

# CMOS IC 數字電路手冊

施 敏 編譯

萬 里 書 店 出 版

# C MOS IC 數字電路手冊

施 敏編譯

香港萬里書店出版

---

**C MOS IC 數字電路手冊**

· 施 敏編譯

出 版 者：萬 里 書 店 有 限 公 司

香港北角英皇道486號三樓

電話：5-632411 & 5-632412

承 印 者：嶺 南 印 刷 公 司

香港德輔道西西安里13號

定 價：港 幣 二 十 四 元

版 權 所 有 \* 不 准 翻 印

---

(一九八二年一月版)

## 内部交流

G17/5 C MOS IC 数字电路手册

(中 3-5/61)

---

D00170

# 目 次

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>第1章 使用 C MOS 的基礎知識</b> | <b>1</b>  |
| 1.1 MOS IC 的特性比較          | 1         |
| 1.1.1 雙極晶體管和 FET 的比較      | 1         |
| 1.1.2 結型 FET 和 MOS FET    | 1         |
| 1.1.3 MOS IC 的品種和特性       | 4         |
| 1.2 C MOS 電氣特性的概要         | 6         |
| 1.2.1 C MOS 的靜態特性         | 6         |
| 1.2.2 C MOS 的動態特性         | 7         |
| 1.2.3 C MOS 的抗擾度          | 10        |
| 1.3 C MOS 的輸入和輸出保護電路      | 11        |
| 1.4 C MOS 的規格和特性          | 12        |
| 1.4.1 極限參數                | 12        |
| 1.4.2 輸入輸出電氣特性            | 14        |
| 1.4.3 動態特性的進一步說明          | 16        |
| 1.5 C MOS 使用時應注意的要點       | 18        |
| 1.5.1 不使用的輸入的處理法          | 19        |
| 1.5.2 C MOS 使用時的反常現象      | 19        |
| 1.5.3 C MOS 的安裝方法         | 21        |
| 1.5.4 C MOS 電路中的電容器       | 22        |
| 1.6 C MOS 的製造廠和品種         | 22        |
| 1.7 C MOS 的封裝             | 25        |
| <b>第2章 C MOS 的品種和功能</b>   | <b>27</b> |

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 2.1 C MOS 的製造廠及其他品種的特徵               | 27        |
| 2.2 RCA 的 C MOS 的品種和功能               | 27        |
| 2.3 Motorola 的 C MOS 的品種和功能          | 31        |
| 2.4 NSC 的 C MOS 的品種和功能               | 34        |
| 2.5 各廠的 C MOS 的等級分別                  | 37        |
| <b>第3章 C MOS 閘門組成的基本邏輯電路</b>         | <b>39</b> |
| 3.1 C MOS 閘門的特長和要點                   | 39        |
| 3.2 C MOS 的基本閘門                      | 40        |
| 3.2.1 倒相器                            | 40        |
| 3.2.2 緩衝器                            | 42        |
| 3.2.3 正邏輯 NAND                       | 42        |
| 3.2.4 正邏輯 NOR                        | 43        |
| 3.2.5 正邏輯 AND                        | 45        |
| 3.2.6 正邏輯 OR                         | 45        |
| 3.2.7 Ex-OR/Ix-NOR                   | 46        |
| 3.2.8 Ix-OR/Ex-NOR                   | 46        |
| 3.2.9 混合閘門                           | 47        |
| 3.3 C MOS 的複合閘門                      | 48        |
| 3.4 特殊的閘門                            | 50        |
| 3.4.1 能够觸發的倒相器                       | 50        |
| 3.4.2 多功能閘門                          | 51        |
| 3.4.3 擇多邏輯門                          | 52        |
| 3.4.4 施密特電路                          | 52        |
| 3.4.5 簡易輸入數擴大方法                      | 53        |
| <b>第4章 C MOS 雙穩態電路的品種和動作</b>         | <b>55</b> |
| 4.1 C MOS 雙穩態電路的形式和分類                | 55        |
| 4.2 C MOS F. F. 的品種                  | 55        |
| 4.3 C MOS F. F. 的動作                  | 59        |
| <b>第5章 C MOS 編碼器/解碼器及多路調制器/多路解調器</b> | <b>62</b> |

|            |                                      |           |
|------------|--------------------------------------|-----------|
| 5.1        | C MOS 組成的編碼器                         | 62        |
| 5.1.1      | C MOS MSI 編碼器的品種和動作                  | 62        |
| 5.1.2      | 閘門組成的編碼器                             | 63        |
| 5.1.3      | C MOS 和晶體管組成的鍵盤解碼器                   | 63        |
| 5.1.4      | 無接點鍵盤編碼器                             | 64        |
| 5.1.5      | 動態編碼器                                | 64        |
| 5.2        | C MOS MSI 解碼器的品種和動作                  | 69        |
| 5.3        | C MOS 多路調制器的品種和動作                    | 72        |
| 5.4        | C MOS 多路解調器的結構和動作                    | 75        |
| <b>第6章</b> | <b>C MOS 計數器/除法器的品種及其應用電路</b>        | <b>77</b> |
| 6.1        | C MOS 計數器/除法器的電路及其特徵                 | 77        |
| 6.1.1      | C MOS 計數器/除法器的特徵及注意要點                | 77        |
| 6.1.2      | C MOS 計數器/除法器的電路分類                   | 77        |
| 6.2        | C MOS 計數器的種類和實用電路                    | 79        |
| 6.2.1      | C MOS MSI 計數器的品種                     | 79        |
| 6.2.2      | 使用 C MOS 計數器的實用電路                    | 82        |
| 6.2.3      | C MOS LSI 計數器的品種                     | 85        |
| 6.2.4      | C MOS LSI 計數器組成的實用電路                 | 89        |
| 6.3        | C MOS 除法器的種類和實用電路                    | 93        |
| 6.3.1      | C MOS 除法器的品種                         | 93        |
| 6.3.2      | C MOS 除法器的實用電路                       | 97        |
| 6.4        | C MOS 比率乘法器的種類及其應用電路                 | 98        |
| 6.4.1      | C MOS 比率乘法器的品種及功能                    | 98        |
| 6.4.2      | C MOS 比率乘法器的應用電路                     | 98        |
| 6.5        | “莫秀羅”N 進計數器和“莫秀羅”1/N 除法器的接法<br>及實用電路 | 101       |
| 6.5.1      | 非同步重置方式“莫秀羅”N 進計數器                   | 101       |
| 6.5.2      | 同步重置方式“莫秀羅”N 進計數器                    | 103       |
| 6.5.3      | 閘門方式“莫秀羅”N 進計數器                      | 104       |
| 6.5.4      | “莫秀羅”1/N 除法器                         | 105       |

|              |                                   |            |
|--------------|-----------------------------------|------------|
| 6.6          | 程控式計數器和程控式除法器                     | 107        |
| 6.6.1        | 程控式計數器                            | 107        |
| 6.6.2        | 程控式除法器                            | 108        |
| 6.7          | C MOS 計數器的應用電路                    | 110        |
| 6.7.1        | 定時脈衝產生器                           | 110        |
| 6.7.2        | C MOS 波形產生器                       | 110        |
| 6.7.3        | 程控式 N 脈衝產生器                       | 112        |
| <b>第 7 章</b> | <b>C MOS 移位寄存器及其應用電路</b>          | <b>116</b> |
| 7.1          | C MOS 移位寄存器的品種和動作                 | 116        |
| 7.1.1        | C MOS 移位寄存器的品種和可能                 | 116        |
| 7.1.2        | C MOS 移位寄存器的動作                    | 121        |
| 7.2          | C MOS 移位寄存器的實用電路                  | 125        |
| 7.2.1        | 串聯輸入串聯輸出移位寄存器                     | 125        |
| 7.2.2        | 串聯輸入並聯輸出移位寄存器                     | 125        |
| 7.2.3        | 並聯輸入並聯輸出移位寄存器                     | 126        |
| 7.2.4        | 並聯輸入串聯輸出移位寄存器                     | 126        |
| 7.3          | C MOS 移位寄存器的應用電路                  | 128        |
| 7.3.1        | 定時脈衝產生器                           | 128        |
| 7.3.2        | 並聯、串聯變換器                          | 129        |
| 7.3.3        | 串聯、並聯變換器                          | 129        |
| 7.3.4        | 模擬隨機編碼脈衝產生器                       | 129        |
| <b>第 8 章</b> | <b>C MOS 及 P/N 通道 MOS 組成的存儲電路</b> | <b>131</b> |
| 8.1          | C MOS 存儲器的特長                      | 131        |
| 8.2          | MOS RAM 的品種和動作                    | 132        |
| 8.2.1        | MOS RAM 的品種和特性                    | 132        |
| 8.2.2        | C MOS RAM 的動作                     | 136        |
| 8.2.3        | P/N 通道 RAM 的動作                    | 138        |
| 8.3          | MOS RAM 的實用電路                     | 140        |
| 8.3.1        | C MOS RAM 的實用電路                   | 140        |
| 8.3.2        | N 通道 RAM 的實用電路                    | 149        |

|             |                                              |            |
|-------------|----------------------------------------------|------------|
| 8.4         | MOS ROM 的品種和動作                               | 143        |
| 8.5         | MOS ROM 的實用電路                                | 148        |
| <b>第9章</b>  | <b>运算电路</b>                                  | <b>150</b> |
| 9.1         | 數的大小比較                                       | 150        |
| 9.1.1       | 一致/不一致檢查電路                                   | 150        |
| 9.1.2       | 大小比較電路                                       | 150        |
| 9.2         | 奇偶校驗器/產生器                                    | 153        |
| 9.3         | 2進加減法運算電路                                    | 155        |
| 9.3.1       | C MOS 加法器的品種和功能                              | 155        |
| 9.3.2       | 使用 C MOS 的減法器                                | 156        |
| 9.3.3       | C MOS 加減法器的品種和功能                             | 158        |
| 9.4         | BCD 加減法運算電路                                  | 161        |
| 9.4.1       | 串-並聯方式的 BCD 加減法運算電路                          | 161        |
| 9.4.2       | 串-串聯方式 BCD 加減法運算電路                           | 161        |
| 9.5         | 2進 $\rightarrow$ BCD, BCD $\rightarrow$ 2進變換 | 164        |
| 9.5.1       | 使用 C MOS 的 2進 $\rightarrow$ BCD 變換器          | 164        |
| 9.5.2       | 串聯移位3加法運算方式 2進-BCD 變換器                       | 165        |
| 9.5.3       | 並聯3加法運算方式 2進-BCD 變換器                         | 166        |
| 9.5.4       | 使用 C MOS 的 BCD $\rightarrow$ 2進變換法           | 168        |
| 9.5.5       | 串聯移位3減法運算方式 BCD $\rightarrow$ 2進變換器          | 168        |
| 9.5.6       | 並聯3減法運算方式 BCD $\rightarrow$ 2進變換器            | 169        |
| <b>第10章</b> | <b>顯示电路的應用</b>                               | <b>172</b> |
| 10.1        | C MOS 和顯示電路                                  | 172        |
| 10.2        | C MOS 解碼器/推動器的品種和功能                          | 174        |
| 10.3        | 靜態數字顯示的實用電路                                  | 179        |
| 10.3.1      | 使用顯示放電管的電路                                   | 179        |
| 10.3.2      | 使用發光顯示管的電路                                   | 180        |
| 10.3.3      | 使用 LED 顯示器的電路                                | 181        |
| 10.3.4      | 使用液晶顯示器的電路                                   | 184        |

|               |                       |            |
|---------------|-----------------------|------------|
| 10.4          | 動態數字顯示的實用電路           | 184        |
| 10.4.1        | 使用單位顯示放電管的動態顯示電路      | 184        |
| 10.4.2        | 使用多位熒光顯示管的動態顯示電路      | 185        |
| 10.4.3        | 使用多位 LED 顯示器的動態顯示電路   | 188        |
| 10.5          | 字符顯示                  | 188        |
| 10.5.1        | 16進顯示電路               | 188        |
| 10.6          | 7 節顯示器用的16進解碼器        | 196        |
| <b>第 11 章</b> | <b>接口電路的應用</b>        | <b>198</b> |
| 11.1          | 接口電路的功能               | 198        |
| 11.1.1        | 接口電路的種類和作用            | 198        |
| 11.1.2        | 接口電路要求的附加特性           | 199        |
| 11.2          | 分立元件及模擬電路用的接口電路       | 200        |
| 11.2.1        | 推動晶體管電路用的接口電路         | 200        |
| 11.2.2        | 從晶體管電路至 C MOS 的接口電路   | 200        |
| 11.2.3        | 模擬電路及其周邊電路            | 201        |
| 11.3          | C MOS 之外的 IC 的接口電路    | 202        |
| 11.3.1        | P 通道 MOS IC 的接口電路     | 204        |
| 11.3.2        | N 通道 MOS IC 的接口電路     | 206        |
| 11.4          | 高電壓及大電流零件的接口電路        | 207        |
| 11.4.1        | 各種燈泡推動電路              | 207        |
| 11.4.2        | 電磁元件推動器               | 209        |
| 11.5          | 傳輸綫、數據傳輸系統            | 210        |
| 11.5.1        | 傳輸綫的種類                | 210        |
| 11.5.2        | C MOS 綫推動器/接收器        | 211        |
| 11.5.3        | 傳輸綫用的 TTL 綫推動器        | 213        |
| 11.5.4        | 傳輸用的 TTL 綫接收器         | 214        |
| 11.5.5        | 利用光敏隔離器的接地分離          | 215        |
| 11.6          | 接點輸出及其接口電路            | 217        |
| <b>第 12 章</b> | <b>滙流綫系統和三態 C MOS</b> | <b>219</b> |
| 12.1          | 滙流綫系統                 | 219        |

|                                 |                                     |            |
|---------------------------------|-------------------------------------|------------|
| 12.2                            | 三態 C MOS 的電路和動作                     | 220        |
| 12.3                            | 使用三態 C MOS 的匯流綫系統                   | 221        |
| 12.4                            | 微處理器顯示用的門鎖電路                        | 224        |
| <b>第 13 章</b>                   | <b>使用 C MOS 的脈衝電路</b>               | <b>226</b> |
| 13.1                            | C MOS 組成的自激多諧振盪器                    | 226        |
| 13.2                            | C MOS 組成的石英晶體振盪電路                   | 232        |
| 13.3                            | C MOS 組成的單穩態多諧振盪電路                  | 232        |
| 13.4                            | 消除接點振盪的電路                           | 237        |
| 13.5                            | 脈衝寬度鑑別電路                            | 238        |
| 13.6                            | 電源接通時的重置電路                          | 239        |
| 13.7                            | 關於 C MOS PLL                        | 240        |
| <b>第 14 章</b>                   | <b>C MOS 模擬開關</b>                   | <b>241</b> |
| 14.1                            | C MOS 模擬開關的特長                       | 241        |
| 14.2                            | C MOS 模擬開關的品種                       | 242        |
| 14.3                            | C MOS 模擬開關的動作特性                     | 244        |
| <b>附錄：各廠 C MOS 的型號一覽表及插腳接綫圖</b> |                                     | <b>247</b> |
| ■                               | 各廠 C MOS 的型號一覽表                     | 247        |
| ■                               | TI 的 C MOS 一覽表                      | 247        |
| ■                               | Solitron 廠的 C MOS 一覽表               | 249        |
| ■                               | Solid State Scientific 廠的 C MOS 一覽表 | 251        |
| ■                               | Teledyne Semiconductor 廠的 C MOS 一覽表 | 253        |
| ■                               | Harris Semiconductor 廠的 C MOS 一覽表   | 254        |
| ■                               | Fairchild 廠的 C MOS 一覽表              | 256        |
| ■                               | 東芝廠的 C MOS 一覽表                      | 259        |
| ■                               | 日電廠的 C MOS 一覽表                      | 261        |
| ■                               | 沖電氣廠的 C MOS 一覽表                     | 262        |
| ■                               | CD4000 系列的插腳接綫圖                     | 265        |
| ■                               | MC14500 系列的插腳接綫圖                    | 278        |
| ■                               | MM74C00 系列的插腳接綫圖                    | 289        |

# 第1章

## 使用 C MOS 的基礎知識

### 1.1 MOS IC 的特性比較

#### 1.1.1 雙極晶體管和 FET 的特性比較

TTL 及 ECL 等雙極 (Bipolar) IC, 都是由雙極晶體管 (以下簡稱晶體管) 構成的, 因此, 它的特性基本上受晶體管的基本特性所支配; 同樣地, MOS IC 也是由 MOS FET 構成的, 其特性則受 MOS FET 的基本特性支配。因此, 要理解 MOS IC, 一定要理解 MOS FET。

晶體管和 FET (Field Effect Transistor, 即場效應晶體管) 的基本不同之處是: 晶體管的輸出電流是由輸入電流所控制的, 而 FET 的輸出電流則由輸入電壓控制。所以我們說, 晶體管是一種電流控制元件, 而 FET 則和電子管一樣, 是一種電壓控制元件。

#### 1.1.2 結型 FET 和 MOS FET

FET 有結型 FET (Junction FET, 以上簡稱 J-FET) 和 MOS FET (Metal-Oxide Semiconductor FET, 即金屬氧化物半導體 FET) 之分。

J-FET 使用圖 1.1 所示的符號, 洩極 (Drain) D 和源極 (Source) S 之間是輸出電流通道 (Channel), 柵極 (Gate) G 和通道之間是 PN 接合。

相對於源極的柵極電壓  $V_{GS}$  和從洩極至源極流動的電流  $I_D$  的特性如圖 1.2 所示, 由於柵極是 PN 接合的, 所以 N 通道時是作為負柵極電壓、P 通道時是作為正柵極電壓使用。

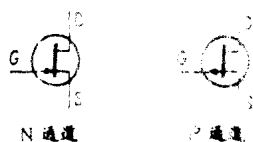


圖 1.1 J-FET 的符號

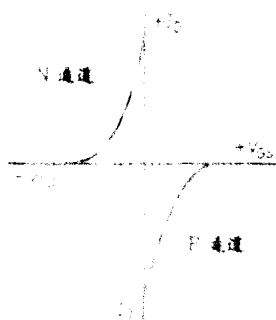


圖 1.2 J-FET 的特性

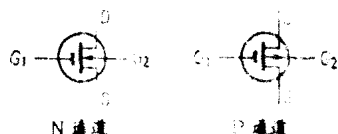


圖 1.3 MOS FET 的符號

雖然，J-FET 的柵極破壞比 MOS FET 少，但是如上述所講，由於洩極電源和柵極電源的極性相反，所以不能夠用於數字電路中。

MOS FET 的符號如圖 1.3 所示，和 J-FET 一樣，除了接合柵極  $G_2$  之外，介於通道和柵極氧化膜之間的還有一個絕緣柵極  $G_1$ ，這是它的特徵。

這個  $G_1$  是由柵極氧化物和通道絕緣的，所以通道的阻值非常高，因而正負雙方的電壓都能夠施加。

$G_1$  和源極間的電壓  $V_{GS}$  及洩極電流  $I_D$  的關係如圖 1.4 所示，和 J-FET 一樣， $G_1$  若不加上反向偏壓， $I_D$  不截止 (Cut off) 的叫做偏轉型 (Deflection type, 或譯作耗盡型)；而  $G_1$  若不和接近 0V 的洩極電源相接，沒有  $I_D$  流出的形式則叫做增強型 (Enhancement type)。

$I_D$  是 0 時的  $V_G$  叫做門限電壓 (Threshold voltage)  $V_{TH}$ ，不過實際上  $I_D=0$  的話測量時是不方便的，一般仍有微小的  $I_D$  值，然後在該  $I_D$  值下測量  $V_{TH}$ 。

使用 MOS FET 時  $G_1$  和  $G_2$  的接法，有圖 1.5 所示的三種，除了模擬開關之外，MOS IC 大部份採用接法 A。

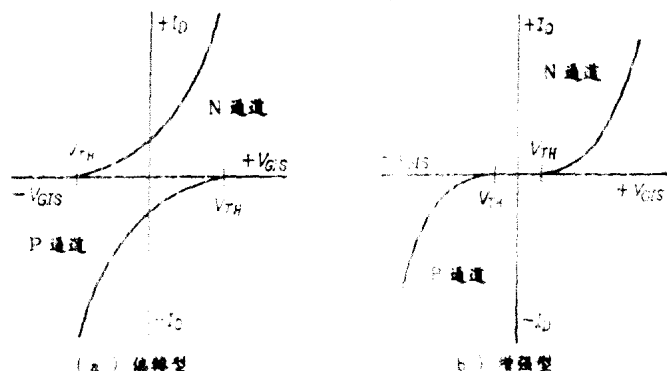


圖 1.4 MOS FET 的特性

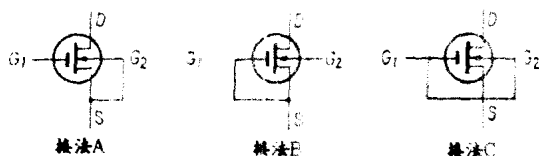


圖 1.5 MOS FET 的接法

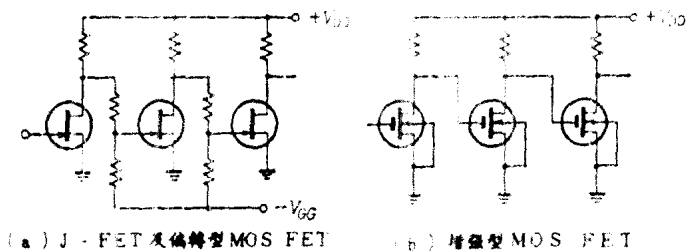


圖 1.6 使用 FET 的直接交連數字電路的構成方法

FET 用於直接交連的數字電路時的級間交連方法如圖1.6所示，J-FET 及偏轉型 MOS FET 和增強型 MOS FET 有很大的差別。增強 MOS 方面，由於不用電平轉移 (Level shift) 電阻及偏壓電源，因而不但電路變得簡單，而且電源電壓的容許範圍亦寬，這一點比

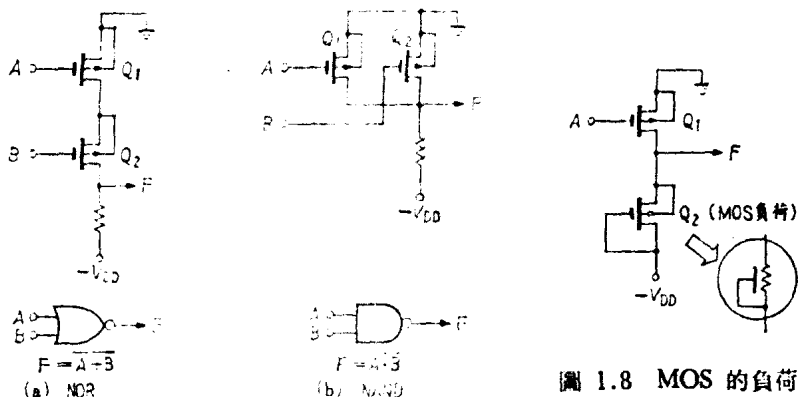


圖 1.7 P-MOS 的基本邏輯電路

較有利。

### 1.1.3 MOS IC 的品種和特性

MOS IC 之中最早實用化的，是使用 P 通道 MOS FET 的 P-MOS IC。P-MOS IC 的內部邏輯結構，是將 FET 採用不同的接法而組成近似的邏輯電路。

圖 1.7 是 P-MOS 的基本邏輯電路例，無論是 NAND (“與非”門)或 NOR (“或非”門)，使用的元件數目都一樣。由於 MOS FET 的輸入阻抗高，基本上不必使用輸出緩衝器 (Buffer)，這是造成 MOS IC 的電路結構簡單的理由之一。

在圖 1.7 中，為便於解釋它的原理， $Q_1$  和  $Q_2$  的負荷都用電阻表示，其實在 IC 中，電阻所佔的面積比較大，這將會降低集成度，所以在實際的電路中是利用 MOS FET 的恆流特性，如圖 1.8 所示，用 MOS FET 做負荷。

我們把這個作為負荷的  $Q_2$ ，叫做 MOS 負荷。為了明確這枚管子是作為負荷使用的，一般使用圖 1.8 右下角圓圈內的符號表示。

這種 MOS 負荷的缺點是，由於  $Q_1$  及  $Q_2$  同是增強型的，輸出  $V_{OL}$  變高。為了降低  $V_{OL}$ ，可以像圖 1.9 所示那樣，從  $-V_{DD}$  取

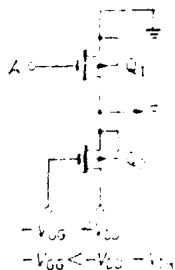
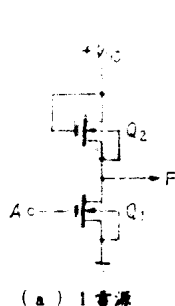
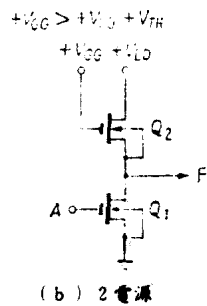


圖 1.9 由  $-V_{GG}$  將  $V_{OL}$  降低



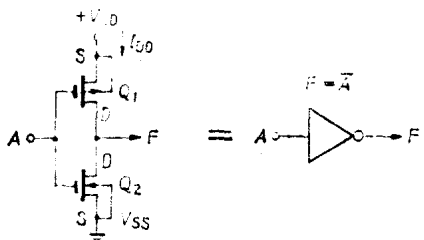
(a) 1 電源



(b) 2 電源

圖 1.10 N 通道 MOS IC 的基本構成

圖 1.11 C MOS 的基本電路



$-Q_2$  的  $V_{TH}$  以上的負的  $-V_{GG}$  加於  $Q_2$  的柵極。

N-MOS 的電路結構如圖 1.10, 除了電源的正負相反之外, 接法和 P-MOS 幾乎完全相同。不過邏輯電路的結構, 和圖 1.7 的 P-MOS 的 NAND 和 NOR 的串並聯接法剛剛相反。

在圖 1.8~圖 1.10 的 P/N-MOS IC 的電路中, 倒相器 (Inverter) FET  $Q_1$  OFF 時, 幾乎沒有電流流動, 但 ON 時  $Q_2$  則有穩定的電流流動。

這裏, 如果不只用  $Q_2$  作為 MOS 負荷, 將  $Q_1$  改用相反通道的 MOS FET 的話, 則無論輸出是 H 或 L, 哪一個管子 OFF, 都有電源電流流動——這便是 C MOS 的基本構想, 由此而組成的電路如圖 1.11 所示, 這只不過是將圖 1.10 的 MOS 負荷  $Q_2$  改用 P 通道 MOS FET 倒相器而組成的電路。

C MOS 的全名是互補金屬氧化物半導體, 這是因為如圖 1.11 所示, FET 是採用互補 (Complementary) 接法的。

## 1.2 C MOS 電氣特性的概要

### 1.2.1 C MOS 的靜態特性

圖 1.11 的 C MOS 基本電路中，如果  $Q_1$  和  $Q_2$  是完全對稱的話，則兩者的輸入電壓和輸出電流特性如圖 1.12 所示。

輸入電壓  $V_I$  是 0 的話， $Q_2$  ON、 $Q_1$  OFF。若  $V_I = V_{DD}$  的話， $Q_1$  ON、 $Q_2$  OFF，在這兩個狀態電流  $I_{DD}$  為 0。因而，只考慮  $V_I = 0$ 、 $V_I = V_{DD}$  這兩個狀態的話，便可以組成圖 1.13 所示的 C MOS 倒相器的等效電路。

C MOS 倒相器的輸入輸出特性如圖 1.14 所示，該圖是以 CD 4000AE 的倒相器部份作為例子。

輸入電壓  $V_I$  分爲 I~V 五個區域。這樣  $Q_1$  的  $V_{TH1}$  和  $Q_2$  的  $V_{TH2}$  便存在相當大的差別，所以輸出反轉範圍相當廣。

此外，圖 1.14 相當重要的一點是，在 I、V 區域， $I_{DD}$  才開始流動。

如圖 1.15 所示，C MOS 的門限電壓 (Threshold voltage) 的公稱值是  $V_{DD}/2$ ，實際上寬別還要大。C MOS 的輸入輸出特性的溫度變化非常少，相對於溫度變化來講，C MOS 的工作是穩定的。

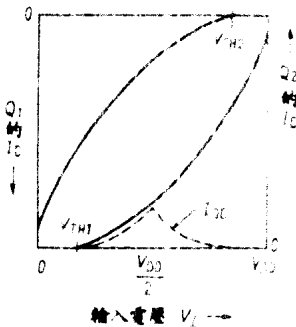


圖 1.12 <圖 1.11> 的  $Q_1$  和  $Q_2$  的特性

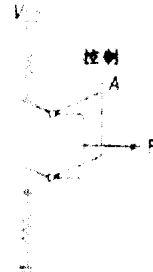


圖 1.13 C MOS 倒相器的等效電路