

集成电路应用手册

〔美〕约翰·德·伦克 著

张梅岗 译 李育宁 校

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书从应用角度介绍集成电路的有关知识。首先讲述集成电路的基本原理和使用知识。然后分章介绍大量实际线性电路和数字集成电路,对各个电路的应用设计要领、外电路的选择调试方法、故障检查处理等进行了简明地分析和讨论;给出了主要技术指标及有关数据图表;指出了各种可能的应用。最后还介绍了一些测试集成电路的方法和技术资料。本书可供电信、电子学等方面的工人、技术人员、有关专业的师生以及其他可能应用集成电路的读者参阅。

集 成 电 路 应 用 手 册

[美]约翰·德·伦克著

张梅岗 译 李育宁 校

李华金 朱稼兴 审订

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: 787×1092 1/32 1981年5月 第 一 版

印张: 15 16/32 页数: 248 1981年5月河北第一次印刷

字数: 357 千字 印数: 1— 31,500 册

统一书号: 15045·总2398—无6102

定 价: 1.25 元

序 言

从本书的书名可以知道，这本手册是为集成电路(IC)的使用者，而不是为集成电路的设计者编写的。因此，本书是以现有的市售集成电路为基础来解决应用和设计问题。典型的使用者包括需要应用集成电路设计电子设备和系统的设计人员以及维护集成电路设备的技术人员。此外，试验员和业余爱好者也能很好地利用本书所述的使用集成电路的方法。

关于集成电路，有两种很普通而未必确切的概念。一种是认为集成电路设计的基本方法是给厂家说明某一具体电路的设计参数和要求，然后让厂家去生产能满足这些精确要求的电路。虽然这种办法对于某些专用性强的电路，特别对于不考虑成本因素的场合（如政府投资的航空工业）是满意的。但是，这种方法一般说来是不合算的，并且通常是不必要的。另一种是认为现有的市售集成电路在应用上常常受到限制，这样的集成电路只是为一两种用途而设计的。

事实上，除某些很特殊的电路外，有许多商用集成电路是能够满足大多数电路要求的。而且，各个厂家正在研制新的集成电路组件。同样，虽然大多数现用的集成电路是为一定的专门用途而制造的，可是，实际上这些集成电路并不是只局限于这些专门用途。

因此，本手册介绍的内容具有双重目的：

(1)使读者了解各种集成电路，以便能够选择市售集成电路器件，来满足他们的具体电路的技术要求；

(2)告诉读者各种现有集成电路在制造厂数据图表中未提及的许多其他用途。

编写本手册时，假定读者已经熟悉电子学基础，其中包括固体电子学，而对集成电路知之甚少，或者一无所知。因此，第一章介绍了集成电路的基本知识，所涉及的内容有：用什么样的技术制造集成电路以及为什么采用这些技术；集成电路与分立元件电路的比较；市售集成电路的某些基本设计依据及其基本外形结构和电路形式。

从这些基础入手，第二章讨论了集成电路的一些实际问题。无论使用什么集成电路，都一定要进行组装（在设计用的试验板上或者以产品形式组装），引线要焊接和解焊，要加电源，可能还需要散热片等。本章对这些问题进行了详细讨论。

读者将会发现，有两种基本类型的集成电路，即线性集成电路和数字集成电路。第三章到第五章讨论线性集成电路；第六章讨论数字集成电路。本书相当着重于解释厂家的数据表。例如，在第三章，一个特性一个特性地分析了典型的集成电路的数据表。

试验员常常必须使用没有完整数据的集成电路。在这种情况下，就需要在模拟工作条件下测试集成电路。因此，第七章介绍了测试集成电路的详细技术资料和数据。

任何集成电路，都能利用某些近似的方法或者经验方法来选择外接元件。可以用一些基本公式表示这些方法，只需通过简单算术运算就能得到结果。本书从经验方法着手，以调试值为基础来选择集成电路在规定的目的和给定的条件下应用的外部元件。本手册的着重点在于介绍应用集成电路的简单而实用的方法，而不在于对集成电路的分析；因此，有关集成电路的理论尽量少讲。

集成电路用的外部元件取决于集成电路的特性、所用的电源、需要的性能（电压的放大量，稳定性等）以及现存的电路条件（输入/输出阻抗，输入信号幅度等）。读者能从厂家的数据表中找到集成电路的特性参数。根据对集成电路特性的合理要求，就可以决定出整个电路的特性。最后的电路常常是在所需性能和可以利用的特性之间进行许多折衷的产物。本手册将从简单而实用的观点来讨论这个折衷问题。

因为这本书并不需读者有高等数学和理论知识，所以它是集成电路应用者的理想读物。另一方面，对于以电路分析为基本教程而急需进行实际设计的学校而言，也是很适用的。

约翰·德·伦克

目 录

1. 集成电路导论	(1)
1-1 集成电路的封装.....	(1)
1-2 集成电路的内部结构.....	(3)
1-3 分立元件和集成电路的差别.....	(6)
1-4 集成电路的电源.....	(10)
1-5 集成电路的温度问题.....	(10)
1-6 基本的集成电路类型.....	(11)
1-7 基本的线性集成电路.....	(14)
1-8 基本的数字集成电路.....	(20)
2. 集成电路的实用考虑	(35)
2-1 集成电路封装形式的选择.....	(36)
2-2 集成电路的安装和连接.....	(37)
2-3 集成电路的装配工艺.....	(45)
2-4 集成电路的应用设计.....	(56)
2-5 集成电路的功耗.....	(61)
2-6 极端温度对集成电路的影响.....	(69)
2-7 集成电路的电源.....	(71)
3. 基本的集成运算放大器	(81)
3-1 典型的集成运算放大器.....	(81)
3-2 频率响应和增益的设计考虑.....	(84)
3-3 集成电路数据表说明.....	(94)
3-4 典型的集成运算放大器的电路设计.....	(108)

4. 集成运算放大器的应用	(114)
4-1 运算放大器构成的加法放大器 (加法器) ...	(115)
4-2 运算放大器构成的比例放大器 (加权加法器)	(117)
4-3 运算放大器构成的差动放大器 (减法器) ...	(119)
4-4 运算放大器构成的单位增益放大器 (电压跟随器或信号源跟随器)	(122)
4-5 运算放大器构成的高输入阻抗的放大器.....	(123)
4-6 运算放大器构成的具有快速响应 (良好转换速率) 的单位增益放大器.....	(125)
4-7 运算放大器构成的窄通带放大器.....	(127)
4-8 运算放大器构成的宽通带放大器.....	(129)
4-9 运算放大器构成的积分放大器.....	(131)
4-10 运算放大器构成的微分放大器.....	(133)
4-11 运算放大器构成的电压—电流转换器.....	(134)
4-12 运算放大器构成的电压—电压转换器 (电压增益放大器)	(137)
4-13 运算放大器构成的低频正弦波发生器.....	(138)
4-14 运算放大器构成的并联 T 形滤波器.....	(140)
4-15 运算放大器构成的单稳态触发器.....	(142)
4-16 运算放大器构成的比较器.....	(149)
4-17 运算放大器构成的对数放大器和反对数放大器.....	(154)
4-18 运算放大器构成的高阻抗桥式放大器.....	(159)
4-19 差动输入和差动输出的运算放大器.....	(161)
4-20 运算放大器构成的包络线检测器.....	(163)
4-21 可抑制零点偏移的运算放大器.....	(167)

4-22	运算放大器构成的三角函数发生器.....	(170)
4-23	运算放大器构成的跟踪和保持放大器.....	(173)
4-24	集成运算放大器构成的峰值检测器.....	(175)
4-25	集成运算放大器构成的温度检测器.....	(176)
4-26	运算放大器构成的电压调整器.....	(178)
5.	线性集成电路.....	(197)
5-1	集成双差动比较器.....	(197)
5-2	集成差动放大器.....	(212)
5-3	集成电路视频、中频和射频放大器.....	(215)
5-4	集成音频放大器.....	(258)
5-5	集成电路调频系统.....	(270)
5-6	集成直接耦合(直流)放大器.....	(288)
5-7	集成电压调整器(即稳压器).....	(294)
5-8	集成平衡调制器.....	(308)
5-9	集成二极管矩阵.....	(316)
5-10	集成晶体管矩阵.....	(319)
5-11	集成达林顿矩阵.....	(322)
6.	数字集成电路.....	(324)
6-1	数字集成电路的选择.....	(324)
6-2	解释数字集成电路数据表.....	(329)
6-3	电阻-晶体管逻辑(RTL).....	(334)
6-4	二极管-晶体管逻辑(DTL).....	(343)
6-5	晶体管-晶体管逻辑(TTL).....	(349)
6-6	高阈值逻辑(HTL).....	(361)
6-7	发射极耦合逻辑电路(ECL).....	(371)
6-8	金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)	
	数字集成电路.....	(386)

6-9	接口问题小结.....	(403)
7.	集成电路的测试.....	(408)
7-1	集成运算放大器的测试.....	(409)
7-2	集成运算放大器的测试设备.....	(429)
7-3	集成数字逻辑元件的测试.....	(439)
7-4	高速集成逻辑元件的测试.....	(457)
7-5	集成电路的故障检查.....	(481)

1. 集成电路导论

典型的集成电路 (IC) 是由在半导体材料上腐蚀成的晶体管、电阻和二极管所组成的。这种半导体材料通常是硅，最后以“芯片”的形式出售或者应用。因为全部元件都制作在同一块硅片上，所以集成电路的结构形式称为“单片”。各种元件都互相连接起来（采用类似于印刷电路的工艺）以完成一定的功能，或执行一定的操作。因此，集成电路的概念是指完整的电路或几乎完整的电路，而不只是一组相关的半导体器件。

为了使集成电路组件成为能工作的器件，必须把它与电源、输入和输出连接。在大多数情况下，输出还必须连接外接元件，如电容和电感，这是因为很难把这些比较大的元件制作在很小的半导体芯片上。

1—1 集成电路的封装

从理论上讲，集成电路半导体芯片应能直接与电源及输入等连接。可是由于芯片尺寸太小而行不通。集成电路芯片几乎都是很小的。因此要把芯片封装在适当的外壳里，然后外电路与外壳上的引线连接，而不直接与芯片连接。

集成电路的封装有三种基本的形式：晶体管式封装、扁平封装和双列直插式封装。这三种封装形式的典型例子如图 1-1 所示。

在晶体管式封装中，芯片被封装在晶体管壳内，如T0-5

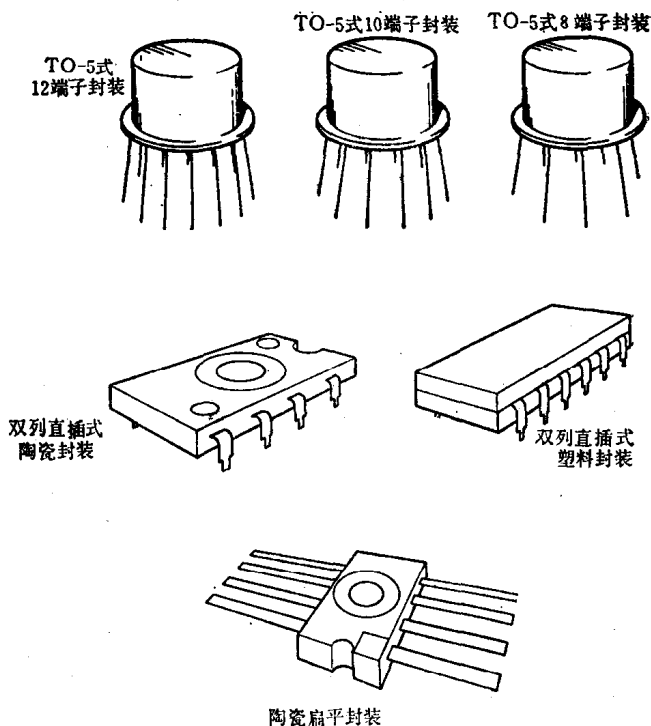


图 1—1 典型的集成电路封装形式

管壳。但不是象普通晶体管壳那样只有三条引线（发射极，集电极和基极），而是有 8、10、12 条或更多的引线，以便适应整个电路中各种电源和输入/输出连接的需要。

在扁平封装中，芯片封装在长方形外壳内，引线从外壳的两边和端头引出。

在双列直插式封装（DIP）中，芯片也封装在长方形外壳内，但其外壳比扁平封装的外壳长。一般说来，双列直插式封装在许多应用情况下已代替了扁平封装。

虽然集成电路端子的连接方法有某些标准化的趋势，但

是，各集成电路制造厂仍然有自己的体制。所以，当与外电路连接时，有必要查阅具体的集成电路数据表。

1—2 集成电路的内部结构

制造集成电路半导体芯片有许多方法，并且不断出现新的方法。因为方法多，并且我们主要关心的是如何应用现有的集成电路器件，所以，这里将不去讨论所有的方法，而只介绍一种类似于硅平面晶体管制造方法的流行工艺。

如图 1-2 所示，平面晶体管的衬底材料是均匀的 N 型单晶硅（ P 型硅也能做衬底材料）。

平面晶体管的集电极是由 N 型硅衬底形成的， N 型硅衬底的上面覆盖一层氧化层（即钝化）。从氧化层腐蚀出一个环形槽，然后采用精确的时间和温度控制的扩

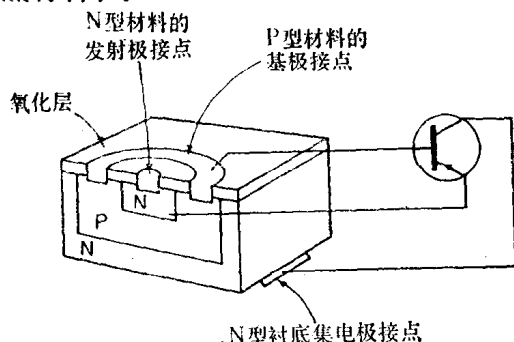


图 1—2 基本的平面晶体管

散工艺，使环形槽内形成 P 型硅，这样， P 型材料就形成了晶体管的基极；在中心腐蚀成另一个圆形区，用扩散方法形成 N 型硅成为晶体管的发射极。这就是 NPN 晶体管。然后，将金属化接点附着在这三个电极上。氧化层可以防止金属化接点间的短路，防止射-基极和集-基极受污染。

单个晶体管如图 1-2 所示，采用基本上相同的工艺可以在单晶硅衬底上制造许多电隔离的晶体管。第一步是向衬底上扩

散两个（或更多）相同的晶体材料区，衬底所用的材料与扩散用的材料不同，如图1—3所示。图中在 P 型硅衬底上扩散了两个 N 型区。如果不再进一步加工，就形成了两只共阳极，而阴极绝缘的二极管。若再扩散 N 型和 P 型区，就形成了晶体管，如图1—4所示。然后用绝缘的氧化层覆盖硅衬底，接着，按需要选择地在氧化层上开窗腐蚀，以便制作金属接点以及各元件（以及各晶体管）之间的接线。按图1—5那样安排接点，于是两个分开的、在电气上互相绝缘的 NPN 晶体管就在一块 P 型衬底形成了。

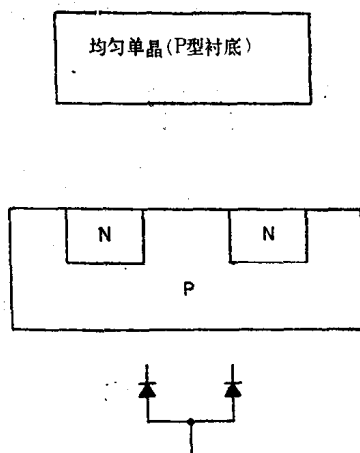


图 1—3 在 P 型衬底扩散 N 型区，制作两只共阳极而阴极绝缘的二极管

当集成电路中需要电阻时，不需扩散 N 型发射极，而是在晶体管基极扩散时，所形成的 P 型区上制作两个接触点，如图1—6所示。图中一只 NPN 晶体管和一只连接到晶体管发射极的电阻一起集成在 P 型衬底上。

当集成电路中需要电容时，可用氧化膜本身作为电解质，如图1—7所示。图中，一只 NPN 晶体管和接于发射极的电容一起集成在 P 型衬底上。

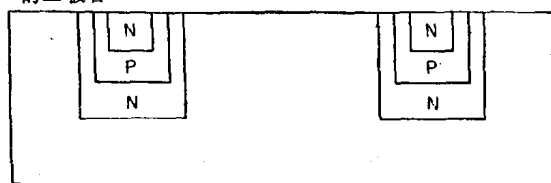


图 1—4 用 P 型和 N 型材料向 P 型衬底扩散，以形成两只晶体管

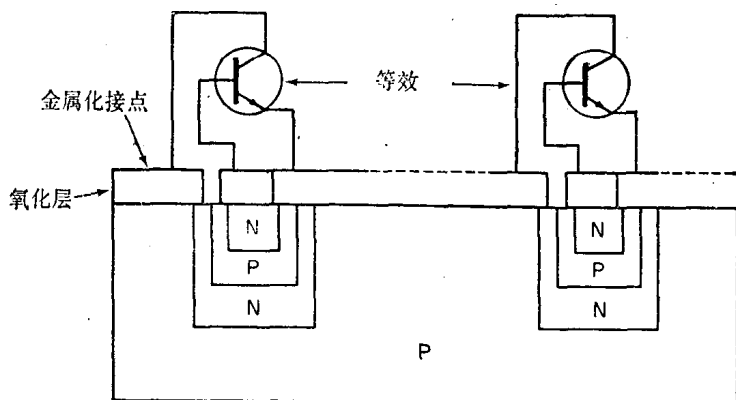


图 1-5 在半导体芯片上形成的晶体管上附加金属电极

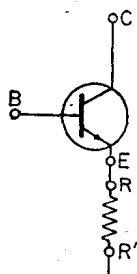
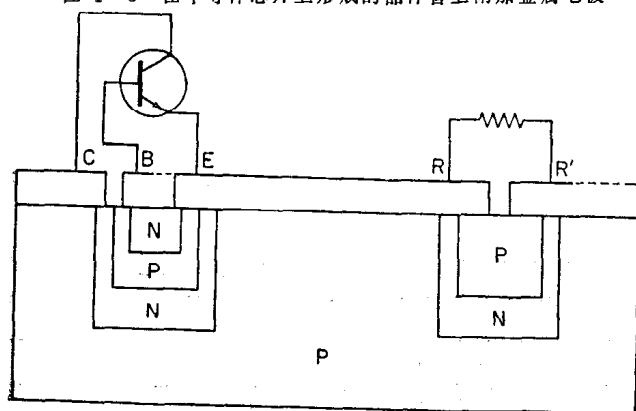


图 1-6 为形成集成晶体管和电阻在P型区上触点的连接

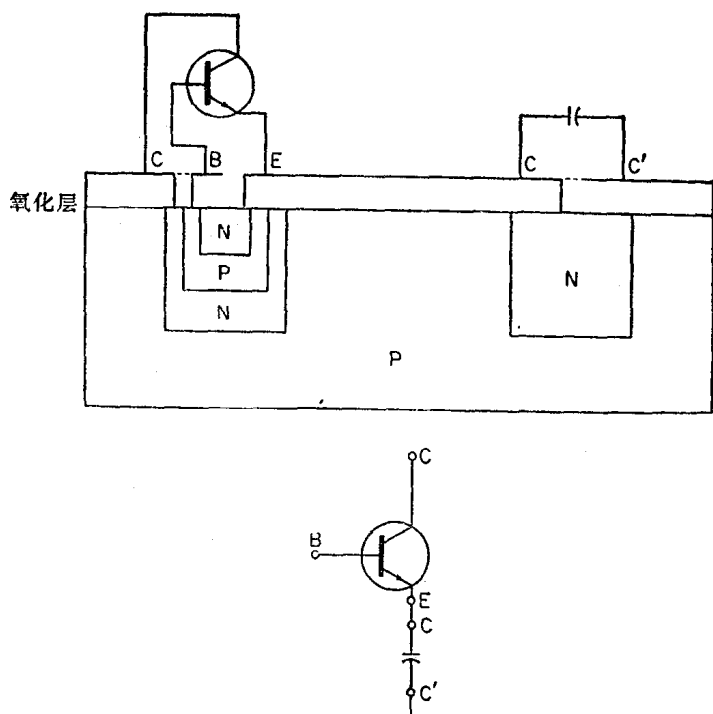


图 1—7 用氧化膜作电介质，形成集成的电容器

图 1-8 示出了硅单片上含有三种不同的元件的最简单的集成电路。在单片上集成几十个元件是普通的事情。典型的半导体集成电路片的物理结构如图 1-9 所示。这是一个完整的电压调节器电路，大约包含 24 只晶体管，18 只电阻和 10 只二极管。

1—3 分立元件和集成电路的差别

虽然集成电路所采用的基本电路与分立晶体管电路是相同的，但是也有某些差别。例如，在集成电路上找不到电感（线圈）。在包含晶体管和电阻的单片上制造实用的电感是不可能

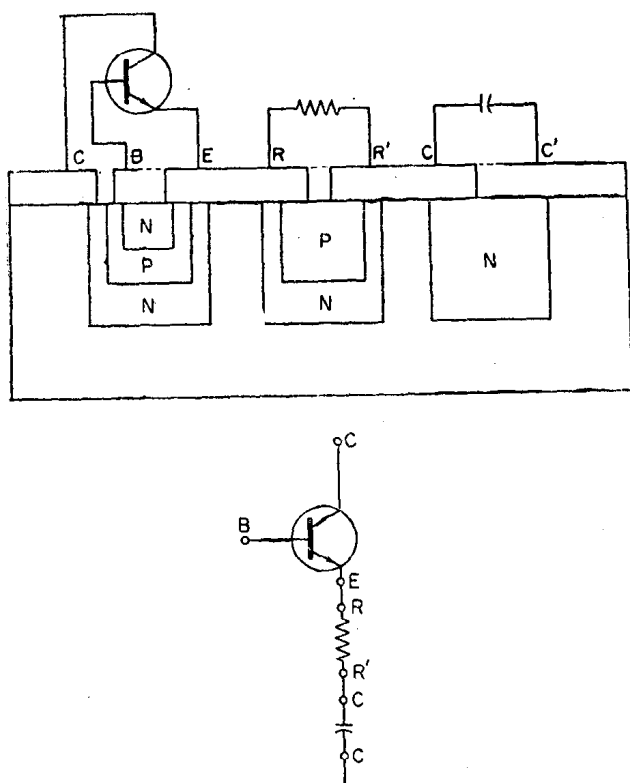


图 1—8 单片上集成三种基本元件的简单集成电路

的。同样,在集成电路上制造大电容(约 $100pF$)也是不可能的。当电路需要大电容或任何形式的电感时,必须外接这些元件。

为了避免使用电容器,集成电路常常采用直接耦合的方式。图1-10示出了怎样利用 Q_3 取代 Q_1-Q_2 和 Q_4-Q_5 之间的耦合电容的方法。由于省去了耦合电容,扩展了电路的频带。

集成电路中所需要的电阻也常常用晶体管来代替。这样的晶体管通常是场效应晶体管(FET)。这是因为基本的场效应晶体管的特性与电阻有某些类似。图1-11表示 FET 是怎样代

替集成电路中的电阻的。在图1-11所示的电路中，场效应晶体管的栅极接到电源的一极上，采用这种结构的场效应晶体管所占的面积比相应的电阻所占的面积小，而提供的功耗能力却大得多。此外也能把集成的晶体管接成二极管的形式。

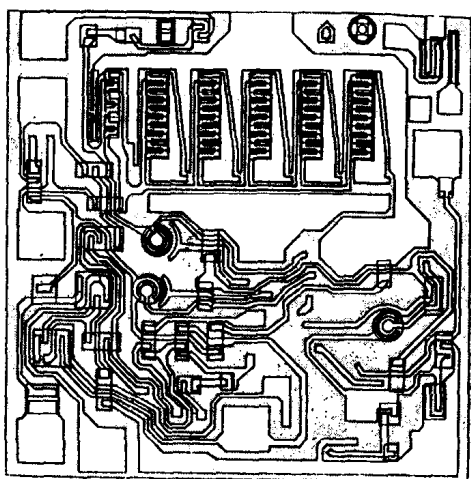


图 1—9 典型半导体集成电路片的物理结构

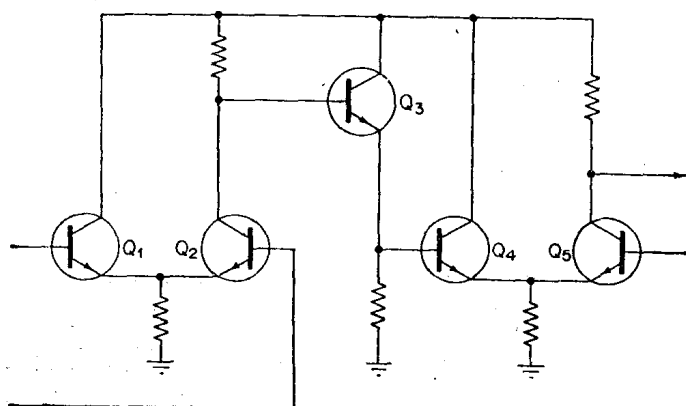


图 1—10 用晶体管 Q_3 代替耦合电容的典型集成电路

从本质上看，集成晶体管与分立晶体管是相同的（晶体管结和衬底间所产生的附加电容除外），但是集成的电阻与分立的电阻则大不相同。分立的电阻通常做成标准形式，改变材料的电阻率可获得不同的电阻值。集成电路中材料的电阻率不能