |
| 6.2.2. | Región de conducción activa inversa | 186 |
| 6.2.3. | Región de saturación y el Modelo de Ebers-Moll | 190 |
| 6.2.4. | Modelos Simplificados | 196 |
| 6.2.5. | Desviaciones del comportamiento ideal | 203 |
| 6.2.5.1. | Corriente de pérdida | 203 |
| 6.2.5.2. | Ganancia de corriente | 204 |
| 6.3. | Modelo de DC del transistor NPN | 205 |
| 6.3.1. | Región de conducción activa directa | 205 |
| 6.3.2. | Región de conducción activa inversa | 213 |
| 6.3.3. | Región de saturación y el Modelo de Ebers-Moll | 217 |
| 6.3.4. | Modelos Simplificados | 221 |
| 6.4. | Modelo Lineal Incremental (MLI) | 226 |
| 6.4.1. | El modelo híbrido- π | 227 |

| | |
|---|------------|
| 6.5. Modelo de AC | 230 |
| 6.5.1. Capacidad de vaciamiento | 230 |
| 6.5.2. Capacidad de carga de la base | 231 |
| 6.5.3. Límite de validez del modelo de AC | 232 |
| A. Conducción: conceptos auxiliares | 235 |
| A.1. Tiempo de tránsito | 235 |
| A.2. Efecto Hall | 236 |
| B. Electroestática | 239 |
| C. Potenciales de contacto | 243 |
| D. Modelos de SPICE | 247 |
| D.1. Fuentes | 247 |
| D.1.1. Fuentes independientes | 247 |
| D.1.2. Fuentes dependientes | 247 |
| D.2. Dispositivos pasivos | 248 |
| D.2.1. Resistencias | 248 |
| D.2.2. Capacitores | 248 |
| D.2.3. Inductores | 248 |
| D.2.4. Inductores mutuos | 248 |
| D.3. Dispositivos semiconductores | 248 |
| D.3.1. Diodo | 249 |
| D.3.2. Transistores bipolares | 250 |
| D.3.3. Transistores MOS | 251 |
| D.3.3.1. Modelo de nivel 1 | 251 |
| D.3.3.2. Modelos de niveles 2 y 3 | 252 |
| D.3.3.3. Modelo de nivel 4 | 254 |