

印制电路板

设计与绘图

北京工业大学
微型计算机研究开发应用中心

PDG

前 言

随着电子计算机、电讯系统、电视及其它电子行业的迅速发展，对印刷电路板(P·C·B·)的要求也越来越高。印刷电路板已从单面板发展到双面板、多层板(从四层、八层甚至二十层)，特别是目前集成电路(IC)发展迅速，微型计算机体积愈来愈小，要求印刷电路板超高密度、小型化、和高可靠性，这种情况下如果沿用以往的手工绘图是远远不能满足设计要求的，近年来国际上出现了新的印刷电路板设计用品，这种新材料的出现改变了手工绘图的落后状态，解决了手工绘图所不能解决的难题。

本书主要介绍了如何借助于印刷电路设计用品来提高印刷电路板的质量和精度。全书共分二十章，从电路原理图开始讲起，到线路布局规则、分立元件布局、元件的安装、逻辑的组合、数字排列等版图制作、加工图、丝网图、以及生产加工印刷板的一些考虑等等，同时还介绍了多层印刷电路板、软性电路、电磁干扰、计算机辅助设计等新技术。书后附录中介绍了一些标准的印刷电路设计用品的目录和规格尺寸，供读者选用参考。

希望读者看过这本书后，会对里面的内容感兴趣，并能够成为一个名副其实的印刷电路设计师，使你做出的板子达到电路设计要求，装配最容易，维修最方便，可靠性高，外形美观，为发展我国的电子计算机等电子产品做出贡献。

本书是由何筱筱同志根据美国 Bishop Graphics, Inc. 出版的 Darryl Lindsey 所著 THE DESIGN & DRAFTING of PRINTED CIRCUITS 一书，依照其本人在使用 Bishop 公司出品的印刷电路设计用品，进行 TP 系列微型计算机印刷电路板设计，制作方面的实践经验编译而成的。

错误和不当之处，请读者指正。

北京工业大学微型计算机研究、开发、应用中心

一九八四年八月

目 录

第一章	原理图	(1)
第二章	线路布局基本规则	(19)
第三章	分立元件布局	(23)
第四章	安装元件	(28)
第五章	逻辑组合	(32)
第六章	集成电路组合	(41)
第七章	数字布局	(46)
第八章	多层印制板	(53)
第九章	板子的外形尺寸	(68)
第十章	生产方面的考虑	(71)
第十一章	版图制作	(78)
第十二章	接地面	(93)
第十三章	加工图	(97)
第十四章	装配图和零件表	(100)
第十五章	丝网图的制作	(102)
第十六章	软性电路	(105)
第十七章	电磁干扰	(118)
第十八章	计算机辅助设计和制图	(131)
第十九章	印刷电路板的加工过程	(142)
第二十章	设计注意事项及建议	(144)
附录:	印刷电路板设计用品目录及规格型号索引	(150)

第一章 原理图

概述

原理图是由一整套代表各种电子元件、电器元件和机电元件的图示符号所组成的，如图 1.1 所示，这些元件的图示符号是由代表导线的线条联接起来。原理图是进行电路设计的第一步。作为一个印制电路板设计者，首先考虑的是如何将一份电路原理图转化成份能用作制板的照像底图，而要做到这一点，最重要的就是学会看懂原理图。

第一章将概述图 1.1 中各种元件的定义，说明一份原理图应包括的基本部分。并讨论原理图上每个图示符号的文字标记和基本用途，以及基本原理图布局等内容。

目的

读了这一章之后，应能熟悉图 1.1 所示原理图中的各项基本内容，并能掌握下述几点：

1. 识别本章所用各种原理图图示符号；
2. 识别本章所用各种文字标记；
3. 理解图 1.1 中各种电子元件的基本定义；
4. 了解原理图布局的基本原理；
5. 解释一份原理图；
6. 掌握看原理图的基本方法。

原理图中的符号和标记

下面讨论图 1.1 中每个电路元件及图示符号，并扼要解释它们的作用及电性能，对于一个印刷电路设计者，并不要求他精通电子理论，而只需要看懂原理图，识别各种元件符号、标记、以及各部分电路的相互连接。因此在本书中，对每一种元件的工作过程不作详细讨论。

表 1.1 文字标记

A	组件	DC	直接耦合器
AT	衰减器，绝缘体	DL	延迟线
B	风扇、电机	DS	信号器、信号装置（音响或视觉）、灯、发光二极管
BT	电池	E	混电部件
C	电容	F	保险丝
CP	联接器（耦合器）	FL	滤波器
CR	二极管、二极管整流器、变容二极管	G	发生器

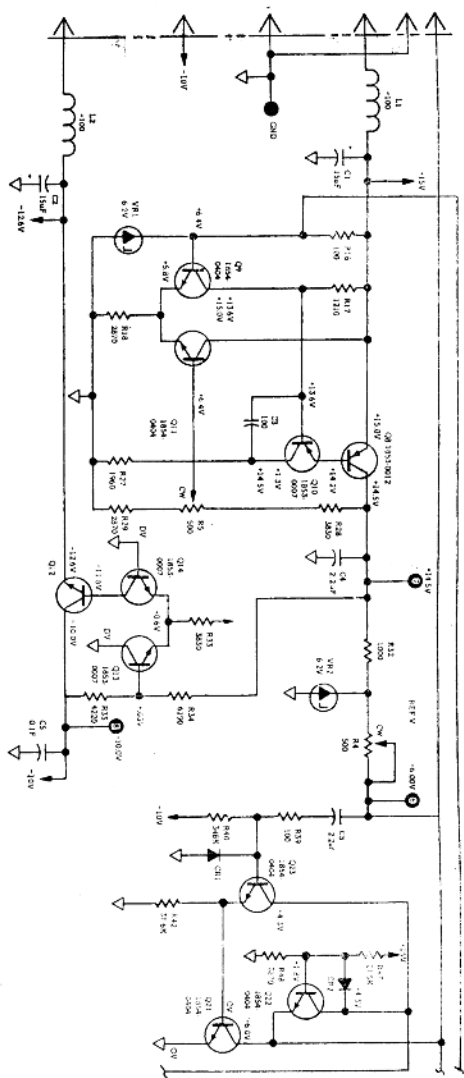


图 1.1 电路原理图

H	硬件	RT	热敏电阻
HY	循环器	S	开关
J	电接插件(固定部分)、插座	T	变压器
K	继电器	TB	接线板
L	线圈、电感	TC	温差电偶
LS	仪表	TP	测试点
MG	电机—发生器	U	集成电路(IC)、微型电路
MK	扩音器	V	电子管
MP	混机械部件	UR	稳压器、击穿二极管
P	电接插件(不固定部分)、插头	W	电缆传输
PS	电源	X	插孔(座)
Q	三极管、可控硅整流器	Y	晶体(压电的或石英的)
R	电阻	Z	调谐空腔谐振器、调谐电路

原理图的文字标记

原理图上的每一个元件都赋予一个由字母和数字组成的文字标记,如C₁, R₁, Q₁等。字母C、R、S、Q等代表不同的元件。C代表电容, R代表电阻, S代表开关, Q代表三极管, 数字则用来区别同类型的电子元件, 如C₁、C₂、C₃等代表第1、2、3个电容。使用这些文字标记是为了便于识别原理图上的每一个元件。一般取元件名称或其功能的第一个英文字母来表示这一元件。如A代表组件, C代表电容, CB代表电路保护器(熔断器), CR代表二极管, R代表电阻等。但有些元件的名称都是以T开头, 如管子、三极管、变压器。为区别这些元件, 就只能再用其它字母表示了。表1.1中列举了最常用的文字标记。

为了简化原理图, 我们用许多图示符号来代表各种电路元件。在多数情况下, 这些图示符号既代表了元件在电路中所起的功能, 又表示出了元件的机械构造。例如电池是一组间距相同的短线(代表负极)和长线(代表正极)。如图1.2所示, 表示电池的图示符号与其构造十分相似。电容也是这样, 它是由一个绝缘体隔开的两块金属箔构成的, 也相当于一个电池, 可以充电、放电。因此, 电容符号就用长度相等的两条平行的短线, 中间隔开一定的间隙, 如图1.3所示。

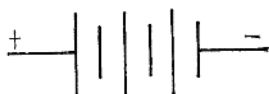


图 1.2 电池符号

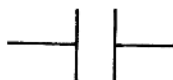
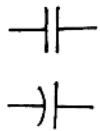
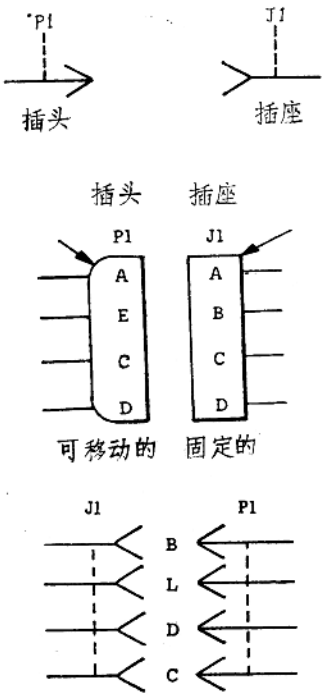

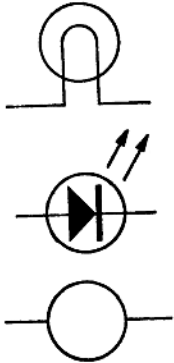
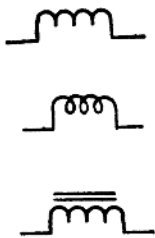
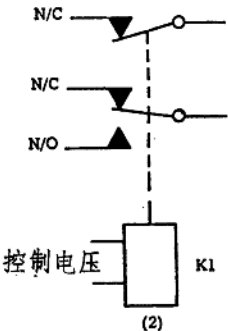


图 1.3 基本电容符号

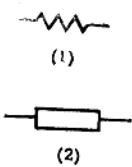
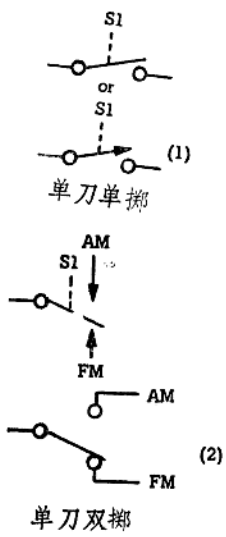
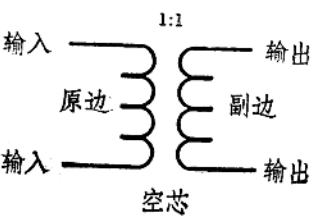
几乎每一个电子元件的图示符号都是根据该元件的电路功能及其结构特点而逐渐形成的。表1.2概括了原理图中常见元件的图示符号、文字标记以及在电路中的功能。

表 1.2

元件名称	图 示 符 号	文字标记	注 解
电 容		C	也称电容器, 分为旁路电容、滤波电容、耦合电容、去耦电容等, 单位“法拉”(F)。
连接器	 <p>插头 插座</p> <p>插头 插座</p> <p>P1 J1</p> <p>A A</p> <p>E B</p> <p>C C</p> <p>D D</p> <p>可移动的 固定的</p> <p>J1 P1</p> <p>B B</p> <p>L L</p> <p>D D</p> <p>C C</p>	P 插头 J 插座	用于印制电路板接口或边缘插口的输入、输出连接, 通常称插头、插针、插座、插孔。
二极管		CR	作开关设备和检波器, 分为 n 型或 P 型。

元件名称	图 示 符 号	文字标记	注 解
指示灯 信号器		DS (I) (LED)DS DS	指示灯 发光二极管 报警信号、蜂鸣器
电 感		L	分空芯电感和铁芯电感, 单位“亨”(H), 也称线圈。
继电器		K	分常开和常闭, 用继电器的电磁线圈来控制常开或常闭的开关状态。

续表

元件名称	图 示 符 号	文字标记	注 解
电 阻	 <p>(1)</p> <p>(2)</p>	R	起限流作用，单位“欧姆”(Ω)，分金属膜电阻、炭膜电阻等。功率参数单位“瓦特”(W)。
开 关	 <p>S1</p> <p>or</p> <p>S1</p> <p>(1)</p> <p>单刀单掷</p> <p>AM</p> <p>S1</p> <p>FM</p> <p>AM</p> <p>FM</p> <p>(2)</p> <p>单刀双掷</p>	S	电子设备的开关装置。
变 压 器	 <p>1:1</p> <p>输入</p> <p>原边</p> <p>副边</p> <p>输出</p> <p>空芯</p> <p>输出</p>	T	电压转换装置。

元件名称	图 示 符 号	文字标记	注 解
变压器		T	电压转换装置。
晶体管		Q	分 NPN 型和 PNP 型，提供放大、整流、检波等功能。
稳压管 击穿 二极管		VR 或 CR	起稳压作用。

识别原理图

原理图是印刷电路设计人员的基本工具，学会很快地、准确地识别原理图是至关重要的。原理图上提供了设计中包括的所有元器件。它将成为设计印刷电路板的布局、购买器件、加工测试、使用和维修等一系列工作的原始资料。原理图一般包括下列内容：

1. 表明所有组成另部件、包括电子方面和机械方面的元器件的图示符号；
2. 标在图示符号旁边的文字标记，元件参数值和零件号；
3. 按线路流通的方向连接导线（尽量避免跨接线）。

原理图的格式

一般原理图是按一定的习惯画法绘制的。比如无源元件（电阻、电容、电感等），通常按其功能围绕着有源元件（晶体管、IC等）绘制。

标准的信号流通在原理图上是从左至右，从上至下，输入在左边，输出在右边。有时在原理图上将印刷电路板主要元件集中在一起画。绘制原理图时要尽量减少元件拥挤在一起的现象，并按功能和信号流通方向组合电路。

所有进入和离开板子的信号都是通过连接器插头和插座传送的。一般在原理图上输出置于右方，但也有例外。

元件位置

元件在原理图上的位置并不表示元件在印刷电路板上的实际位置，也不表示其实际大小。元件在原理图上的位置不论是垂直的、平行的还是成不同角度的，都不影响其功能，也不影响它在印刷电路板上如何排列。原理图上的一条线应被视为印刷电路板上的一个焊接点，而一条线不过是点的延伸罢了。

电源和地

每个单独的电压和地都不用直接与原理图上的同一条线相连，否则会在原理图上增加许多不必要的线。一般由电压符号和地符号来代替图 1.4。图 1.5 说明在原理图上电压和地的符号虽然没有连在一起画，但在印刷电路板上所有的地线和所有的电压线都应连在一起。

原理图的形成过程

原理图的产生是一个反复的过程，从初步设计草图到全部设计完毕。图 1.6 示出一个典型的草图和由此产生的正式的原理图。

元件编号

在仔细研究了电路设计者画的草图之后，要给每一个元件标上恰当的文字标记，一般草图上是 没有标记或不全的。通常要与电路设计者商量确定文字标记。标法是从原理图的左上角开始顺序往下编号，如图 1.7 的编号顺序。或按螺旋状编号，如图 1.8

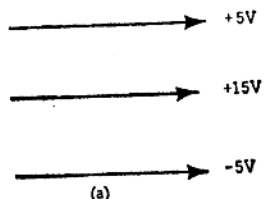


图 1.4 电压和地的符号

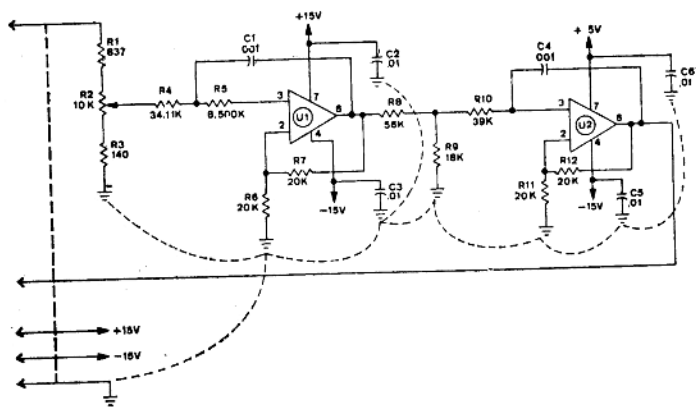


图 1.5 原理图上地线的表示方法

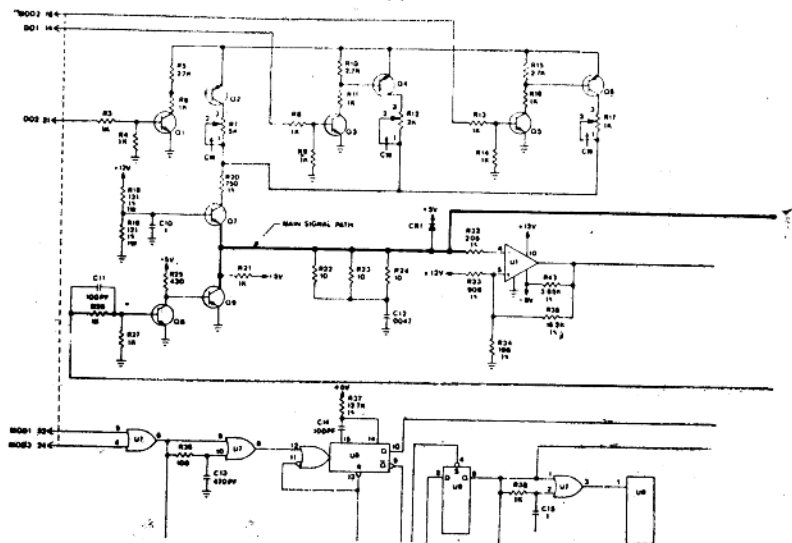
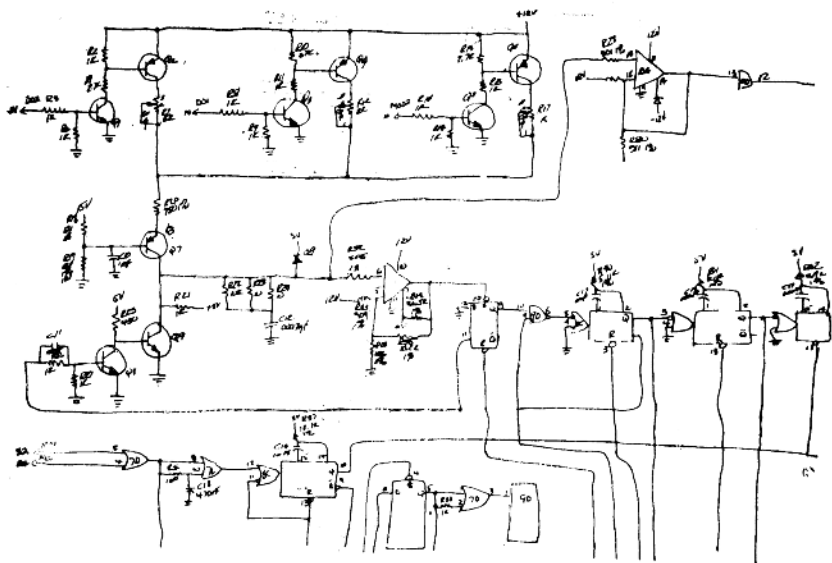


图 1.6 草图到原理图的过程

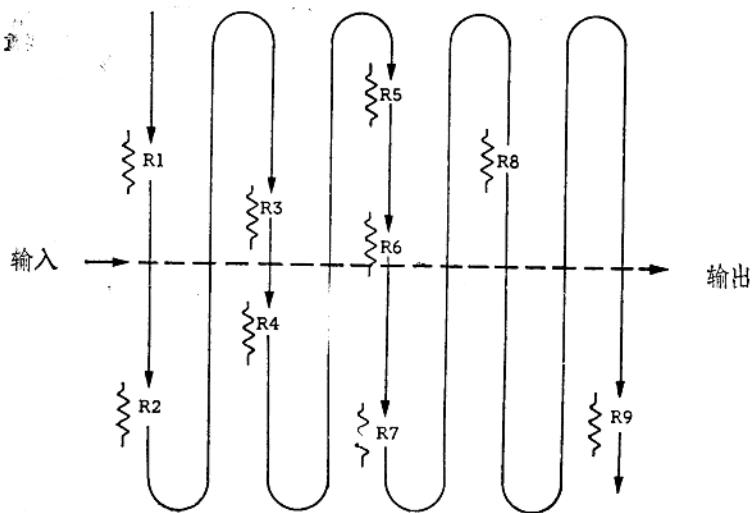


图 1.7 编号顺序示意

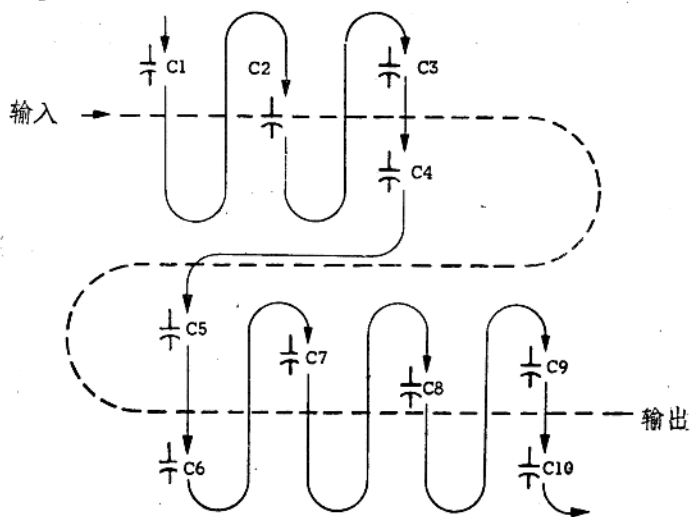


图 1.8 编号顺序示意

所示。

若原理图修改后去掉或增加某一元件，则接原图的最后一个号编下去，没有必要重新顺序编。

图 1.9、1.10、1.11 表示了原理图的几种流动方式。

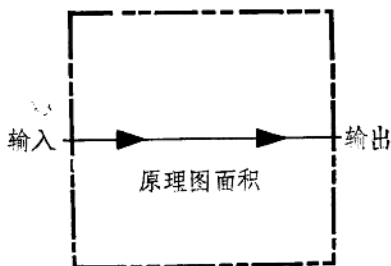


图 1.9 原理图流动方向示意

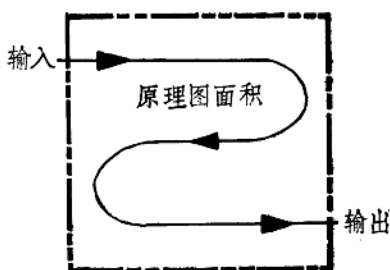


图 1.10 原理图流动方向示意

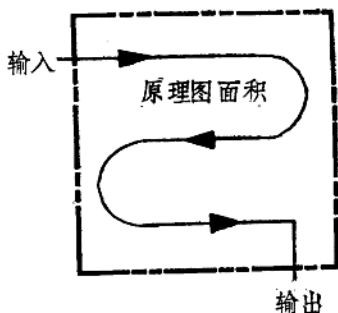


图 1.11 原理图流动方向示意

电源流向

许多原理图上都有好几种电压，一般画成粗线，以示区别于信号线。最好的作法是将最高的电压线画在图的最上方，按电压数值递减逐个画其余的电压线。这样做也易于看图。如

- + 250V
- + 150V
- + 5V
- 5V
- 15V

级的安排

电路中的各级的画法一般是按水平方向画的，图1.12举例说明多级联接的方式。

耦合电路的两级，一般用一个电容或电阻来连接两个级，如图1.13所示。这样也有助于印刷电路设计者将整个原理图分成几个部分处理。

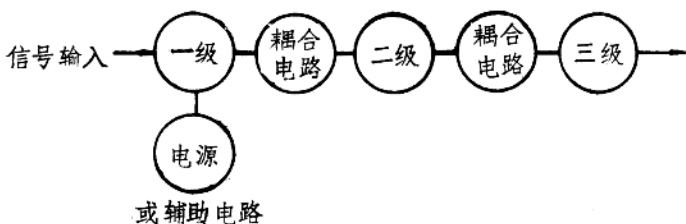


图 1.12 级的联接

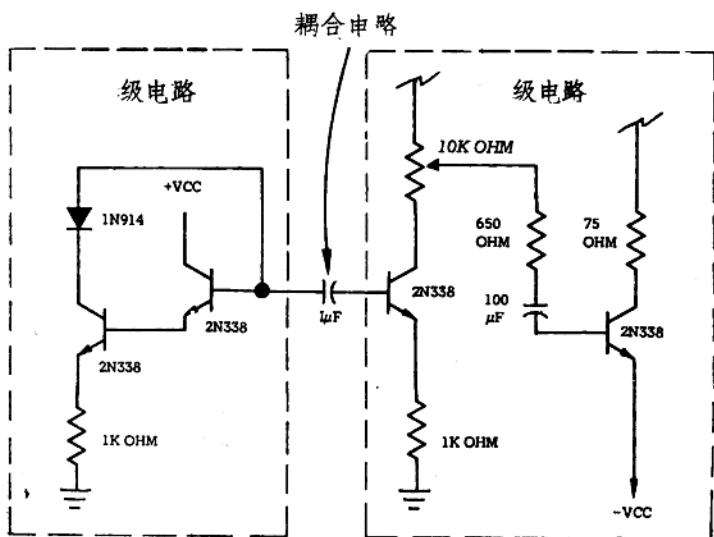


图 1.13 两级的联接

图示符号安排

通常以晶体管或 IC 为中心安排图示符号，如图 1.14，图 1.15，其它元件根据其功能

画在晶体管或IC的周围。

一般来说，不仅要求印刷电路板设计人员对一块印刷电路板进行布局设计并贴出底

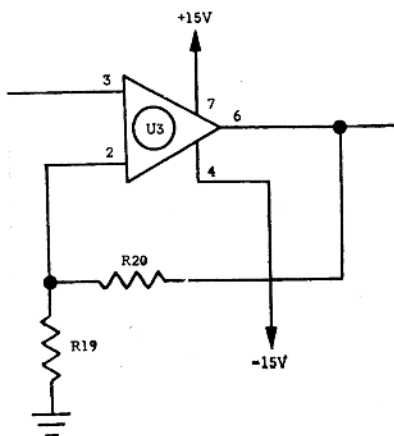


图 1.14 参考原理布局

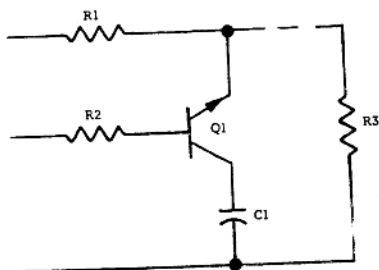


图 1.15 参考原理布局

图，还要求他画出一份完整的正式的原理线路图。要注意地的符号一般箭头向下，电压符号的箭头一般正的向上，负的向下，如图1.16所示。

估计面积

绘制原理图前应确定好尺寸，并按统一的标准画图示符号，同一种元件的图示符号不应有大有小。对于图示符号的大小虽没有固定的尺寸，但应根据实际情况绘制的均匀，分布合理，并节省面积，通常可按坐标方格纸的比例绘图，并且按图示符号总的数量来