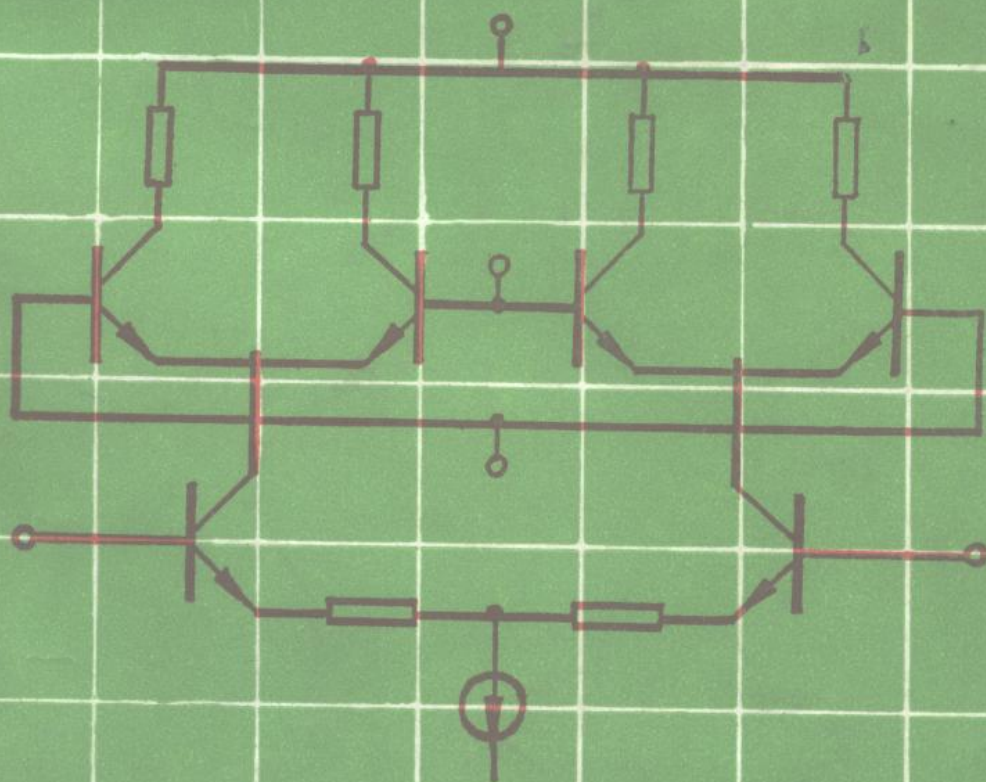


彩色电视 集成电路接收机 原理

许志祥 编著

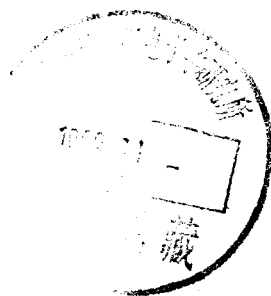


国防工业出版社

73.75
538

彩色电视 集成电路接收机原理

许志祥 编著



国防工业出版社

8810707

内 容 简 介

本书主要讨论彩色电视集成电路接收机的原理。第一章简要介绍了集成电路的性能特点；第二、三章对模拟集成电路的基本单元电路如差分放大器、运算放大器、模拟乘法器等作了详细分析。第四章开始分别对彩色电视机中的图象中频系统、伴音系统、行场扫描系统、彩色解码系统等集成电路工作原理分章加以叙述，并结合国内和国外集成电路产品举例说明。

本书可供从事电视生产、维修、研制的工人、技术人员和大专院校师生阅读，也可作为电视爱好者的参考书。

彩色电视集成电路接收机原理

许志祥 编著

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

冶 林 印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张16¹/₈ 371千字

1982年12月第一版 1988年6月第二次印刷 印数：48,001—69,000册

ISBN7-118-00301-8/TN58 定价：4.25元

序 言

随着科学技术的不断发展,中、大规模集成电路工艺的日趋成熟,集成电路已开始广泛的应用在彩色电视接收机中。这对电视机的高性能、多功能及高可靠性开辟了一条新的途径。现在除了行输出等大功率级外,彩色电视机的图象中频系统、伴音系统、行场扫描系统及彩色解码系统都已实现了集成电路化。

本书主要讨论集成电路接收机的原理和特点。和分立元件电视机相同的原理本书不多作介绍,读者可参阅有关书籍。虽然集成电路种类繁多,但仔细分析一下集成电路的内部电路,不外是由一些基本单元电路组成的。本书第一章对彩色电视集成电路的概况及集成电路的工艺结构作了简单的介绍。第二、三章阐述了模拟集成电路中基本单元电路的工作原理,其中对差分放大器、运算放大器及双差分模拟乘法器等作了详细的分析。从第四章开始对彩色电视接收机中的图象中频系统、伴音系统、行场扫描系统及彩色解码系统等集成电路的工作原理分章加以叙述,并结合国内和国外生产的集成电路产品举例说明。

本书初稿曾在上海市电子学会举办的“彩色电视进修班”上多次讲授。本书承清华大学刘耀琪等同志进行了详细审阅,并提出了许多宝贵意见。上海工业大学杨一依、上海科技大学梁肇荣及其他一些同志也给予了热情的支持与帮助,在此表示感谢!

由于作者水平有限,书中定会有许多缺点和错误,希望读者提出意见,批评指正。

上海科技大学

许志祥

目 录

第一章 概 论

§ 1.1 引言	1
§ 1.2 半导体集成电路中的元件结构及制造工艺	2
一、半导体集成电路中的元件结构	2
二、半导体集成电路的工艺过程	5
三、模拟集成电路设计的一般原则	6
§ 1.3 彩色电视接收机的集成电路化	7

第二章 电视机模拟集成电路中的基本单元电路

§ 2.1 集成电路中的恒流源	13
一、基本型恒流源——镜像恒流源	13
二、恒流源电流 I_0 不等于基准电流 I_r 时的恒流源电路	14
三、小电流恒流源	15
四、改进型恒流源	16
五、多电流恒流源	17
§ 2.2 集成电路中的恒压源	18
一、射极跟随器输出形式的恒压源电路	18
二、反馈型恒压源电路	20
三、并联型恒压源电路	21
§ 2.3 差分放大器的基本工作原理	22
一、差模输入时的差分放大器	22
二、共模输入时的差分放大器	24
三、单端输入时的差分放大器	25
§ 2.4 差分放大器的传输特性	26
§ 2.5 差分放大器的各种变型电路	29
一、带有射极负反馈的差分放大器	29
二、提高差分放大器输入阻抗的电路	30
三、差分放大器的有源负载及双端变单端输出电路	31
§ 2.6 直流电平位移电路	32
一、发射极跟随器直流电平位移电路	32
二、电阻分压电平位移电路	32
三、恒压源直流电平位移电路	33
四、恒流源直流电平位移电路	33
五、采用 NPN 和 PNP 晶体管依次级联进行电平位移的电路	34
§ 2.7 输出级电路	35
一、射极跟随器输出级	35
二、推挽输出电路	35
三、互补推挽输出级	36

第三章 电视机模拟集成电路中的运算放大器和模拟乘法器

§ 3.1 集成运算放大器概述	38
-----------------------	----

一、运算放大器的基本结构	38
二、集成运算放大器在电视机模拟集成电路中的应用	38
§ 3.2 负反馈的运算放大器及其应用	39
一、反相负反馈运算放大器	39
二、同相负反馈运算放大器	42
§ 3.3 正反馈的运算放大器	44
一、施密特双稳态触发器	44
二、单稳态触发器	45
三、自激多谐振荡器	46
§ 3.4 模拟乘法器的基本原理	47
一、差分模拟乘法器及其缺点	47
二、双差分模拟乘法器	48
三、双差分模拟乘法器输出电压的一般表示式	50
§ 3.5 双差分电路在电视机模拟集成电路中的应用	51
一、双差分电路的同步解调特性	51
二、双差分电路的鉴相特性	52
三、双差分电路的混频特性	55
四、双差分电路的增益控制特性	56

第四章 电视机图象中频系统集成电路

§ 4.1 概述	59
一、图象中频系统通频带和选择性的要求	59
二、图象中频系统灵敏度和自动增益控制特性的要求	60
三、集成电路图象中频系统的组成	62
§ 4.2 声表面波 (SAW) 电视中频滤波器及其应用	63
一、概述	63
二、均匀重叠叉指换能器及其带通特性	64
三、指长重叠加权的叉指换能器	66
四、SAW电视中频滤波器设计中的几个问题	67
§ 4.3 集成图象中频放大器电路及其增益控制特性	68
一、分流式AGC共射-共基中放电路	68
二、改变差分放大器工作电流进行增益控制的差分中放电路	70
三、发射极负反馈增益控制(减生型)的差分中放电路	71
四、串接放大AGC中放电路	73
§ 4.4 图象中频系统集成中的视频检波器	74
一、分立元件二极管视频检波器的缺点	74
二、射极跟随器 (EF) 视频检波器	75
三、双差分低电平视频同步检波器 (LLD)	75
§ 4.5 集成预视放和噪声抑制电路	79
一、集成预视放电路	79
二、集成噪声抑制电路	80
§ 4.6 集成自动增益控制AGC电路	81
一、AGC检波电路	81
二、中放(IF)AGC放大和高放(RF)AGC放大电路	83
§ 4.7 集成自动频率微调电路 (AFT 电路)	85
一、AFT电路在电视机中的作用	85
二、双差分正交鉴频器AFT电路——TA7607P及TA7611P集成中的AFT电路	87

三、相位鉴频器AFT电路——5G36中的AFT电路	88
§ 4.8 单片中规模图象中频系统集成电路	89
一、单片图象中频系统集成电路TA7607P及TA7611P介绍	89
二、单片图象中频系统HA11215集成电路介绍	90
§ 4.9 黑白电视图象中频系统集成电路HA1144及HA1167介绍	92
一、图象中放集成电路HA1144的工作原理	92
二、图象中放及视频检波集成电路HA1167的工作原理	94
三、12D4电视机图象中频系统的通频带特性	96
§ 4.10 5G300系列图象中频系统集成电路——5G313、5G39A	97

第五章 电视机伴音系统集成电路

§ 5.1 概述	99
§ 5.2 双差分正交鉴频器(又称符合门检波器)集成电路——5G32介绍	100
一、伴音中频限幅放大器	101
二、双差分正交鉴频器	101
§ 5.3 差分峰值鉴频器集成电路——TA7176AP介绍	106
一、差分峰值鉴频器的工作原理	106
二、TA7176AP伴音系统集成电路介绍	107
三、由TA7176AP构成的实际伴音系统电路介绍	111
§ 5.4 集成音频功率放大器——5G31、5G37介绍	112
一、音频功率放大器的基本结构	112
二、差分前置输入级的集成音频功率放大器5G31	114
三、共射前置输入级集成音频功率放大器5G37	116
§ 5.5 比例鉴频器集成电路——KC583C介绍	118
§ 5.6 电视多重伴音系统集成电路	119
一、多重伴音信号及其制式	119
二、多重电视伴音信号发送和接收方框图	121
三、接收机FM-FM制多重伴音信号处理集成电路	123

第六章 电视机行场扫描系统集成电路

§ 6.1 概述	127
§ 6.2 行场振荡集成电路	129
一、恒流源充放电的集成振荡器电路	129
二、RC充放电的集成振荡器电路	131
§ 6.3 行AFC鉴相器集成电路	134
§ 6.4 单片行扫描集成电路——HA1166Z介绍	136
一、行振荡电路	138
二、行AFC鉴相器	138
三、行脉冲整形及行激励级	139
四、12D4电视机中的行扫描电路	139
§ 6.5 集成场输出电路	140
一、OTL场输出集成电路的基本工作原理	141
二、场输出级效率的提高	144
三、分立元件双电源OTL场输出电路	145
四、集成双电源OTL场输出电路	147
§ 6.6 单片场扫描集成电路——KC581C介绍	148

§ 6.7 单片行场扫描集成电路——TA7609P介绍	150
一、同步分离电路	150
二、行振荡电路和双稳态触发器	153
三、行AFC鉴相器电路	155
四、行预激励及X射线防护电路	156
五、场振荡和场同步电路	157
六、场锯齿波形成及场预激励电路	159

第七章 集成电路彩色信号解码系统

§ 7.1 彩色电视信号	160
一、相加混色——三基色原理	160
二、亮度信号和色差信号	160
三、NTSC制彩色全电视信号	161
四、PAL制彩色全电视信号	164
§ 7.2 集成PAL彩色信号解码系统概述	165
一、PAL彩色信号解码系统方框图	165
二、PAL彩色信号解码系统的集成电路方案	167
§ 7.3 集成色度信号预处理电路	168
一、色度信号的预处理电路功能	168
二、集成色度信号预处理电路	169
三、集成电路中的ACC检波	173
§ 7.4 梳状滤波器	174
一、梳状滤波器的作用及要求	174
二、超声延迟线	178
三、梳状滤波器的频率特性	179
四、相延迟和群延迟的误差引入的失真	181
五、梳状滤波器电路	181
§ 7.5 集成色度信号同步解调电路	182
一、色度信号同步解调方案	182
二、双差分色度信号同步解调器电路	185
三、TA7193P中的同步解调器	186
四、利用单片NTSC色度解码集成的PAL色度信号三轴同步解调器集成电路	188
§ 7.6 集成压控晶体振荡器电路	190
一、概述	190
二、集成并联型的压控晶体振荡器	192
三、集成串联型的压控晶体振荡器	192
§ 7.7 集成APC鉴相器电路	199
一、双差分APC鉴相器	199
二、TA7193P中的双差分APC鉴相器电路	201
三、差分APC鉴相器电路	202
四、APC锁相环路的正确锁相关系	203
§ 7.8 PAL识别与PAL开关电路	204
一、PAL色度信号($\pm F_V$)的解调特点	204
二、PAL识别检波	205
三、PAL消色检波	206
四、TA7193P中的PAL识别、消色检波及PAL开关电路	207
§ 7.9 亮度信号处理集成电路	209
一、概述	209

二、亮度放大器和直流对比度控制电路	210
三、自动清晰度控制 (ARC) 及轮廓补偿电路	212
四、直流分量恢复和辉度控制电路	213
§ 7.10 中规模集成TA7193P组成的彩色信号解码系统	216
一、TA7193P的内部电路	216
二、由TA7193P组成的PAL色度信号解码器	217
三、亮度信号处理分立元件电路介绍	219
§ 7.11 R、G、B矩阵及视放输出级	220

第八章 电视机电子选台

§ 8.1 一般概念	223
§ 8.2 触摸式电子选台集成电路——5G673介绍	224
一、5G673内部线路及其工作原理	224
二、触摸式电子选台电路介绍	225
参考资料	228
附图一、B31-2 型集成电路电视接收机电原理图	229
附图二、日立 CEP-320D/CTP-236 D电视机电路图	230
附图三、东芝 X-53底盘电路图	231
附图四、C37-401 金星集成电路/晶体管彩色电视接收机电原理图	232
附图五、图4.37 TA7607P 图象中频系统集成内部电路图	233
附图六、图7.72 TA7193P 内部电路图	234

第一章 概 论

§ 1.1 引 言

随着科学技术的不断发展,新的电子元器件的不断出现,电视接收机的电路形式、工艺结构、性能指标也在不断的提高和改进。人们把电子管称为第一代电子器件,而后出现的晶体管称为第二代电子器件。晶体管由于其体积小、重量轻、功耗小、寿命长、工作可靠性高等一系列优点,逐步取代了电子管,成为电视接收机中的主要有源器件。但随着电子计算机的广泛应用,宇宙航行的迅速发展,对设备的微型化和高可靠性提出了更高的要求。开始人们只着眼于各种元器件的小型化及高密度组装,但还没有脱离分立元件电路的范畴。1960年前后,半导体平面工艺的迅速改进,人们掌握了外延生长技术、光刻技术、氧化物掩蔽扩散技术等先进工艺。有可能将晶体管、二极管、电阻、电容等元件及电路连接线用平面工艺集中制造在一块单晶硅片上,这就是人们称为第三代电子器件的集成电路。集成电路的出现,不但使电子设备的微型化成为现实,并且由于用蒸发淀积在基片上的铝层光刻的连线代替了分立元件间的连接线,使得电子设备中容易发生故障的各种连接线和焊点大大减少了。因此集成电路不但重量轻、体积小,而且可靠性高,寿命长,工作速度也大大提高了。集成电路的出现,迅速应用到各个科学领域中去。六十年代中期开始,集成电路也很快在电视机中采用。这为电视机的高性能、多功能及高可靠性开辟了一条新的途径。十多年来,从黑白电视机到彩色电视机,从小规模集成到中、大规模集成,发展异常迅速。现在除了行输出、电源调整等大功率器件外,彩色电视机的图象中频系统、伴音系统、行场扫描及彩色解码系统都已实现了集成电路化。七十年代初出现的微处理机(大规模集成电路)这一新型的器件使彩色电视机增加了新的功能。灵活的电子选台,红外线、超声波的多功能遥控,可按用户需要预先编制节目程序等等,使彩色电视机出现了全新的面貌。

集成电路按结构和工艺的不同可分为半导体集成电路,薄膜、厚膜集成电路及混合集成电路三种。电视机内所用的集成电路绝大部分都是半导体集成电路。它是利用平面工艺,在一块半导体单晶上制作晶体管、阻容元件,并用特殊的结构使它们在电性能上相互隔离,然后再相互连接起来构成一个完整的电路。一些功耗较大的电路,如场输出级可用厚膜、薄膜集成电路制成。本书介绍的集成电路均指半导体集成电路。

按照用途和性能的不同,集成电路可分为数字集成电路和模拟集成电路两种。微处理机内所使用的电路即是数字集成电路,它是以门电路、触发器等逻辑元件作为基本单元而构成的集成电路。除了数字集成电路以外的集成电路均为模拟集成电路。它又可分为两类:一类是线性模拟集成电路,如中频放大器、音频放大器等要求输出和输入成线性关系的集成电路。还有一类,如检波器、鉴频器等输出和输入不成线性关系的电路,称为非线性模拟集成电路。在电视机中除了电子选台等数字集成电路外大多属于模拟集成电路。按集成块内部元件的多少又可分成小规模、中规模、大规模集成电路。对模拟集成电路而言,200

只元件以下的称为小规模集成电路, 200~1000 只元件的称为中规模集成电路, 1000 只元件以上的称为大规模集成电路。在电视机采用集成电路的初期, 集成电路首先在伴音鉴频及自动频率微调 (AFT) 中采用。后来扩展到电视机的各个部分。但还限于小规模集成电路。如图象中频系统用中频放大、视频检波及 AFT 三块小规模集成电路组成。近几年来已发展到中规模集成电路, 图象中频系统只采用一块中规模集成电路即可完成上述三个功能。如 TA7611P 即是这样的集成电路。彩色解码集成电路也由三块发展到单块集成电路。如日本东芝公司生产的 TA7193P 彩色解码集成电路, 共有晶体管、电阻等 359 只元件。是目前集成度较高的模拟集成电路。可以想象, 随着集成电路工艺的进一步发展, 集成度将越来越高, 集成规模越来越大。彩色电视机只采用一、二块大规模集成电路即能完成各种功能的日子即将到来。这将使彩色电视机的性能、功能及可靠性进一步提高, 成本进一步降低, 以满足广大用户对彩色电视机不断增长的需求。

§ 1.2 半导体集成电路中的元件结构及制造工艺

分立元件的电路是将各个元件分别焊接在印刷电路板上, 电路元件之间的连接是依靠印刷板的铜箔构成的。而集成电路则是在一片已切割并研磨好的单晶硅片上用平面工艺同时制造晶体管、二极管、电阻、电容等元件。图 1.1(a) 是单晶硅切割而成的单晶硅圆片, 在此圆片上将可以同时制造几十个到几百个集成电路基片或称芯片, 如图 1.1(b) 所示。图 1.1(c) 是集成电路基片上的晶体管、二极管、电阻等元件。

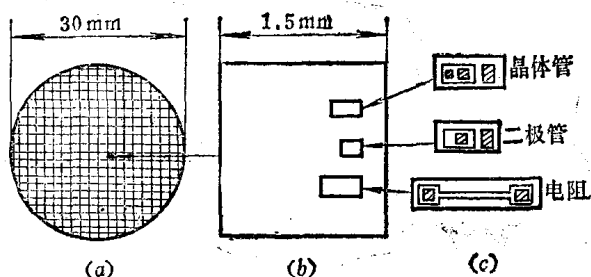


图1.1 集成电路的硅片及其元器件

图 1.2 为伴音中放和鉴频集成电路基片 5G32 的版图。5G32 集成电路中集成了 19 个晶体管, 6 个二极管, 18 个电阻。

本节介绍集成电路中的元件结构和工艺过程。

一、半导体集成电路中的元件结构

1. NPN 晶体管

晶体管是集成电路中的主要元件, 为了便于比较, 图 1.3 画出了分立元件和集成电路中的晶体管结构图。

分立元件的平面晶体管是在高浓度的 N^+ 单晶硅上制造的。先在其上外延一层 N 型单晶硅, 然后进行硼扩散制造基区, 再进行磷扩散制造发射区, 而集电极是在

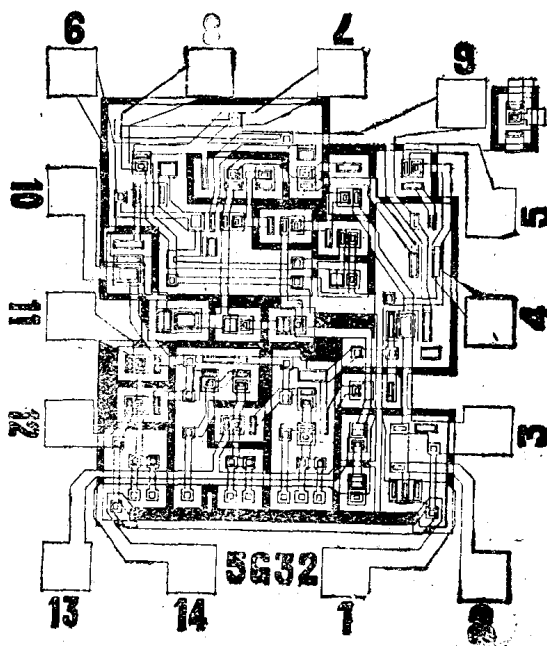


图1.2 5G32集成电路版图

N^+ 的衬底引出的。在同一硅片上能制造很多同样的晶体管，最后经过划片分割成单个晶体管的管芯。

但是集成电路的晶体管就不能这样制造。它的衬底不能作为集电极引出线，而是作为绝缘隔离的底板而用的，因此必须要用 P 型单晶硅作为衬底。这样，在它上面外延一层 N 型单晶硅后，只要将 P 型衬底接最低电位，那么由 N 外延层和 P 衬底间形成的 PN 结二极管将是反偏的，这就起了绝缘的作用。这是集成电路晶体管和分立元件晶体管的第一个不同之处。

从图 1.3(b) 可以看到，N 外延层是晶体管的集电极，而集电极的引线必须从上部引出（这和平面晶体管不同），这些从发射极经过基极到集电极的电流必须流经整个外延层，而外延层做得很薄，因而集电极的串联电阻很大，这就会使晶体管的饱和压降很大。为了减小

饱和压降，就在 N 外延层下部 P 型衬底上隐埋一层高浓度的 N^+ 区域，这样就可使集电极电流主要由低阻隐埋层中流过，大大降低了晶体管的饱和压降。这是集成电路晶体管和分立元件晶体管结构的第二个主要不同之处。

在同一个硅片上制造的分立元件晶体管，其集电极是彼此相通的，这没有关系，这只要经过划片以后很自然地会分割开来。但是集成电路中的晶体管就不同了，晶体管是一个接着一个的，最后在其上部按电路要求进行布线，因而各晶体管之间必须进行隔离。图 1.3(b) 中的阴影线部分就是进行浓硼扩散而成的 P^+ 隔离槽，隔离槽一定要从外延层（集电极）表面一直穿过外延层达到 P 型衬底。这样，每个晶体管就被此隔离槽封闭起来，好象变成了一个个孤岛一样。 P^+ 隔离槽和 N 外延层之间实际上也形成一个 PN 结二极管，当 P^+ 隔离槽接以最低电位后，此 PN 结也被反偏，因而起到了隔离的作用，因此此种隔离方法称之为 PN 结隔离（另一种称为介质隔离是用 SiO_2 层进行隔离的，这里不作介绍了）。只要 P 型衬底和 P^+ 隔离槽接到电路中的最低电位上去，那么集成电路各元件之间就被相互隔离起来了。这是集成电路晶体管和分立元件晶体管结构的第三个主要不同之处。

此种结构中，衬底 P 和外延层 N 及基区 P 之间将会产生寄生 PNP 晶体管效应。此时，N 外延层集电极区就作为寄生 PNP 管的基区，但由于 N 外延层比较宽，因而寄生晶体管的效应很小，可以不予考虑。

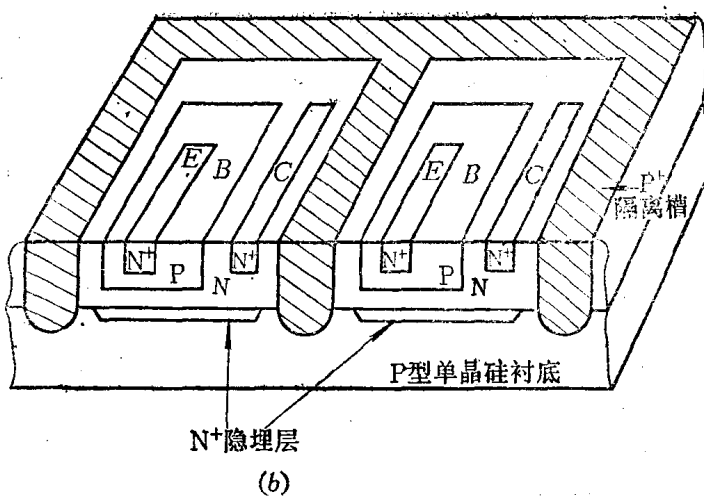
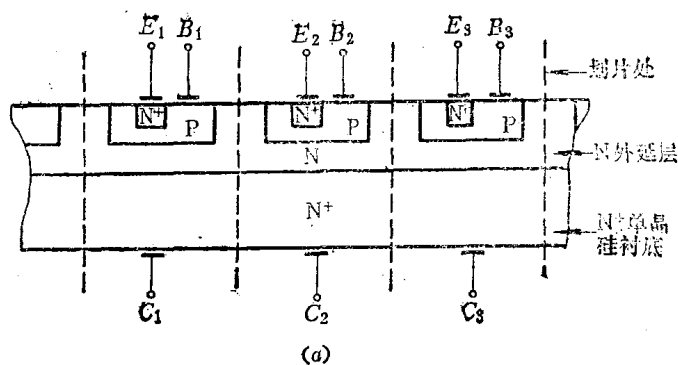


图 1.3 分立与集成电路中的晶体管结构图

(a) 分立元件平面晶体管截面图，(b) 集成电路中的 NPN 晶体管结构图。

2. PNP 晶体管

在模拟集成电路中, 由于电平位移、有源负载等需要, 也必须能制造 PNP 晶体管。它是在制造 NPN 晶体管时同时制成的。PNP 晶体管又可分为纵向和横向两种。如图 1.4 所示。

图 1.4(a) 为横向 PNP 管, 它是以 N 外延层作为基极, 在外延层上扩散而成的两个 P 区分别作为集电极和发射极。此种晶体管由于集电极和发射极之间的基区的距离受平面工艺的限制不能做得很薄, 故其短路电流放大系数 β 只在 0.2~5 之间, 很小。而截止频率 f_T 也只在 1~2MHz 左右。故其性能较差, 一般要和 NPN 管复合使用。

图 1.4(b) 是纵向 PNP 管的结构。它是以 P 型衬底作为集电极, N 外延层作为基极, 在外延层上扩散而成的 P 区作为发射极。纵向 PNP 管的 β 和 f_T 比横向 PNP 管稍高。但由于衬底作为集电极, 而衬底一般均接在电路的最低电位上, 因而只能应用在集电极接地的电路中。

集成电路中的 PNP 管性能较差, 在电路设计中应尽量使用 NPN 管, 少采用 PNP 管。

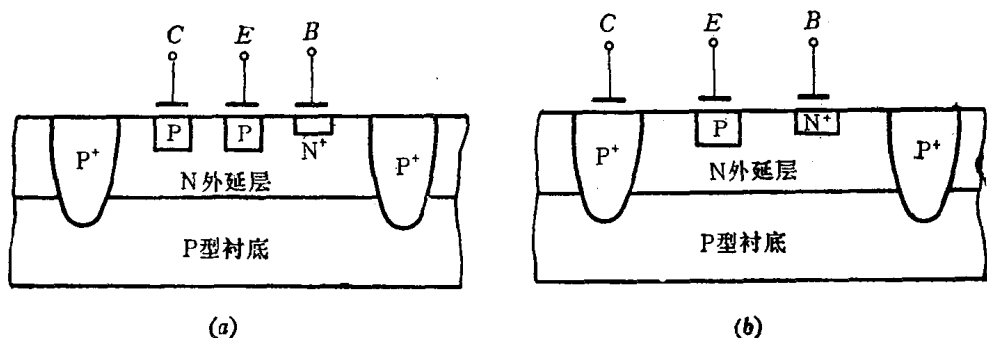


图 1.4 PNP 晶体管结构
(a) 横向 PNP 管; (b) 纵向 PNP 管。

3. 二极管

在半导体集成电路中, 二极管可以有两种做法。一种是在制造晶体管的同时制造二极管, N 外延层就作为二极管的负极, 而基极 P 型扩散就作为二极管的正极, 因而不必进行发射极扩散。常用的另一种方法是先做成 NPN 晶体管, 然后用一定的方式接成二极管使用。可能的连接方式有以下五种:

(1) 基极-集电极短路; (2) 发射极-基极短路; (3) 发射极-集电极短路; (4) 集电极开路; (5) 发射极开路, 这五种接法连同上面讲的一种, 使集成电路中通常有六种不同形式的二极管连接法。

由于这六种形式的二极管结构有所不同, 造成其特性也各有差异, 所以在集成电路设计中, 应根据不同的要求, 选择适当的接法。

4. 电阻

集成电路中的电阻, 大部分都是采用扩散方法, 并在制造晶体管基区的同时做成的。故又称 P 型基区扩散电阻。图 1.5 示出了基区扩散电阻的结构。它是在一个被隔离槽包围的 N 外延层孤岛上按照一定图形进行基区 P 型扩散而制成的。一般做成图示狭长形的结构。若此长条形图宽度越狭, 长度越长, 且扩散深度越浅, 那么制成的电阻值也就越大。电路

设计者,就要根据模拟电路的阻值计算出宽和长的数值,然后制版。在电阻的两个端点光刻引线孔作为引出线之用。通常为了保证使电阻P区与外延N区之间满足隔离要求,同时也允许把几个电阻同时做在一个隔离岛内,而相互之间实现彼此隔离,往往是将此隔离岛N外延层接到电路的最高电位上去。

P型基区扩散电阻一般只能制造 50Ω 到 $20k\Omega$ 范围内的值,再大或再小的值使制作困难,占用较大的硅片面积。若要制作小于 50Ω 的电阻,可以利用N型发射区扩散层来实现。因为晶体管发射区扩散层的表面电阻率比基区扩散层表面电阻率小几十倍,小电阻时容易控制其几何尺寸,可以制作小到 1Ω 的电阻。要制作大于 $20k\Omega$ 的大电阻时,可以在P型扩散区上面,再做一层N型扩散区(和晶体管发射区同时制造),使P型扩散层的厚度减薄,从而得到高阻值的P型扩散电阻。我们称它为沟道电阻,其结构如图1.6所示。

5. 电容

集成电路中的电容器常用的有PN结电容和MOS电容两种。PN结电容是利用反向偏置的发射结或集电结电容来实现的。MOS电容是以 SiO_2 做介质,N型外延层和金属铝分别作为极片的电容器,它们的容量都很小,一般只能做到几个到几十个微微法。因此,在集成电路中应尽量避免使用电容器。

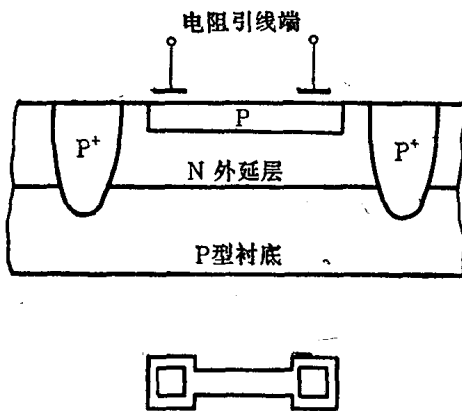


图1.5 P型基区扩散电阻

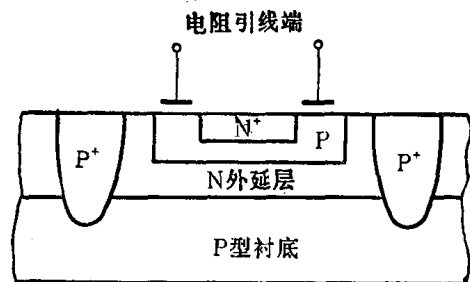


图1.6 沟道电阻结构

二、半导体集成电路的工艺流程

半导体集成电路的制造工艺和平面晶体管的制造工艺是基本相同的。主要的工艺有五种:氧化、光刻、扩散、外延、蒸发等。现简单介绍如下。

氧化是使硅片在高温下与水气(或氧气)反应,使之在硅表面上生成一层 SiO_2 。此氧化层有三个作用:(1)可以掩蔽杂质扩散,即在表面有氧化层的地方杂质被挡住了,不能扩散到硅片中去;(2)二氧化硅是很好的绝缘体,它象玻璃纤维板一样,可以在上面进行布线;(3)二氧化硅层可以保护PN结,使器件稳定性好。

光刻是在氧化之后进行的,是为进行选择性扩散而在硅氧化膜上开出相应窗孔。光刻过程与复印照片的过程相似。先将光刻胶涂在经过氧化的硅片上,然后按照事先做好的集成电路图形的底片(称为掩膜)放在上面曝光。曝光后进行显影,把没有曝光的胶溶解掉,已曝光的胶留下形成一层保护膜,最后把没有保护膜的二氧化硅膜用氢氟酸腐蚀掉而形成窗孔,并把光刻胶全部去除。

扩散是将已经光刻好的硅片，置于高温，有杂质的气氛下，杂质就可以通过分子运动的形式进入光刻掉氧化层的硅晶体中去，从而完成选择性的掺杂工艺。

硅外延生长是利用气相反应将原子聚集到P型硅衬底上，从而在衬底上生长一层具有同衬底相同晶体结构的N型硅单晶层。一般是将四氯化硅置于高温下进行氧化还原，或使硅烷(SiH_4)热分解，以生长外延层。

蒸发是在真空条件下，将金属铝、金等加热，使金属升华为金属蒸气，淀积在硅片的表面。在硅表面作为布线的铝，就是用蒸发的方法淀积到硅表面，然后进行光刻，以实现电路布线的。

图 1.7 画出了集成电路的典型工艺流程。它们分别是晶体管、二极管和电阻的制造过程。可以看到，二极管和电阻是在制造晶体管的同时制成的。而且，氧化-光刻-扩散是反复多次的工艺过程。在上述工序完成后将进行测试和封装。封装形式有圆形管壳封装、扁平封装和双列直插式封装等形式。

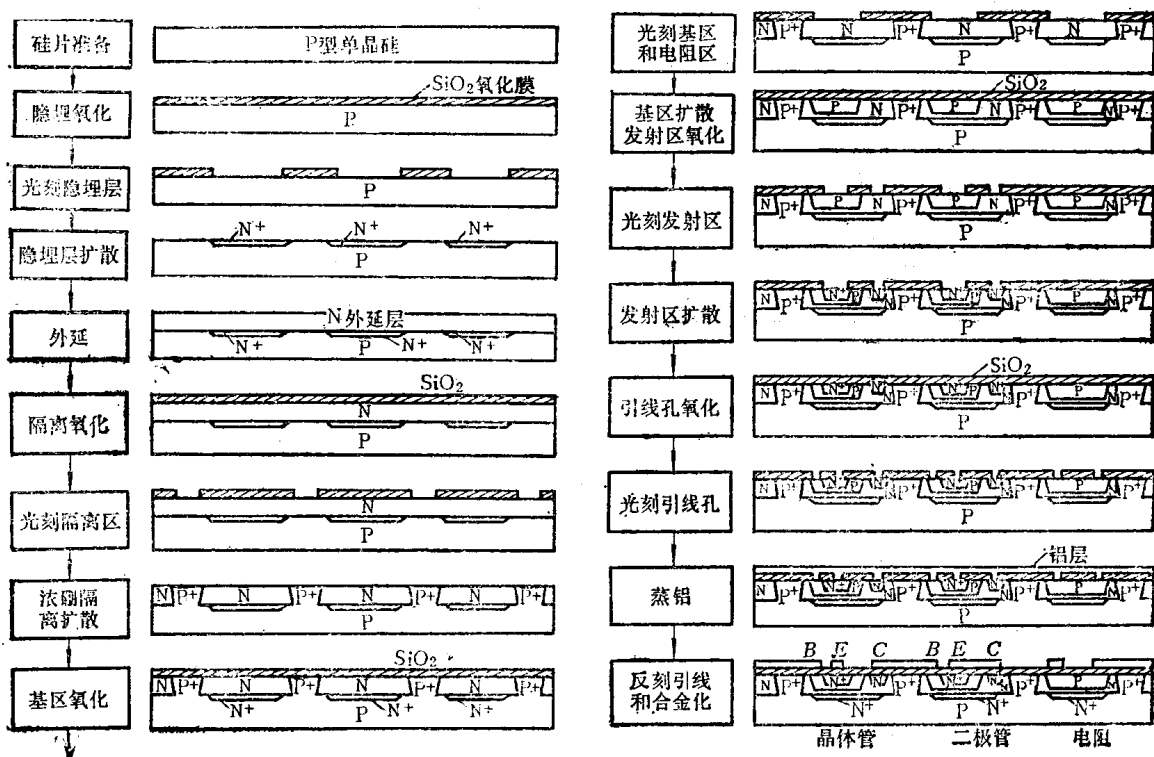


图1.7 半导体集成电路制造工艺流程图

三、模拟集成电路设计的一般原则

1) 集成电路中的所有元件都经过几乎相同的工艺过程，同时制作而成的。同一块集成电路多做几个元件并不增加工艺上的困难，因此为了保证整个电路的性能，电路设计时可以多用一些元件，电路结构可以复杂一些。

2) 在集成电路中，制造电容、电阻（尤其是大电阻和小电阻）比制造晶体管要占用较大的硅片面积。这不仅减少了电路的集成度，而且使成品合格率降低。因此在设计集成电路时可以多用几个晶体管，而尽量少用电阻、电容。除了几个微微法到几十微微法的小

电容外, 应尽量避免使用电容器, 因此集成电路内, 级间均应采用直接耦合电路。大电阻可以用晶体管恒流源代替。集成电路中, 很难制造电感, 必须要用电感的地方可外接。

3) 由集成电路的工艺特点决定了各元件参数的精度比较低, 即绝对误差很大。如扩散电阻的绝对误差达 $\pm 20\%$ 。但由于同一硅片上相邻元件制造时工艺条件均相同, 因此相邻元件的参数要么都偏大, 要么都偏小。即相邻元件参数比值的误差却很小, 同一硅片相邻扩散电阻的比值的误差在 $\pm 3\%$ 内。表一列出了晶体管参数和扩散电阻的绝对误差及同一硅片相邻元件参数比值的相对误差值。表中还列出了温度系数的绝对值及相邻元件的相对温度系数。元件参数的温度系数较大, 但相邻元件的相对温度系数却很小, 即相邻元件参数的温度跟随特性很好, 温度升高时, 元件参数同时增加或减小, 但比值变化很小。

在电路设计时, 应充分利用表 1.1 所示元件参数的特性, 选用对元件参数的绝对误差要求低, 而对元件参数比值的相对误差要求高的电路。差分放大器就是这样的电路。差分放大器对参数的绝对误差要求低, 但对电路两边元件参数的对称性要求高。因而性能优越的差分放大器特别适宜作为模拟集成电路的基本单元。增益主要取决于电阻比值的运算放大器及其它负反馈放大器也很适合于作为模拟集成电路的基本单元。

表1.1 集成电路元件参数的误差

元件参数名称	典型值	绝对误差	参数比值 相对误差	温度系数	相邻元件相 对温度系数
晶体管电流放大系数 β	20~100	$+50\% \sim -30\%$	$\pm 10\%$	$+0.5\%/^{\circ}\text{C}$	
晶体管发射结的正向压降 V_{BE}	0.7 V	$\pm 3\%$	$\pm 2\text{mV}$	$-2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	$\pm 10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
扩散电阻 R	50 Ω ~ 20k Ω	$\pm 20\%$	$\pm 3\%$	$+0.15\%/^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.005\%/^{\circ}\text{C}$

§ 1.3 彩色电视接收机的集成电路化

从六十年代中期在电视机中采用小规模集成电路, 到近期采用中、大规模集成电路, 彩色电视机的集成电路化发展非常迅速。

采用小规模集成电路的电视机称为第一代集成电路电视机, 而采用中、大规模集成电路的电视机称为第二代集成电路电视机。下面我们从几个电视接收机的方框图, 说明集成电路在电视机中的应用概况。

图 1.8 为日本日立公司 P-24 型 12 英寸黑白电视机的方框图。图象中频系统采用了 HA1144 (两级中频放大、中放自动增益控制 (IF AGC)、高放自动增益控制 (RF AGC) 电压发生)、HA1167 (三中放、视频检波、预视放、ANC 自动噪声抑制、同步分离、IF AGC 发生) 两块集成电路, 主要完成图象中频放大和视频检波的功能。伴音系统采用了 KC583C 集成电路, 主要完成伴音中放、鉴频和音频放大的功能。扫描系统采用了 KC581C (场振荡、场激励、场输出) 及 HA1166Z (行自动频率控制 (AFC)、行振荡、行激励) 两块集成电路, 主要完成行、场振荡, 行、场同步及场输出的功能。还有一块 KC582C 集成电路配合外接调整管完成电源稳压的功能。上海各电视机厂生产的 12D4、4D14、B31-2、JDS6 等 12 英寸黑白电视机也采用了图 1.8 所示的集成电路块。图 1.8 所示电视机共用了 6 块集成电路、8 只晶体管、15 只二极管, 是属于第一代电视机集成电路的程式。

上海元件五厂制造的 5G300 系列集成电路已应用在 3S4、3S5 等彩色电视机中。图 1 9

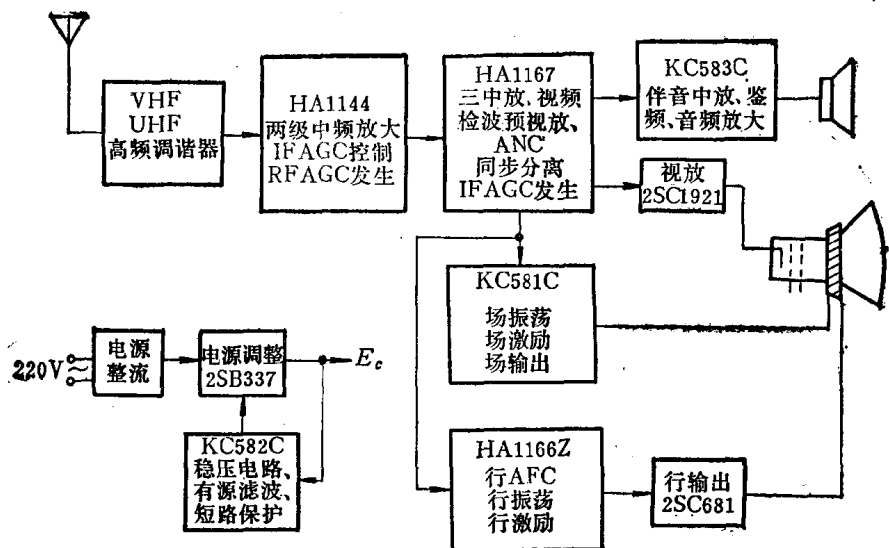


图1.8 P-24电视机方框图

为用5G300系列集成电路组成的彩色电视机方框图。图象中频系统采用了三块集成电路，分别为5G313（图象中放等）、5G39A（视频检波等）、5G36（自动频率微调AFT电路）。伴音系统采用了5G32（伴音中放和鉴频）、5G37（音频放大）两块集成电路。扫描系统采用了5G315（同步分离、行AFC、行振荡、行激励）和5G316（场振荡、场激励）两块集成电路。彩色解码系统采用了5G318（色度放大、副载波恢复）、5G314（PAL开关、色度信号同步解调）两块集成电路。

我国自行设计的电视机集成电路还包括7CD系列和X系列等。7CD系列包括7CD1、7CD2（色度信号处理电路）、7CD3、7CD4（同步解调电路）、7CD5、7CD6（亮度信号处理电路）、7CD7、7CD8（副载波恢复电路）、7CD9、7CD10（行扫描电路）、7CD13（伴音中频放大电路）、7CD14（音频功率放大电路）等。X系列包括X₇₀（行振荡、鉴相、同步分离）、X₇₁（图象中放、视频检波、AGC电压产生）、X₇₂（伴音中放、鉴频、音频前置放大、音量控制）、X₇₃（音频功率放大）、X₇₄（视频放大、对比度和亮度控制）、X₇₅（ACC自动色度增益控制、色度放大、饱和度控制、消色控制、色同步消隐与色同步脉冲选通）、X₇₆（同步解调、PAL（相位逐行交变）开关、PAL识别）等。

随着集成电路工艺水平的迅速提高，采用中、大规模集成电路的第二代彩色电视集成电路电视机也已成批生产。图1.10为日本东芝公司生产的C-1421Z彩色电视机的方框图。

图象中频系统由电视中频表面波（IF SAW）滤波器F1026Y及单块图象中频集成电路TA7607AP组成。它是一块中规模的模拟集成电路，内部共297只元件。它能完成图象中频系统中要求的图象中频放大、视频同步检波、AGC检波、IF AGC及RF AGC控制电路、AFT电路、预视放及黑白噪声抑制等功能。是一块完整的图象中频系统集成电路。它的RF AGC电压是负控的，以配合双栅MOS管高频调谐器的AGC电路工作。若要配合NPN晶体管高频调谐器的AGC电路工作可选用其他功能完全相同的另一块电