

# 电荷转移器件

[英] G. S. 霍布森编著 吴瑞华 黄振岗译

人民邮电出版社

73.74  
8/2  
=1

# 电 荷 转 移 器 件

【英】G. S. 霍布森 编著

吴瑞华 黄振岗 译



人 民 邮 电 出 版 社

1111147

DL35/34 03  
Charge-Transfer Devices

G.S. Holson

Edward Arnold 1978

## 内 容 提 要

本书主要是介绍电荷转移器件(CTD)的物理特性,工艺结构,设计和应用的读物。它的主要特点是侧重于描述器件的物理性能和应用,比较适合具有半导体器件和电路基本理论知识想要了解电荷转移器件性能和应用的读者阅读。对专门从事电荷转移器件研究的读者来说,本书提出的许多参考资料,可以提供进一步详细阅读的内容。

本书的读者对象为从事半导体器件应用、研究的科技工作者,大专院校有关专业的师生。

## 电 荷 转 移 器 件

[英]G.S.霍布森 编著

吴瑞华 黄振岗 译

责任编辑:黄万璋

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 850×1168 1/32 1983年 8 月 第 一 版  
印张: 8 页数: 128 1983年 8 月 河北第一次印刷  
字数: 211 千字 印数: 1—5,000 册

统一书号: 15045·总2733-有5304

定 价: 1.25 元

## 译者序

电荷转移器件 (CTD) 是半导体集成电路家族的年青、早熟、生命力旺盛的新成员。自CTD发明以来的十年期间, 器件结构的发展和应用领域的扩大是一日千里的。CTD可以实现数字信号及模拟抽样信号的存贮与转移, 这些功能与半导体中的光电效应相结合又可以实现摄像。从这样的基本功能出发, 采用不同的结构, 就可以完成图象传感与各种信号处理。CTD是一种微小型的集成功能块, 具有集成电路的各种固有优点。CTD的出现和发展, 对通信、电视、雷达、计算机和遥感遥测等许多领域都产生重大影响。因此, 发展电荷转移器件, 在我国的社会主义四个现代化的建设中是有益的。

本书全面论述了CTD器件的物理特性、工艺结构及设计 and 应用原理。涉及的知识领域较宽, 概念清楚, 层次分明, 对于从事CTD器件研制的人员是一本较好的参考书。书中内容有助于器件设计、制造和系统应用等三方面工作的结合。本书也可以作为高等学校有关专业的教学参考书。

由于译者水平有限, 译稿中的缺点、错误在所难免, 请读者多多批评指正, 译者将不胜感激。

译者1980. 1.

## 前 言

电荷转移器件是集成电路工程的一个新发展。电子系统设计人员可以用此器件作为一种实用而又经济的手段对模拟信号在许多不同时刻的特征同时进行比较。正如其它集成电路的应用一样,电荷转移器件促使半导体器件工艺师、电路设计师以及系统设计师紧密地结合起来。为使有用的系统功能与工艺能力相结合,这三种工作相互影响非常强烈,以至于可以说这三者在实际上是分不开的。

本书的目的是要用一些简单的模型来探讨电荷转移器件的各部件的物理性能,而避开了定量精确描述的那些细节。读者应具备相当于电子工程初等水平的半导体器件和电路理论的知识。编写本书的目的在于为半导体器件工程专业的高年级学生提供有用的教科书。对于想要了解电荷转移器件的研究生或专业工程师,整个论述也是适用的。如果读者要专门致力于电荷转移器件的研究,本书列出的许多参考资料,为他们提供了更详尽的内容。

在一门综合了几方面专门知识的学科中,要使教材与已发表的更详细的研究论文相适应,有些符号不可避免地会有多种用法。在容易引起混乱的地方,书中努力避免一符多义。当允许保留符号的多种用法时,通过上下文即可看出该符号属何种用法。

G. S. Hobson

# 符 号 表

|                                             |                          |
|---------------------------------------------|--------------------------|
| $a$ = 二进制数字                                 | $D$ = 扩散常数               |
| $A$ = 电极面积                                  | $D_i, D_s$ = 斗链器件中的复位二极管 |
| = 环路增益                                      | $D_i$ = 绝缘体中的电位移         |
| = 起始势阱中电荷                                   | $D_n$ = 电子扩散常数           |
| = 信号幅值                                      | $D_p$ = 空穴扩散常数           |
| $A_n$ = 电荷损失                                | $D_s$ = 半导体中的电位移         |
| $A_Q$ = 电荷增益                                | $e$ = 电子电荷               |
| $A(\omega)$ = 衰减                            | $E$ = 电场                 |
| $b$ = 二进制数字                                 | $E_2$ = 界面电场             |
| = 电极宽度                                      | $E_b$ = 边缘电场或内建电场        |
| $B$ = 相关图样幅值                                | $E_c$ = 每个阱的偏置能量         |
| = 环路增益                                      | $E_d$ = 电荷转移期间的排斥电场      |
| = 二次混淆电荷                                    | $E_i$ = 绝缘体电场            |
| $B, B_T, BW$ = 带宽                           | $E_{max}$ = 埋沟道中的最大电场    |
| $C$ = 电容                                    | $E_n, E_p$ = 埋沟道中的界面电场   |
| = 标尺常数                                      | $E_s$ = 界面电场             |
| 三次混淆电荷                                      | $E_{s,max}$ = 最大界面电场     |
| $C_1, C_2, C_3, C_a, C_{cc}, C_d, C_g, C_i$ | $E_{-u}$ = 存储电荷中的电场      |
| = 电容                                        | $f$ = 频率                 |
| $C_{dep}$ = 单元面积耗尽层电容                       | $f_c$ = 取样频率             |
| $C_{dg}$ = 漏-栅电容                            | $f_{Nyquist}$ = 奈奎斯特频率   |
| $C_{dt}$ = 漏-源电容                            | $f(t)$ = 时间响应            |
| $C_{out}$ = 斗链器件输出电容                        | $f(\omega)$ = 频率响应       |
| $C_{ox}$ = 单位面积绝缘物电容                        | $FL$ = 固定混淆率             |
| $C_S$ = 输入二极管电容                             | $F_k$ = 付立叶系数            |
| $C_{A,dep}$ = 单位面积耗尽层增量电容                   | $F_K$ = 取样数据形式的付立叶分量     |
| $d$ = 绝缘物宽度                                 | $g$ = 电极间隙               |

$g_m$  = 场效应管跨导

$g_s$  = 处理增益

$G$  = 环路增益

$h_i$  = 抽头权重

$h_m$  = 分裂电极的线度  
= 抽头权重

$H(S)$ 、 $H(Z)$ 、 $H(\omega)$  = 转移函数

$i$  = 漏电极或集电极电流

$i_o$  =  $p$ - $n$ 结反向电流

$J_{gen}$  = 漏泄电流密度

$k$  = 玻尔兹曼常数

$K$  = 整数

= 环路增益

$K_i$  = 抽头权重

$l$  = 耗尽宽度

$l_1, l_2, l_b, l_{b,0}, l_{b,0,0}, l_{b,1}, l_c,$

$l_{c,0}, l_{c,0,0}, l_{CD}$

= 埋沟道耗尽宽度

$L$  = 电荷损失率

$L_i$  = 抽头权重

$m$  = 整数

$m^*$  = 电子有效质量

$M$  = 二维阵列的延迟列序号

= 横向滤波器的付立叶系数序号

=  $BB$ 中重复单元序号

$n$  = 电子密度

= 整数

$n_i$  = 本征电子密度

$n_0$  = 电子密度的边界值

$N$  = 延迟级序号

= 粒子数

$\langle N(O)^2 \rangle, \langle N(f)^2 \rangle$  = 数目的均方涨落

$N_A$  = 受主密度

$N_C$  = 导带态密度

$N_D$  = 施主密度

$N_S$  = 每存贮位的电荷数

$N_{SS}$  = 表面态密度

$P$  = 电荷比例数

= 空穴密度

= 整数

= 时钟相数

$p_0$  = 未耗尽空穴密度

$P$  = 任意电压幅度

= 二进制数

= 时钟功耗

$P_{SPS}$  = 串-并-串存贮器功耗

$q, q_s$  = 信号电荷

$q_B$  = 电极电荷

$q_{in}$  = 填与排的输入电荷

$Q$  = 斗链信号电荷

=  $Q$ 因子

$Q_{ds}$  = 漏源电容上的电荷差额

$Q_1, Q_2$  = 电荷差额

$Q_{s,f}$  = 转移结束时的电荷差额

$Q_{s,max}$  = 最大电荷差额

$Q_{s,0}$  = 初始电荷差额

$Q_{s,r}$  = 残留电荷差额

$r$  = 整数

= 空间座标

$R, R_i$  = 电阻

$R_r$  = 实部

$s$  = 复频率变量

$S_A, S_B, S_C$  = 输出信号

$S/N$  = 信噪比

$t$  = 时间

= 耗尽层长度增量

$T$  = 绝对温度

$T_1, T_2$  = 晶体管开关

$T_C$  = 时钟周期

$T_d$  = CTD的总延迟

$T_e$  = 斗链的射极跟随器晶体管

$T_i$  = 斗链的输入取样晶体管

$T_i$  = 自感应电荷转移的特征时间

$T_T$  = 电荷转移时间

$T_r$  = 电荷差额转移的特征时间

$u$  = 空间座标

$v$  = 平均热速度

$v_{th}$  = 均方根热速度

$V$  = 静电势

$V_{1,2}$  = 基-射或栅-源电压

$V_{1,3}$  = 集-射或漏-源电压

$V_A$  = 电压常数

$V_b$  = 基极电压

$V_{b1}, V_{b2}, V_{c1}, V_{c2}$  = 双极斗链的基极电压与集电极电压

$V_B$  = 偏置电压

$V_C$  = 时钟幅值

= 集电极电压

$V_{ds}$  = 漏-源电压

$V_{DC}$  = 直流偏压

$V_{FB}$  = 平带电压

$V_{gs}$  = 栅-源电压

$V_H$  = 势峰高度

$V_{in}$  = 输入电压

$V_I$  = 绝缘体中的静电势

$V_{ID}$  = 输入二极管电压

$V_{Imax}$  = 输入电压范围

$V_{G1}, V_{G2}$  = 输入栅电压

$V_m$  = 埋沟峰值电势

$V_n$  = 埋沟表面势

= 第  $n$  个输出电压

$V_{n+in}$  = 输入噪声电压

$V_{n+out}$  = 输出噪声电压

$V_O$  = 时钟幅度

$V_{out}, V_{out, m+1}, V_{out, m+2} =$  输出电压

$V_p$  = 半导体表面的埋沟电压

$V_R$  = 电容计量技术中的输入二极管箝位电压

$V_S$  = 界面势或表面势

$V_S, V_{S1}, V_{S2}, V(t)$  = 信号电压

$V_{S,0}$  = 无电荷时的表面势

$V_{S1}$  = 平衡表面势, 斗链信号

$V_{SH}$  = 电极间隙处的表面势

$V_t$  = 最大埋沟偏压

$V_T$  = 开启(阈值)电压

$V_{-r}$  = 存贮电荷上的压降

$V_W$  = 消除势峰的电压

$V_X$  = 斗链输出抽头点的电压

$w, w_G$  = 电极长度

$w$  = 空间座标

$w(n\tau)$  = 数据序列

$x$  = 垂直于界面的空间座标

$x(n\tau)$  = 数据序列



$X(Z)$ ,  $X_N(Z)$ ,  $X_S(Z) = Z$  变换

$y$  = 平行于界面的空间坐标

$y(n\tau)$  = 数据序列

$Z$  = 延迟算符

$\alpha$  = 衰减常数

$\beta$  = 双极晶体管的电流增益

$\beta(\omega)$  = 相位常数

$\gamma$ ,  $\gamma_0$  = MOS 场效应管的跨导常数

$\delta$  = 电荷转移比

$\Delta i$ ,  $\Delta i'$  = 混淆信号分量

$\Delta l_b$ ,  $\Delta l_c$  = 埋沟耗尽宽度的增量

$\Delta N_{tot}$  = 斗链的总转移噪声

$\langle \Delta N^2 \rangle$ ,  $\langle \Delta N_p^2 \rangle$  = 数目的均方涨落

$\Delta q$  = 存贮电荷增量

$\langle \Delta q^2 \rangle$  = 电荷的均方涨落

$\Delta q_0$  = 可转移的电荷增量

$\Delta q_r$  = 不完全电荷转移的增量

$\Delta q_G$ ,  $\Delta q_S$ ,  $\Delta q_{i,a}$ ,  $\Delta q_{i,b}$  = 浮栅上的  
电荷增量

$\Delta T$  = 输出脉冲长度

$\langle \Delta V^2 \rangle$  = 电压的均方涨落

$\Delta V_1$ ,  $\Delta V_2$ ,  $\Delta V_3$ ,  $\Delta V_B$ ,  $\Delta V_{BN}$ ,

$\Delta V_{FG}$  = 电极电压的增量

$\Delta V_m$  = 埋沟峰电势的增量

$\Delta V_{in}$  = 填与排工作方式的输入电压增  
量

$\Delta V_{out}$  = 填与排工作方式的输出电 压  
增量

$\Delta \rho_n$  = 单位面积存贮电荷的增量

$\epsilon$  = 残留电荷的比例数

$\epsilon(t)$  = 交流能量

$\epsilon_i$  = 绝缘体的相对介电常数

$\epsilon_0$  = 自由空间的介电常数 ( $8.85 \times 10^{-12} F \cdot m^{-1}$ )

$\epsilon_s$  = 半导体的相对介电常数

$\lambda$  = 匹配滤波器抽头座标  
= 平均自由程

$\lambda_n$ ,  $\lambda_{n0}$ ,  $\lambda_{ns}$  = 少数载流子电荷层厚度

$\mu$  = 载流子迁移率  
= 线性频率调制常数

$\mu_n$  = 电子迁移率

$\mu_p$  = 空穴迁移率

$\xi$  = 表面态能级

$\xi_C$  = 导带能量

$\rho$  = 单位面积电荷

$\rho_{d,p}$  = 单位面积的耗尽电荷

$\rho_F$  = 单位面积的固定电荷

$\rho_n$  = 单位面积的可动电荷

$\rho_{n,m}$  = 单位面积的平均可动电荷

$\rho_{n,m,c}$  = 单位面积的起初平均可动电  
荷

$\rho_{n0}$  = 单位面积的起初可动电荷

$\rho_{n,p}$  = 单位面积的峰值可动电荷

$\rho_{n,sat}$  = 单位面积的饱和可动电荷

$\rho_{sat}$  = 埋沟中的单位面积饱和电荷

$\rho_{-p}$  = 单位面积的可动电荷部分

$\sigma$  = 俘获截面  
= 复频率变量的实部

$\tau$  = 每级的延迟时间

= 转移周期

$\tau_b$  = 边缘场造成的电荷转移 时间常  
数

$\tau_C$  = 电荷转移时间

= 信号的时间范围

$\tau_{CD}$  = 碰撞之间的平均时间

$\tau_{Diff}$  = 扩散引起的电荷转移时间常数

$\tau_{empty}$  = 表面态释放的时间常数

$\tau_{fill}$  = 表面态填充的时间常数

$\tau_r$  = 复合时间常数

$\tau_R$  = 互斥引起的电荷转移时间常数

$\tau_S$  = 自感应漂移造成的时间常数

$\tau_T$  = 相干时间

$\tau_V, \tau_{Vf}, \tau_{VC}, \tau_{VS}$  = 电荷差额转移时间  
常数

$\phi$  = 时钟相

= 相位常数

$\omega$  = 角频率

$\omega_0$  = 截止频率

$\omega_1$  = 线性调频频率极限

$\omega_r$  = 谐振频率

# 目 录

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 前言                             | ( 5 )  |
| 符号表                            | ( 6 )  |
| <b>第一章 电荷转移器件 (CTD)</b>        | ( 1 )  |
| 1.1 引言                         | ( 1 )  |
| 1.2 电荷耦合器件 (CCD) 和斗链器件 (BB)    | ( 3 )  |
| 1.3 电荷转移器件 (CTD) 的频率滤波         | ( 6 )  |
| 1.4 CTD匹配滤波或图样识别               | ( 8 )  |
| 1.5 CCD摄像                      | ( 10 ) |
| 1.6 计算机存储器                     | ( 10 ) |
| 1.7 电荷转移缺陷                     | ( 11 ) |
| <b>第二章 电荷耦合器件</b>              | ( 13 ) |
| 2.1 引言                         | ( 13 ) |
| 2.2 金属-绝缘体-半导体 (MIS) 电容器中的电荷存贮 | ( 13 ) |
| 2.3 CCD电荷存贮                    | ( 21 ) |
| 2.4 开关过程 (电荷转移过程)              | ( 23 ) |
| 2.5 其它时钟系统                     | ( 26 ) |
| 2.6 埋沟内的电荷存贮                   | ( 31 ) |
| 2.7 表面沟道CCD中的存贮电荷效应与饱和效应       | ( 33 ) |
| 2.8 表面沟道电荷存贮的设计考虑              | ( 36 ) |
| 2.9 埋沟道CCD中的存贮电荷效应与饱和效应        | ( 37 ) |
| 2.10 埋沟电荷存贮的设计考虑               | ( 41 ) |
| 2.11 电极间隙表面势的变化——势峰            | ( 44 ) |
| 2.12 电荷转移速率                    | ( 47 ) |

|            |                   |                |
|------------|-------------------|----------------|
| 2.13       | 静态扩散效应            | ( 56 )         |
| 2.14       | CCD的电荷输入          | ( 59 )         |
| 2.15       | 光信号注入             | ( 61 )         |
| 2.16       | CCD的电荷输出          | ( 61 )         |
| <b>第三章</b> | <b>斗链器件原理</b>     | <b>( 63 )</b>  |
| 3.1        | 引言                | ( 63 )         |
| 3.2        | 电荷-差额的转移          | ( 63 )         |
| 3.3        | 抽样与保持输入电路         | ( 66 )         |
| 3.4        | 信号抽头、输出电路和信号重建    | ( 68 )         |
| 3.5        | 电荷放大器             | ( 70 )         |
| 3.6        | 多相时钟与封装密度的增加      | ( 72 )         |
| 3.7        | 电荷转移速率            | ( 73 )         |
| 3.8        | 四极结构              | ( 80 )         |
| <b>第四章</b> | <b>电荷转移缺陷</b>     | <b>( 83 )</b>  |
| 4.1        | 不完全电荷转移           | ( 83 )         |
| 4.2        | 表面态的影响            | ( 83 )         |
| 4.3        | 漏电流——附加电荷         | ( 86 )         |
| 4.4        | 电荷损失与衬底偏置         | ( 88 )         |
| 4.5        | 势峰与势谷             | ( 89 )         |
| 4.6        | 电荷混淆引起的信号畸变       | ( 92 )         |
| 4.7        | 串-并-串器件           | ( 103 )        |
| <b>第五章</b> | <b>CCD接口与噪声分析</b> | <b>( 104 )</b> |
| 5.1        | 引言                | ( 104 )        |
| 5.2        | 输入电路              | ( 104 )        |
| 5.3        | 输出电路              | ( 117 )        |
| 5.4        | 噪声分析              | ( 129 )        |
| 5.5        | 抽样数据误差:混淆与奈奎斯特频率  | ( 135 )        |
| 5.6        | 信号重建与抽样衰减         | ( 137 )        |
| <b>第六章</b> | <b>延迟线信号处理</b>    | <b>( 141 )</b> |

|            |                             |         |
|------------|-----------------------------|---------|
| 6.1        | 引言 .....                    | ( 141 ) |
| 6.2        | 横向滤波器的频率响应 .....            | ( 143 ) |
| 6.3        | 时域横向滤波器 .....               | ( 149 ) |
| 6.4        | 频域递归滤波器 .....               | ( 169 ) |
| 6.5        | 时域递归滤波器——视频积分器 .....        | ( 175 ) |
| 6.6        | 规范滤波器与Z变换 .....             | ( 177 ) |
| 6.7        | 横向滤波器与递归滤波器的误差 .....        | ( 182 ) |
| 6.8        | 多路复用 .....                  | ( 188 ) |
| <b>第七章</b> | <b>图象传感器件</b> .....         | ( 190 ) |
| 7.1        | 引言 .....                    | ( 190 ) |
| 7.2        | CCD线摄像阵列 .....              | ( 190 ) |
| 7.3        | CCD面摄像阵列 .....              | ( 200 ) |
| 7.4        | 电荷注入器件(CID)图象传感器 .....      | ( 203 ) |
| 7.5        | CCD与CID摄像阵列的比较 .....        | ( 206 ) |
| 7.6        | 红外CCD与CID器件 .....           | ( 206 ) |
| 7.7        | 电子束CCD与CID图象传感器 .....       | ( 209 ) |
| <b>第八章</b> | <b>CCD数字存贮器与逻辑功能块</b> ..... | ( 210 ) |
| 8.1        | CCD 存贮器.....                | ( 210 ) |
| 8.2        | 存贮器设计考虑 .....               | ( 214 ) |
| 8.3        | 逻辑应用 .....                  | ( 220 ) |
| 8.4        | CCD随机存取存贮器 .....            | ( 223 ) |
| <b>第九章</b> | <b>制作工艺概述</b> .....         | ( 228 ) |
| 9.1        | MOS工艺的几道工序 .....            | ( 228 ) |
| 9.2        | 铝栅器件 .....                  | ( 230 ) |
| 9.3        | 多晶硅栅工艺 .....                | ( 232 ) |
| 9.4        | 两相结构 .....                  | ( 233 ) |
| 9.5        | 埋沟道结构 .....                 | ( 234 ) |
| 参考资料.....  |                             | ( 235 ) |
| 索引.....    |                             | ( 240 ) |

# 第一章 电荷转移器件(CTD)

## 1.1 引言

人类一直不满足于感官与其所处环境直接作用的局限。所以人们总是想用视觉、听觉或其它方法去探测那些自由出现或对人们刺激产生反应而超越直觉的事件。这种好奇心导致了信号处理的诞生。为了能够对感官起作用,并能够识别事件的模式,必须把来自重要事件的信息变换一下。在电子工程和电气工程领域内,频域滤波已经扩大了感觉的范围。例如,用低通、高通或带通滤波器以及有关器件,可以把具有不希望有的频率的信号与有用的信号分开。

在不同的时刻检验信号,并识别或抑制其中一些瞬时图形,就可以在时域上建立起另一种分类的准则。为了进行比较,电器件必须在一定的时间里存贮或记忆信号。早期器件用的是能传播由有用信号所调制的波动的媒质,从而在从输入到输出这段有限的渡越时间内存储信号。同轴传输线和声延迟线就是这类器件的例子。另一种方法是按一定比例间断地对信号抽样,并将各样值隔离存贮,过一段时间再将它们恢复。这个过程的重复率,当然应当高于信号的频率。数字计算机的二进制存贮系统,可以实现这样的处理。

本书目的是要描述用于时域处理的另一类器件——电荷转移器件(*Charge Transfer Devices*),简称CTD。这些器件可以实现模拟信号的离散抽样数据的存贮,而信号的接收与还原之间,有一定的时延。这并不是说,CTD不能作数字运用。本书也将描述器件在这方面的应用。抽样的信号将由与之成比例的电荷量来载运。

图1.1是这种器件的工作方式简图。左面的开关在固定的时间间隔内将信号引进存贮器。在此时间间隔内,右面的开关是断开

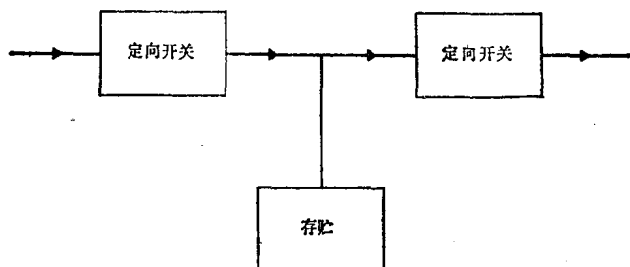


图 1.1 模拟抽样数据延迟线的各个单元

的。然后，左面的开关断开，于是，在随后的延迟时间里，两个开关都是断开的。以后，右面的开关闭合一段时间，将信号送入下一级。将一系列这类单元级联成梯形网络，这种网络可以使一连串的信号样值依次延迟，并在输入到输出之间保持其正确的顺序。为了避免相邻的信号样值在开关动作时相混，有必要用空的存贮单元来把它们隔开。

离散抽样优于前面提到的电磁波和声波连续延迟系统的地方是什么呢？答案在于它们灵活，并可以得到预期的延迟。电磁波的传播速度极快，无论是由于器件尺寸，还是由于信号衰减的原因，要得到超过 1 微秒的延迟是不切实际的（对于  $3 \times 10^8$  米/秒的速度，1 微秒相当于传播 300 米的距离）。声波在稳定的工程材料中，以  $10^3$  米/秒到  $10^4$  米/秒的速度传播，可以实现 100 微秒的延迟，力争一下也可获得 1 毫秒以上的延迟。两种波的速度都不容易改变，因此，可得到的延迟范围没有一点灵活的余地。抽样数据延迟线的优点在于：它能够提供某些信号处理系统所要求的较长的延迟；其次，用电子方法控制延迟时间，提供了不同装置之间的匹配和使用的灵活性。最后，它们有容易和传感器或复杂的信号通路互相联系的性能。这些优点在后面还会讲到。

传感器对于扩展视觉范围、识别空间图形也是很重要的。检测这种图形的信号处理器件，例如用作电视摄像机传感器的电荷耦合器件，在把图形变换为电信号的过程中，保持信息的正确顺序是很

容易做到的。而且，它还可以在摄像点有效地处理光信号。

本章下面几节的内容是概述电荷转移器件的原理和用途。后面几章将从器件设计、制造到系统应用等方面更详细地讨论各种特性。

## 1.2 电荷耦合器件 (CCD) 和斗链器件 (BB)

斗链 (Bucket Brigades——缩写BB) 的定向开关是一只双极晶体管或场效应晶体管，而存储电荷的是一只电容器  $C$ 。图1.2示出了采用场效应晶体管来实现这种功能的电路。一个电荷样值可以存放在由两个晶体管和两个电容构成的单元里，这样，在电荷转移过程中相邻电荷就不会粘连。相间的晶体管的栅极连在一起 (用双极晶体管时互连的是基极)。实质上，实现电荷转移过程的第一步是将图1.2中接到  $\phi_1$  的晶体管激励到导通状态，而接到  $\phi_2$  上的晶体管则处于截止状态。这样，电荷就从导通晶体管的源电容器转移到漏电容器。转移过程的另一半以同样的方式进行，这时连到  $\phi_2$  的晶体管导通，而连到  $\phi_1$  的晶体管截止。完成了这两步，每个模拟信号的样值就沿器件前进了整整一级，而后，循环重复这个过程。

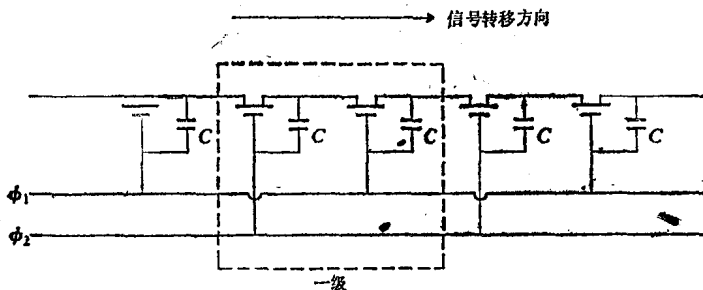


图 1.2 绝缘栅场效应晶体管斗链，虚线框表示传送一个抽样信号的一级



延迟时间仅由  $\phi_1$  和  $\phi_2$  的开关速度来控制。器件的总延迟时间等于通过器件的样值的数目与每一完全开关序列所需时间的乘积。

图1.2所示的电路仅仅是实现模拟抽样数据延迟的许多方法之一。然而，一个实用的电路必须与集成电路的工艺兼容。为了制造任何一个器件中可能需要的几百级电路，从经济效果考虑，这种兼容性是十分必要的。从这种观点出发，图1.2的电路布局是特别有用的。通常在电路设计上令人为难的漏—栅电容（或双极晶体管的集电极—基极电容）在这里正好可以用作存贮电容。如图1.3所示，

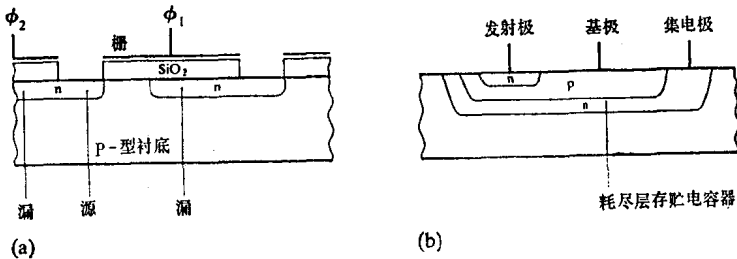


图 1.3 用集成电路实现晶体管开关和电荷存贮，  
(a)绝缘栅场效应晶体管斗链，(b)双极斗链

在绝缘栅场效应管作成的斗链中，让栅极及其绝缘氧化物与漏区交迭；而在双极晶体管的情况下，横向扩大基—集结的面积，以便用反向偏置的集电极—基极耗尽区作为存贮电容。除此以外，一个场效应管的漏扩散区正好是下一个场效应管的源扩散区。更深入地考察电荷在这种结构中的转移过程表明，为了得到满意的结果，就要求待传送的信号用实际转移电平与预置电平的差额表示。这些内容的详细讨论将留在第三章中进行。

信号进入斗链是受晶体管开关的选通作用控制的。输出信号通常从与斗链级联的源跟随器或射极跟随器引出。在第三章还要对这种常规的输出方式详加描述。事实上，从斗链器件上的任何一个存贮区都可以非破坏地输出信号，这样就可以对相继的不同时刻的信号样值进行同时比较。这属于抽头延迟线的功能。这种功能使斗链