

数据采集和数字测量

**专用集成电路原理和应用**

王固定 编著

上海科学技术文献出版社

数据采集和数字测量  
专用集成电路原理和应用

王国定 编著

责任编辑: 方 虹

\*

上海科学技术文献出版社出版  
(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行

上海市印十二厂印刷

\*

开本 787×1092 1/32 印张 8.5 字数 202,000

1985年12月第1版 1985年12月第1次印刷

印数: 1—25,700

书号: 15192·414 定价: 1.55 元

《科技新书目》104-265

# 目 录

## 第一部分 数据采集系统集成电路

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第一章 多路选择开关、取样/保持和测量放大电路 .....   | 2  |
| § 1-1 多路选择开关电路的基本原理和种类 .....    | 4  |
| 一、CMOS 模拟开关的基本原理和特性 .....       | 4  |
| 二、多路选择开关的种类和结构 .....            | 9  |
| 1. 八选一多路选择开关 CC 4051B .....     | 9  |
| 2. 双四选一多路选择开关 CC 4052B .....    | 11 |
| 3. 双四/单八选一多路选择开关 MC 14529 ..... | 12 |
| § 1-2 多路选择开关的应用 .....           | 16 |
| 一、多路选择开关与不同电平接口时的电源供电 .....     | 16 |
| 1. 与 TTL 或 NMOS 数字电路接口 .....    | 17 |
| 2. 与 CMOS 数字电路接口 .....          | 17 |
| 3. 与 HTL 逻辑电路接口 .....           | 17 |
| 4. 不对称模拟传输的接口 .....             | 17 |
| 二、通道的扩展方法 .....                 | 18 |
| 1. 十六选一多路开关的组合 .....            | 18 |
| 2. 三十二选一多路开关的组合 .....           | 19 |
| 3. 六十四选一多路开关的组合 .....           | 20 |
| 三、其他独立应用 .....                  | 22 |
| 1. 可寻址的取样/保持放大器 .....           | 22 |
| 2. 程控振荡器(扫频振荡器) .....           | 23 |
| 3. 数字滤波器 .....                  | 24 |
| 4. 差动程控放大器 .....                | 25 |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 5. 程控放大或衰减器 .....             | 26        |
| § 1-3 取样/保持(S/H)电路的基本原理 ..... | 27        |
| 一、5G582 的结构和工作原理 .....        | 28        |
| 二、5G582 的内部电路简析 .....         | 30        |
| § 1-4 取样/保持电路的应用 .....        | 32        |
| 一、在数据采集系统中的应用 .....           | 32        |
| 二、5G582 与逻辑电路的电平连接 .....      | 34        |
| 1. 与 TTL 逻辑电路的电平连接 .....      | 34        |
| 2. 与 CMOS 逻辑电路的电平连接 .....     | 34        |
| 3. 与 HTL 逻辑电路的电平配置 .....      | 35        |
| 三、5G582 的常规应用 .....           | 35        |
| 1. 增益为 1 的取样/保持电路 .....       | 35        |
| 2. 增益大于 1 的取样/保持电路 .....      | 36        |
| 四、5G582 的特殊应用 .....           | 36        |
| 1. 自动调零电路 .....               | 36        |
| 2. 阶梯波发生器 .....               | 37        |
| 3. 峰值检测电路 .....               | 38        |
| § 1-5 高精度测量放大电路 .....         | 39        |
| 一、5G7650 的工作原理和特性 .....       | 40        |
| 1. 设计原理 .....                 | 40        |
| 2. 种类和电参数 .....               | 43        |
| 二、5G7650 与普通运算放大器相同的应用 .....  | 44        |
| 三、5G7650 的特殊应用 .....          | 59        |
| 1. 应变电桥放大器 .....              | 49        |
| 2. 高速低漂移运算放大器 .....           | 50        |
| 3. 输入保护端的接法 .....             | 51        |
| 4. 一组实测数据 .....               | 51        |
| <b>第二章 数字模拟转换电路 .....</b>     | <b>54</b> |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| § 2-1 数字模拟转换电路(DAC)的基本原理和结构 ..... | 54  |
| 一、解码原理 .....                      | 55  |
| 1. 电阻解码网络 .....                   | 55  |
| 2. 解码网络中的权位开关 .....               | 59  |
| 二、数字模拟转换电路的基本结构 .....             | 62  |
| § 2-2 数字模拟转换电路的典型产品 .....         | 64  |
| 一、5G7520 的结构与特性 .....             | 64  |
| 二、能与微处理器兼容的 AD7522 .....          | 68  |
| 1. 内部电路简析 .....                   | 69  |
| 2. 引出端功能 .....                    | 69  |
| § 2-3 数字模拟转换电路的应用 .....           | 73  |
| 一、数字模拟转换电路的一般应用 .....             | 74  |
| 1. 程控电源 .....                     | 74  |
| 2. 程控放大器 .....                    | 79  |
| 3. “永久”性取样/保持放大器 .....            | 83  |
| 二、数字模拟转换电路与微处理机的连用 .....          | 85  |
| 1. 数字绘图仪 .....                    | 85  |
| 2. 多路模拟输出 .....                   | 85  |
| 3. AD7522 与微处理机的配用 .....          | 88  |
| <b>第三章 模拟数字转换电路</b> .....         | 92  |
| § 3-1 模拟数字转换电路(ADC)的基本原理和结构 ..... | 92  |
| 一、量化编码的原理 .....                   | 92  |
| 二、量化编码的方法——直接转换法 .....            | 94  |
| 三、量化编码方法与信息量的关系 .....             | 96  |
| 四、逐次近似编码模拟数字转换电路的实现方法 .....       | 100 |
| § 3-2 模拟数字转换电路的典型产品 .....         | 104 |
| 一、与微处理器兼容的 5G080 X .....          | 104 |
| 1. 工作原理 .....                     | 104 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 2. 内部电路简析             | 108 |
| 3. 特点和电参数             | 110 |
| 二、高速视频 CA 3300        | 111 |
| 三、模/数转换器 ADC1210/1211 | 115 |
| § 3-3 模拟数字转换电路的应用     | 119 |
| 一、模拟数字转换电路应用概述        | 119 |
| 1. 模拟信号的精密延迟          | 119 |
| 2. 信号的瞬态记录            | 120 |
| 3. 信号迭加装置             | 120 |
| 4. 实时控制系统中的应用         | 122 |
| 二、5G080 X 的典型应用       | 122 |
| 1. 独立应用的接法            | 122 |
| 2. 与微处理机的配用           | 125 |
| 三、高速视频 CA 3300 的应用    | 130 |
| 1. 独立应用的接法            | 130 |
| 2. 提高转换速度的接法          | 133 |
| 3. 位数扩展的接法            | 134 |
| 4. 与微处理机的配用           | 134 |
| 四、ADC1210/1211 的应用    | 137 |
| 1. 独立应用的接法            | 137 |
| 2. 与微处理机的配用           | 137 |
| 五、能隙电源 5G1403 的应用     | 140 |
| 1. 工作原理               | 141 |
| 2. 内电路结构和特点           | 142 |
| 3. 理论温度特性             | 146 |

## 第二部分 数字测量集成电路

|             |     |
|-------------|-----|
| 第四章 数字电压表电路 | 150 |
|-------------|-----|

|       |                           |     |
|-------|---------------------------|-----|
| § 4-1 | $3\frac{1}{2}$ 位单片模/数转换器  | 150 |
| 一、    | 5G14433 的主要特性             | 151 |
| 二、    | 5G14433 的转换原理和功能          | 152 |
| 1.    | 转换的六个工作阶段和内电路             | 152 |
| 2.    | 引出端功能                     | 157 |
| 三、    | 5G14433 数字输出的显示方式         | 159 |
| 四、    | 5G14433 的典型应用             | 163 |
| 1.    | $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表     | 163 |
| 2.    | $3\frac{1}{2}$ 位液晶显示数字电压表 | 163 |
| 3.    | 数字温度计                     | 166 |
| 4.    | 实现数据保持功能                  | 167 |
| 5.    | 用功能变换进行复位                 | 168 |
| 6.    | 自动量程切换控制信号发生器             | 169 |
| 五、    | JG14433 与微处理机的接口          | 170 |
| § 4-2 | $4\frac{1}{2}$ 位单片模/数转换器  | 176 |
| 一、    | 5G7135 的结构和功能             | 177 |
| 二、    | 5G7135 的工作原理              | 180 |
| 三、    | 5G7135 的典型应用              | 185 |
| 1.    | 数字电压显示的典型应用例举             | 186 |
| 2.    | 与 UART 的接口配置              | 192 |
| 3.    | 与微处理机的接口                  | 194 |
| 4.    | 作远距离转换结果的双线传输实例           | 196 |
| § 4-3 | 数字电压表附属电路                 | 197 |
| 一、    | 5G7660 的特性和工作原理           | 197 |
| 二、    | 5G7660 的典型应用              | 202 |
| 1.    | 产生负电源的应用电路                | 202 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 2. 降低输出电阻的用法                        | 203 |
| 3. 倍压转换的用法                          | 203 |
| 4. 正电压倍压电路                          | 204 |
| 5. 正负倍压的电源电路                        | 204 |
| 6. 其他用法                             | 204 |
| § 4-4 液晶显示 $3\frac{1}{2}$ 位单片模/数转换器 | 205 |
| 一、DG7126 的特点和工作原理                   | 205 |
| 1. 主要特点                             | 205 |
| 2. 模拟电路工作过程                         | 206 |
| 3. 数字电路简述                           | 210 |
| 4. 引出端功能                            | 210 |
| 二、DG7126 的应用说明                      | 212 |
| 1. 基准电压的选择与连接                       | 212 |
| 2. 积分回路元件的选择                        | 214 |
| 3. 小数点显示方法                          | 215 |
| 4. 典型应用电路                           | 216 |
| 第五章 单片数字频率计及显示接口                    | 220 |
| § 5-1 通用计数器系列                       | 220 |
| 一、ICM7216 系列的特点和功能                  | 220 |
| 1. 特点与用途                            | 220 |
| 2. 引出端功能                            | 221 |
| 二、ICM7216 的结构和工作原理                  | 227 |
| 三、ICM7216 的电参数与特性                   | 229 |
| 四、ICM7216 的典型应用                     | 233 |
| 1. 作频率计的应用                          | 233 |
| 2. 作通用计数器的应用                        | 236 |
| § 5-2 通用驱动电路系列                      | 239 |
| 一、ICM7218 系列简介                      | 239 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 1. 分类和特点                 | 239 |
| 2. 内部逻辑框图简述              | 241 |
| 二、ICM7218 系列的控制功能        | 246 |
| 1. ICM7218A/B 引出端功能      | 246 |
| 2. ICM7218C/D 引出端功能和工作波形 | 247 |
| 3. ICM7218E 的引出端功能和控制方式  | 248 |
| 三、ICM7218 系列的典型应用        | 249 |
| 1. ICM7218A/B 与微处理机的配用   | 250 |
| 2. ICM7218C/D 与微处理机的配用   | 252 |
| 参考文献                     | 253 |

# 第一部分 数据采集系统集成电路

微处理机(俗称电脑)之所以被称为信息社会的基础,是因为它能处理人难以在短时间内处理的大量信息,并按人的意图寻求所需的结果。然而,微处理机所能处理的仅仅是“0”和“1”这两种最简单的二进制数字信息,实际工作中要求它处理的大量信息却并非这么简单。例如物体的位移、温度、液体的流量、重量、压力等物理量,电气电路中的电压、电流等电参量。对于这些非数字化的信息,如不经过转换,微处理机将束手无策。

因此必须将非数字化信息转换成电量,再将电量转换成“0”、“1”形式的数字量,然后才能送给微处理机处理。完成将电量转换成数字量的过程,称为模/数(A/D)转换。同样道理,微机将这些经转换的量处理后,输出的结果仍然是“0”、“1”形式的数字量,它不能去直接作用于被控对象,也就不能作为一种物理量信息去使用,于是还得将这些数字量反过来转换成对应的物理量或电参量,这就是数/模(D/A)转换。完成模/数转换和数/模转换过程称为数据采集过程;用来完成这种过程的电路系统称为数据采集系统。

数据采集系统集成电路使微处理机不仅能用于数值计算,而且为其用于工业过程的实时控制和进入家庭成为可能。因为集成电路不仅大大压缩了该系统原有的体积,而且降低了成本。

# 第一章 多路选择开关、取样/ 保持和测量放大电路

在微处理机面向实时控制时，数据采集系统作为微机系统中一个输入/输出(I/O)子系统而相容于其中，它既可作为存储器

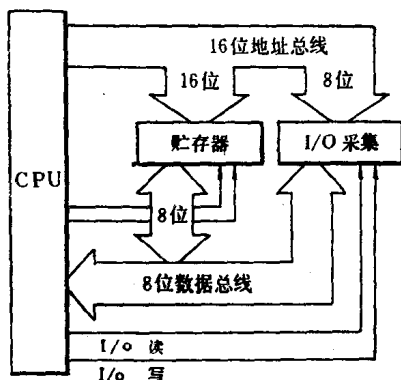


图 1-1

器客体，也可作 I/O 外部客体，参与微机的工作。这两个客体与通常情况下的不同之处仅在于它的输入和输出可以是模拟量，也可以是数字量。前者面向外部，后者面向微机内部。

图 1-1 示出数据采集系统在微机系统中作为一个 I/O 部件时的配置图。从图

中可以看出它是在微机控制下进行工作的，原则上与一般存储器和 I/O 部件毫无区别。但其内部却较一般 I/O 有根本不同，它要包含以下各种电路：(a) 地址译码器；(b) 多路选择开关；(c) 测量放大电路；(d) 取样/保持(S/H)电路；(e) 模/数(A/D)转换电路；(f) 数/模(D/A)转换电路，以及必要的实时控制电路。图 1-2 是一个典型的  $\mu c$  实时控制系统框图。如图 1-1 一样，此处的采集系统仅是内容特殊的 I/O 部件(可以面向外部或面向微机)。一般将这类 I/O 框称为模拟 I/O、实时 I/O 部件或模块。

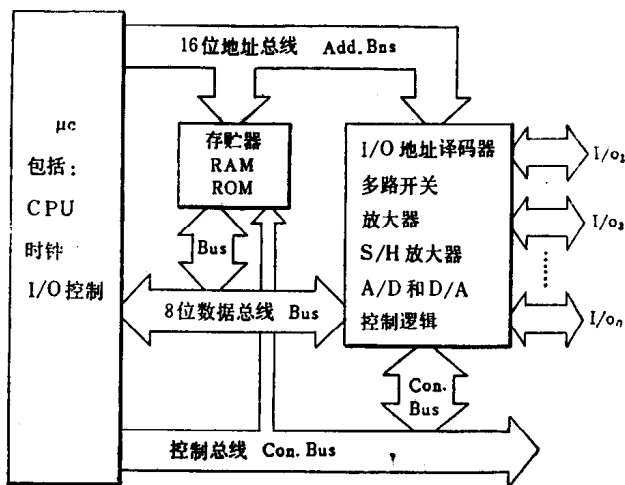


图 1-2

本章重点介绍数据采集系统实时 I/O 部件中的多路选择开关, 取样/保持(S/H)和测量放大专用集成电路, 数字模拟转换电路(DAC)和模拟数字转换电路(ADC)在第二章、第三章中介绍。这四部分电路可构成图 1-3 和图 1-4 所示微机的输入和输出系统(在这两个图中均未包含前置放大和后随放大)。

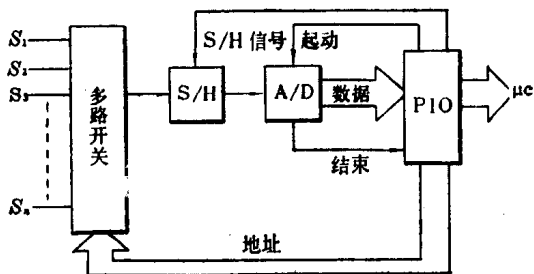


图 1-3

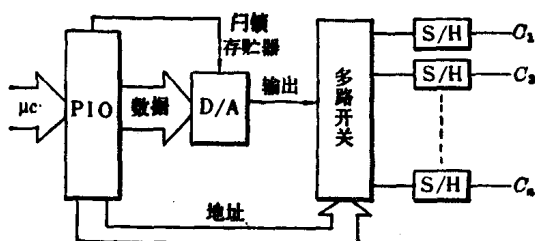


图 1-4

## § 1-1 多路选择开关电路的基本原理和种类

在数据采集系统中,为使微机能实现多点数据采集,通常要设置一个由地址总线发出信息而选择测量点的通道开关,这种开关称为多路选择开关,它可以用于模拟信号也可以用于数字信号,但一般只用于模拟信号。

当某一路通道被选通后,其输出将在微机控制信号控制下,被送入 S/H 电路寄存起来,因以这两种器件一般是相随工作的。

多路选择开关是电子模拟开关中的一种类型。一般电子模拟开关可以用双极型、结型场效应型、MOS 型等器件构成。但近年来考虑到兼容性、工艺相容性及开关通断特性,大多数电子模拟开关采用 CMOS 工艺制作。CMOS 多路模拟开关是一个开关单元,由一个 P 沟晶体管和一个 N 沟晶体管并接构成,因此具有较好的导通特性,并且其品种已构成一个系列,可适应各种不同需要。

### 一、CMOS 模拟开关的基本原理和特性

MOS 晶体管(例如 N 沟晶体管)工作在线性区时相当于一个电压控制电阻,其阻值  $R_{ON}$  如下:

$$R_{ON} = \frac{1}{\beta(V_{GS} - V_T)} \quad (1-1)$$

式中  $V_T$ ——MOS 晶体管开启电压;

$\beta$ ——MOS 晶体管增益常数  $\beta = C_{OX}\mu_N\left(\frac{W}{L}\right)$ 。

因此, N 沟 MOS 晶体管在  $V_{GS} \gg V_T$  时, 可看作一个电阻  $R_{ON}$ ; 因当  $V_{GS} \leq V_{TN}$  时, 该晶体管截止(如图 1-5 所示), 这时可将它看作一个单沟模拟开关  $SW$ 。

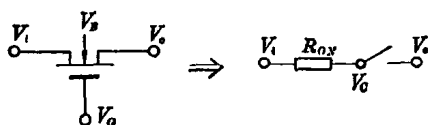


图 1-5

然而, 这种单沟 MOS 模拟开关存在两个致命的缺点:

(1) 当  $V_G$  一定时, 随着所要传递的信号  $V_i$  的变化, 源极电位随之变化, 使相应的  $V_{GS}$  电压发生变化。从 (1-1) 式知,  $R_{ON}$  也将随之变化, 当  $V_i$  接近  $V_G$  时,  $R_{ON}$  将大到不能容忍的数值;

(2) 由于  $V_T$  与  $V_B$  是函数关系, 因此衬底调变效应的存在会使  $R_{ON}$  发生变化, 这些因素导致开关性能变劣。

MOS 单沟模拟开关的  $V_i$ - $R_{ON}$  的关系可以用图 1-6 的曲线来表示。从曲线图可以看出在电源电压范围内  $R_{ON}$  的变化很大。正因为如此, 一般很少用 MOS 单沟模拟开关。CMOS 模拟开关可在很大程度上克服以上缺点。图 1-7 所示为简单的 CMOS 模拟开关单元。当  $V_C$  为“1”时, N 沟和 P 沟同时通导, 反之则截止。在电源电压范围内, 由于  $V_i$  的变化引起 N 沟和 P 沟的  $R_{ON}$  的变化可在很大程度上互相抵消。图 1-8(a) 所示两

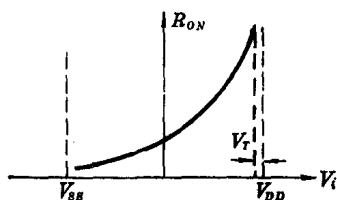


图 1-6

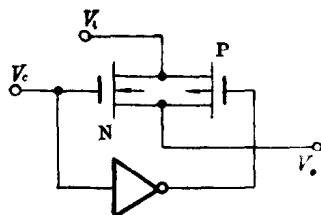


图 1-7

个沟道的  $V_T$ - $R_{ON}$  曲线, 图 1-8(b) 则是 (a) 图中两条曲线的合成曲线。显然, CMOS 模拟开关在工作电压范围内电阻的变化较小, 故比 MOS 单沟模拟开关要好得多。因此 CMOS 模拟开关得到了比 MOS 单沟模拟开关更广泛的应用。

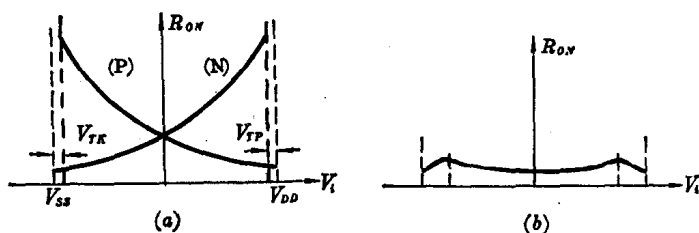


图 1-8

图 1-8(b) 所示是假定衬底调变效应(特别是 N 沟道器件的衬底调变效应)不存在时的合成  $V_T$ - $R_{ON}$  特性曲线。由于图 1-7 电路中 N 沟器件的衬底处在负电位上, 因此 N 沟晶体管的衬底电压要用合适的电路来跟踪信号电压  $V_i$ , 以保证在  $V_{BS}=0$  的条件下使开启电压  $V_T$  不随  $V_i$  而变。图 1-9 示出采用跟踪电路的 CMOS 模拟开关的结构。其中主开关由  $N_0$ 、 $P_0$  组成的辅助开关确定, 当  $V_c$  为“1”电平时,  $N_0$  和  $P_0$  导通, 同时  $N_1$  和  $P_1$  也都导通, 但  $N_2$  截止。由于  $N_1$  和  $P_1$  都导通, 则  $N_0$  的衬底电

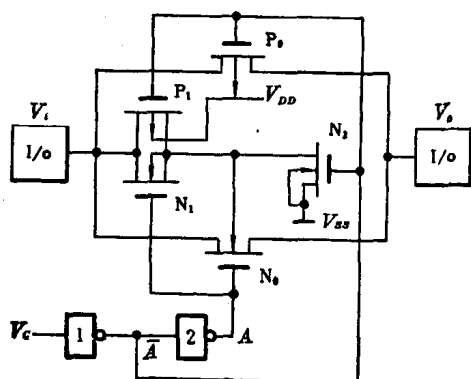


图 1-9

压经辅助开关接到  $V_i$  电位上, 使  $N_0$  的衬底电位和源电位相同, 保持主开关接通时  $V_{BS0} = "0"$ 。当  $V_o$  为 "0" 电平时,  $N_0$ 、 $P_0$  和  $N_1$ 、 $P_1$  都截止, 但  $N_2$  却导通, 使  $N_0$  的衬底电位同  $V_{SS}$  电位, 而保持良好的截止状态。这样, 就消除了衬底调变效应。由于 P 沟 MOS 晶体管的衬底调变效应较小, 因此  $P_0$  的衬底电压可不必设置跟踪电路跟踪  $V_i$ , 以简化设计。

由于 CMOS 模拟开关一般内含上述衬底跟踪电路和控制开关通断的反相器, 因此驱动开关传输的信号电压必须满足下述关系:

$$V_{SS} \leq V_{iP-P} \leq V_{DD}$$

任何超过  $V_{DD}$  或低于  $V_{SS}$  的输入信号电压  $V_i$  均会使开关特性变劣, 甚至引起自锁效应而损坏器件。一般 CMOS 模拟开关的导通电阻在  $200 \sim 500 \Omega$  之间, 截止电阻大于  $100M$ 。这对于一般后随高阻电路状况下性能已属十分良好。

图 1-9 的 CMOS 模拟开关单元中,  $V_o$  是开关控制端, 在反相器 1 和反相器 2 的电源电压一定时, 要求  $V_o$  的控制电平在

$V_{DD} \sim V_{SS}$  之间, 故不能与微机电平兼容。因此, 一般要设置一个电平转换电路, 使  $V_o$  的控制电压能与微机输出电平兼容。图 1-10 示出该电平转换电路的原理。图中  $\bar{A}_o$  和  $A_o$  用来取代图 1-9 中反相器 1 和反相 2 的输出。

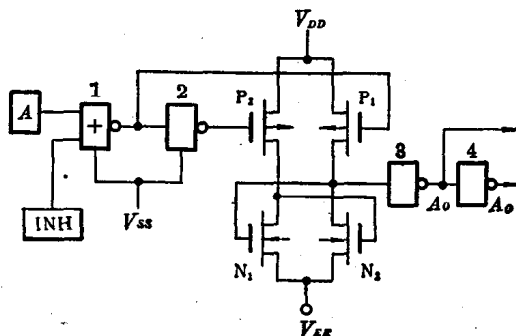


图 1-10

由图 1-10 可知, 门 1 和门 2 的电源为  $V_{DD}$  和  $V_{SS}$ , 它可以用 TTL 逻辑电路的公共电源或 NMOS 的电源(通常为 5V)。开关的电源为  $V_{DD}$  和  $V_{EE}$ , 其中  $V_{EE}$  可低于  $V_{SS}$ 。这种开关传递的电平为  $V_{EE} \sim V_{DD}$ , 而开关控制电平仅为  $V_{SS} \sim V_{DD}$ , 例如  $V_{DD} = 5\text{V}$ ;  $V_{SS} = 0\text{V}$ ;  $V_{EE} = -5\text{V}$ , 则传递信号可在  $-5 \sim 5\text{V}$  之间, 但控制电平只要  $0 \sim 5\text{V}$  即可。

电平转换是靠图 1-10 中四个 MOS 晶体管:  $P_1$ 、 $N_1$ 、 $P_2$ 、 $N_2$  加门 3 和门 4 构成, 它们的电源用  $V_{DD}$  和  $V_{EE}$ 。由图可知,  $P_1$ 、 $N_1$ 、 $P_2$ 、 $N_2$  构成正反馈组态, 类似一个双稳电路。当门 2 输出为“1”时, 则门 1 输出为“0”(即  $V_{SS}$ ), 于是  $P_1$  截止,  $P_2$  导通(但不充分)。然而, 由于  $P_2$  导通使  $N_2$  也导通而  $N_1$  截止。这样, 就使门 3 输入为  $V_{DD}$ , 输出为  $V_{EE}$ , 门 4 输出为  $V_{DD}$ , 实现了电平转换。