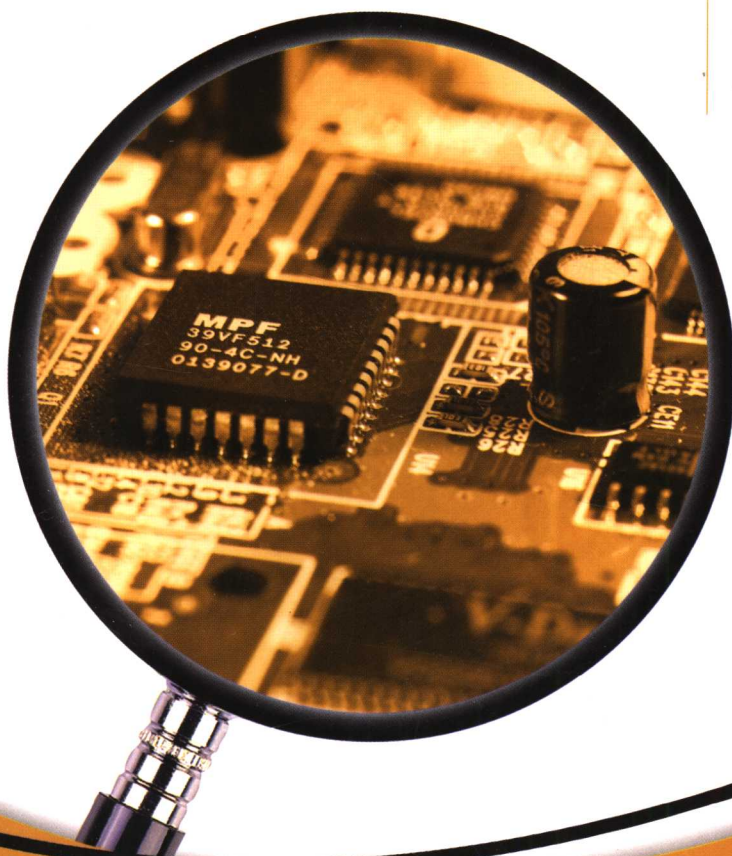


数字电子 技能实训

李忠国 编著
杨承毅 主审



世纪英才模块式技能实训
高职电工电子系列教材

数字电子技术实训

李忠国 编著
杨承毅 主审

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技能实训/李忠国编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006. 1

(世纪英才模块式技能实训高职电工电子系列教材)

ISBN 7-115-13817-6

I. 数... II. 李... III. 数字电路—电子技术—高等学校: 技术学校—教材
IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 129265 号

内 容 提 要

本书从数字集成电路的简单应用和便于初学者识图的角度出发, 介绍了常见的数字集成电路器件的基本常识、基本使用方法, 数字集成电路的基本识图方法和故障的检测方法, 并提供了部分常见数字集成电路器件的资料。

本书为模块式结构编排, 其内容简洁干练、图文并茂, 能使读者快速掌握数字集成电路的基本识图方法和简单任务的设计方法, 并培养读者一定的数字集成电路故障检测技能。

本书可作为高职高专电子信息类及相关专业的实训教材, 同时也可供从事电子技术工作的工程技术人员阅读参考。

世纪英才模块式技能实训

高职电工电子系列教材

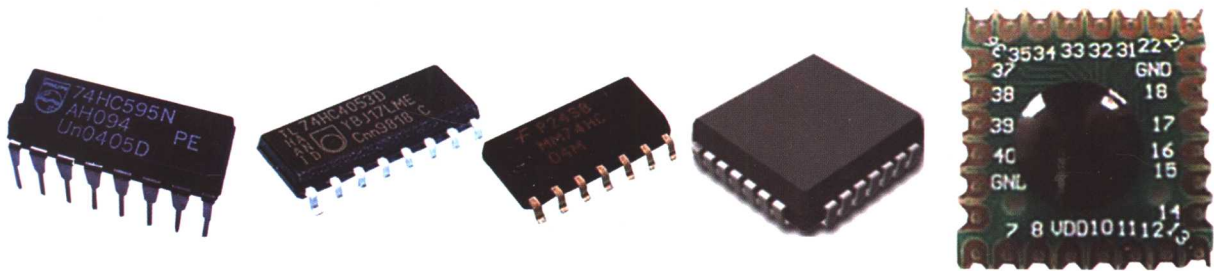
数字电子技能实训

-
- ◆ 编 著 李忠国
 - 主 审 杨承毅
 - 责任编辑 申 苹
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13.5 彩插: 2
字数: 331 千字 2006 年 1 月第 1 版
印数: 1 - 6 000 册 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13817-6/TN · 2574

定价: 24.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223



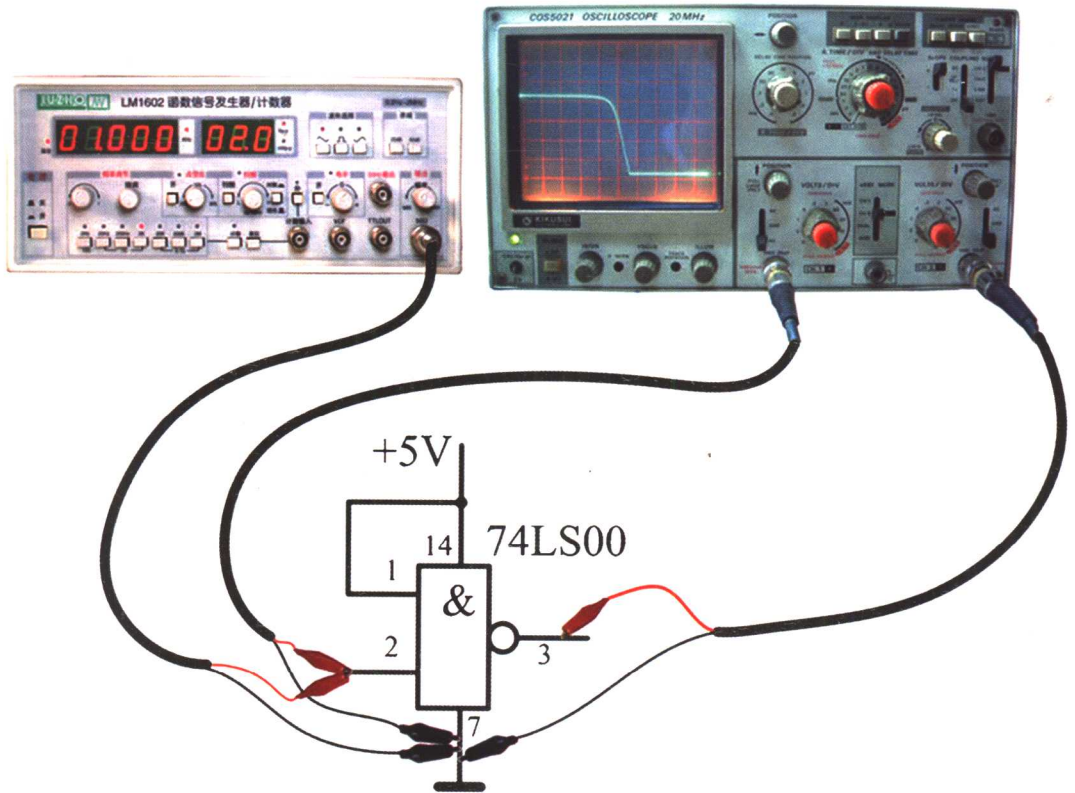
(a) DIP 封装

(b) SOP 封装

(c) PLCC 封装

(d) COB 封装

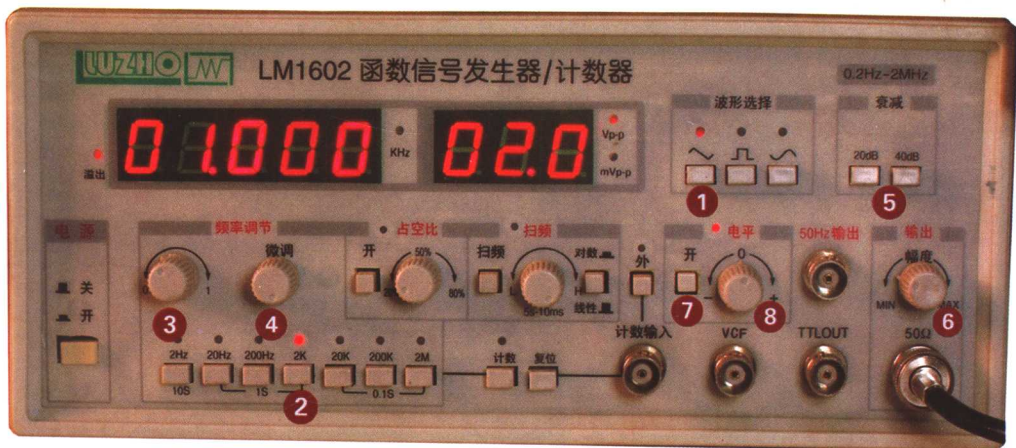
彩图 1 部分常见 IC 封装



彩图 2 与非门电压传输特性的测量



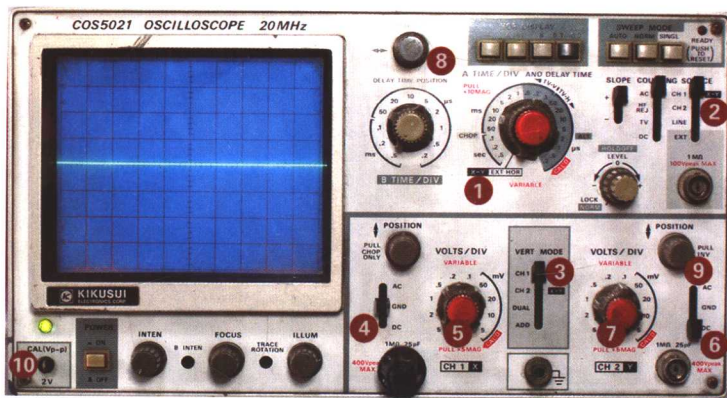
彩图 3 数字电路实验台



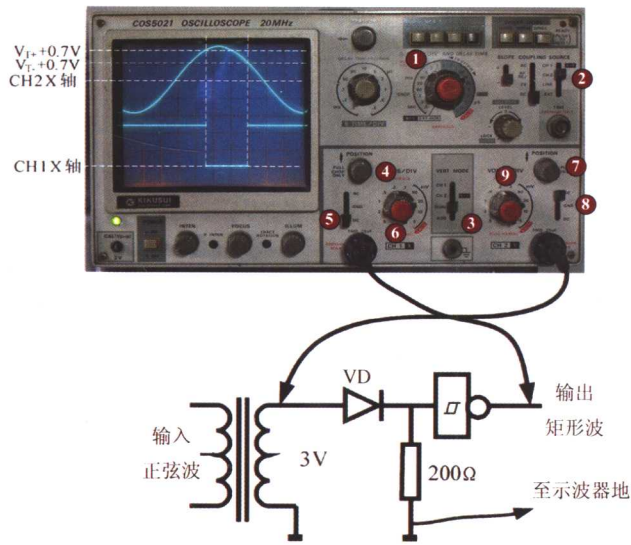
彩图 4 函数信号发生器



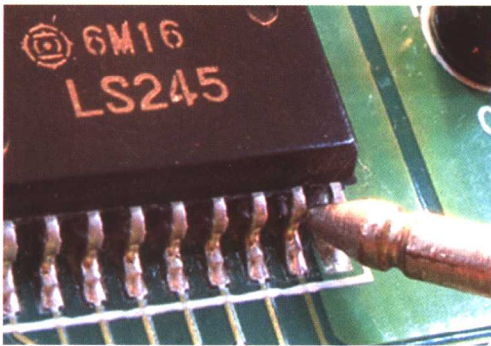
彩图 5 利用示波器校准信号发生器



彩图 6 双踪示波器的 X-Y 方式设置



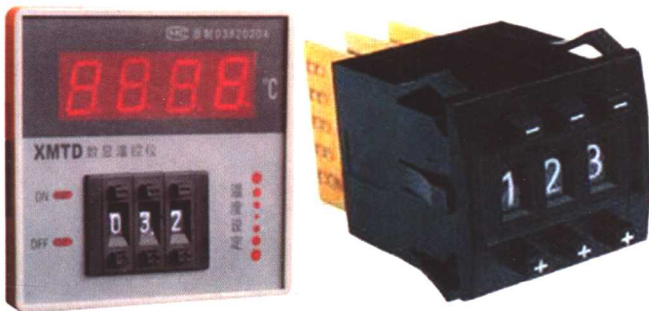
彩图 8 波形变换电路的检测



彩图 7 表笔将引脚短路



彩图 9 微型继电器与交流接触器



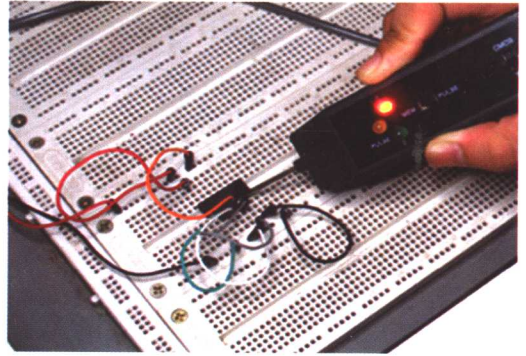
彩图 10 拨码开关



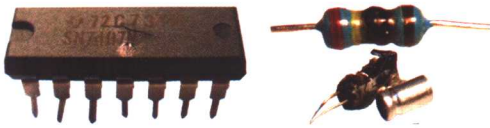
彩图 11 固态继电器



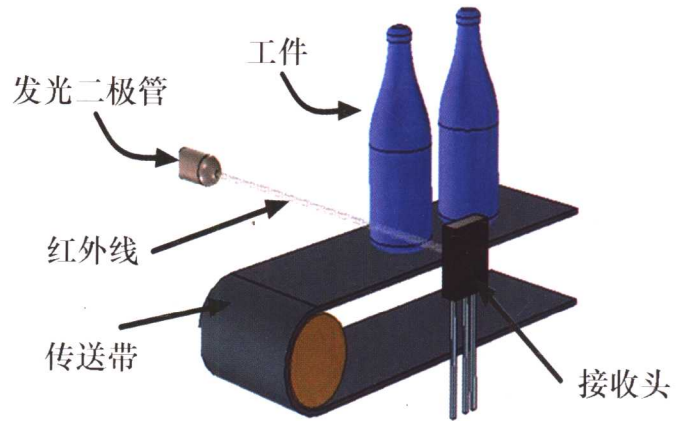
彩图 12 逻辑笔



彩图 13 逻辑笔的使用



彩图 14 故障元件



彩图 15 流水线工件计数器



彩图 16 温度传感器



彩图 17 温度传感器内的铂电阻

目 录

技能训练一	认识数字集成电路	1
附录一	常见数字集成电路封装外观图	13
附录二	部分国外数字集成电路生产厂商	14
技能训练二	对集成与非门参数的理解	16
技能训练三	数字集成电路的使用注意事项	27
阅读材料一	不同类型器件的驱动转换方法	33
技能训练四	数字集成电路的输入方式	35
附录三	常见光电耦合器参数表	46
技能训练五	数字集成电路的输出方式（一）	48
技能训练六	数字集成电路的输出方式（二）	58
技能训练七	组合电路的识图	72
附录四	常见集成门电路器件	79
技能训练八	集成门电路的简单应用	82
技能训练九	译码器与编码器的应用	89
附录五	常见集成译码器与编码器	99
技能训练十	数据选择器与数据分配器的识图	101
阅读材料二	使用数据选择器实现逻辑函数的优化	111
附录六	常见集成数据选择器与模拟开关	112
技能训练十一	数值比较器与数值运算器的识图	114
附录七	常见集成数值比较器	120
技能训练十二	脉冲发生器的识图	121
阅读材料三	红外线遥控器	131
技能训练十三	数字电路的故障检测方法（一）	134
技能训练十四	触发器电路的识图	148
附录八	基本触发器的逻辑功能	155
附录九	常见集成触发器	156
技能训练十五	集成计数器电路的识图	160
附录十	常见集成计数器	172
技能训练十六	寄存器电路的识图	175
附录十一	部分集成寄存器	182
技能训练十七	关于 A/D、D/A 转换器电路的识图	185
技能训练十八	数字电路的故障检测方法（二）	198

技能训练一 认识数字集成电路

数字电路是控制电路、通信电路和计算机电路的基础。现代数字集成电路产品已完全取代了早期由分立元件组成的数字电路。随着半导体技术的发展，数字电路产品的种类愈来愈多，功能也越来越强。通过本次实训，希望读者初步了解数字集成电路在使用方面的基本知识，熟悉数字集成电路的分类和主要技术参数。

第一部分 教学要求

一、目的要求

- (1) 了解常见数字集成电路的种类、封装。
- (2) 熟悉常见数字集成电路的特性及选用原则。

二、仪表、器材

器 材	数 量	估 价
各种封装形式的数字集成电路		

三、教学节奏与方式

项 目	时 间 安 排	教 学 方 式
1 阅读教材	课前	预习（自学）
2 教师讲授	3 课时	① 常见数字集成电路的封装 ② 数字集成电路的技术参数（重点） ③ 数字集成电路的选用原则
3 学生实作	1 课时	学生实作，教师指导

四、成绩评定

技能训练成绩		教师签名	
--------	--	------	--

（注：成绩评定的等级为优良、及格和不及格）

第二部分 教学内容

一、常见数字集成电路的种类、封装

1. 常见数字集成电路的种类

数字集成电路产品的种类繁多，目前中小规模数字集成电路最常用的是 TTL 系列和 CMOS 系列。它们又可细分为 $74 \times \times$ 系列、 $74LS \times \times$ 系列、CMOS 系列和 HCMOS 系列等。

表 1-1 所示为数字集成电路按工艺类型进行的分类。

表 1-1 数字集成电路按工艺类型的分类

系列	子系列	代号	名称	时间/ns	工作电压/V	功耗
TTL 系列	TTL	74	普通 TTL 系列 (某些资料上称为 N 系列或 STD 系列)	10	74 系列: 4.75~5.25	10mW
	HTTL	74H	高速 TTL 系列	6		22mW
	LTTL	74L	低功耗 TTL 系列	33		1mW
	STTL	74S	肖特基 TTL 系列	3	54 系列: 4.5~5.5	19mW
	ASTTL	74AS	先进肖特基 TTL 系列	3		8mW
	LSTTL	74LS	低功耗肖特基 TTL 系列	9.5		2mW
	ALSTTL	74ALS	先进低功耗肖特基 TTL 系列	3.5		1mW
	FTTL	74F	快速 TTL 系列	3.4		4mW
CMOS 系列	CMOS	40/45	互补型场效应管系列	125	3~18	$1.25\mu\text{W}$
	HCMOS	74HC	高速 CMOS 系列	8	2~6	$2.5\mu\text{W}$
	HCTMOS	74HCT	与 TTL 电平兼容型 HCMOS 系列	8	4.5~5.5	$2.5\mu\text{W}$
	ACMOS	74AC	先进 CMOS 系列	5.5	2~5.5	$2.5\mu\text{W}$
	ACTMOS	74ACT	与 TTL 电平兼容型 ACMOS 系列	4.75	4.5~5.5	$2.5\mu\text{W}$

2. 常见数字集成电路的封装

集成电路就是采用一定的生产工艺将晶体管、电阻、电容等元器件包括连接线路都集中在一个很小的硅片上，这个小硅片称为晶片。将晶片用塑料或陶瓷封起来，并引出外部连接线。其外形大小、形状和外部连接线的引出方式、尺寸标准称为集成电路的封装。为满足不同的应用场合，同一型号的集成电路一般都有不同形式的封装，在使用集成电路前一定要查清集成电路的封装，特别是在设计印制电路板时，初入门者往往会发生印制电路板做完后，在组装器件时因封装不对而造成印制电路板报废的情况。

随着集成电路安装工艺技术的发展，封装也在不断地发展，目前集成电路的封装规格不下数百种，以下是数字集成电路常见的几种封装形式。

(1) DIP 封装

DIP 封装又称为双列直插式封装，其外形如图 1-1 所示 [实物外形见彩图 1 (a)]，引脚数一般为 8, 14, 16, 20, 24, 28, 32, 40 等。引脚的间距为 0.1in (2.54mm)，集成电路的宽度一般有两种，引脚数在 24 以下的为 0.3in (7.62mm)，引脚在 24 以上的为 0.6in (15.24mm)，24 脚的集成电路两种宽度均有。

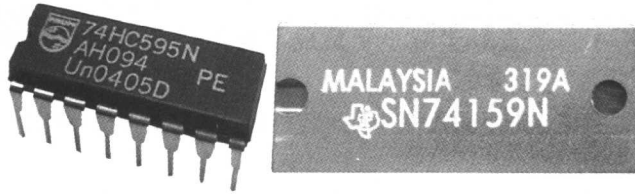


图 1-1 DIP 封装集成电路图

(2) 贴片封装

贴片封装种类很多，典型的 SOP 封装如图 1-2 所示 [实物外形见彩图 1 (b)]，此类封装安装时只需焊接在印制电路板表面，印制电路板不需打孔，因此也称为贴片封装。SOP 封装引脚的间距为 0.05in (1.27mm)，集成电路的宽度 (含引脚) 为 0.236in (6mm)。SOP 封装的集成电路体积小，可大大的减少印制电路板的面积，在自动化生产线上广泛使用。由于焊盘及焊盘间间距很小，手工焊接比较困难，故焊接该类集成电路时需要较好的焊接技术。

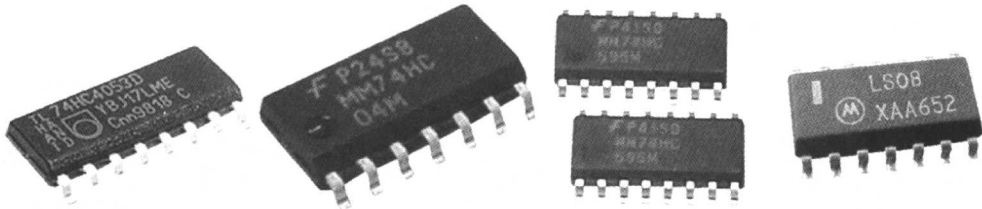


图 1-2 SOP 封装集成电路图

1968~1969 年飞利浦公司就开发出了小外形封装 (SOP)，以后逐渐派生出 SOJ (J 型引脚小外形封装)、TSOP (薄小外形封装)、VSOP (甚小外形封装)、SSOP (缩小型 SOP)、TSSOP (薄的缩小型 SOP)、SOT (小外形晶体管) 及 SOIC (小外形集成电路) 等，各封装引脚间距、外形尺寸不断缩小。目前集成电路的规模化生产均使用自动贴片机和波峰焊、回流焊等现代化生产技术，使用的集成电路均采用贴片封装。

(3) PLCC 封装

贴片式封装都是直接焊接在印制电路板上，但是这种方法对于使用中需要取下更换的集成电路十分不方便。PLCC 封装采用了 J 型引脚，使用时既可使用贴片方式焊接在印制电路板上也可使用 PLCC 插座安装在印制电路板上，如图 1-3 所示 [实物外形见彩图 1 (c)]。

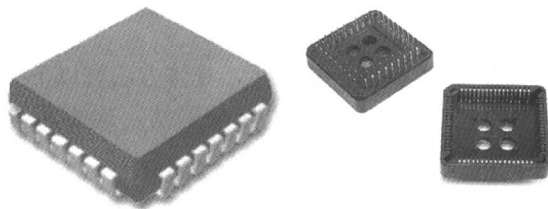


图 1-3 PLCC 封装集成电路与 PLCC 插座

(4) COB 和 BGA 封装

COB 封装即通常所称的“软”封装、“黑胶”封装，它将集成电路晶片直接粘在印制电路板上，用引脚来实现与印制电路板的连接，最后用黑胶包封。这类电路成本低，主要应用于电子表、游戏机、计算器等电子产品中，如图 1-4 所示 [实物外形见彩图 1 (d)]。

BGA 封装的引脚为球形引脚，而且球形引脚置于电路底面，不再从四边引出。BGA 封装进一步减小了集成电路器件的体积，是现代超大规模集成电路封装的发展方向。

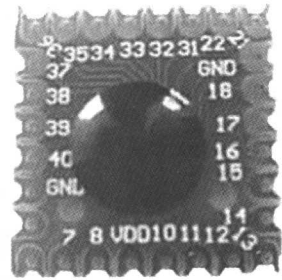


图 1-4 COB 封装集成电路

以上简单介绍了数字集成电路的几种基本封装，常见数字集成电路的封装图形参见附录一。

3. 数字集成电路的引脚

数字集成电路的引脚一般都在十几至几十个以上，如何识别引脚的编号对正确使用集成电路是至关重要的。实际应用中不乏将集成电路装反而烧坏器件的例子。

对于器件两边引脚封装的集成电路器件（如 DIP、SOP 等），顶面的一边有一个缺口，一般在文字的左侧。面对集成电路顶面，缺口朝左，则左下角的第一个引脚为 1 号，从 1 号开始逆时针顺序给引脚编号。

有些两边引脚封装的器件体积较小，封装上并无缺口，甚至第一引脚处的标记也没有，这一类器件就只能以文字方向辨别。

对于四边引脚封装的器件，其四个角有一个角为缺角，用于定位。这类器件在第一引脚处有一个标记，然后逆时针方向顺序排列，如图 1-5 中所示。

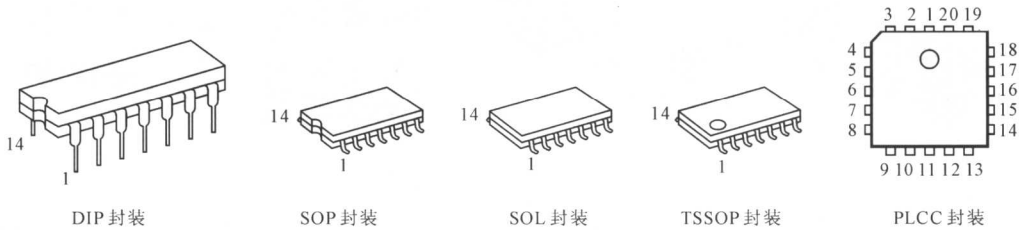


图 1-5 集成电路引脚排列

二、常见数字集成电路的特性及选用原则

1. 数字集成电路技术参数的获得途径

在使用某一集成电路前需要仔细阅读电路的技术参数，在信息技术发达的当今社会，获得技术参数的途径很多，但主要有两大来源。

(1) 来自数字集成电路数据手册

目前市面上各种各样的数字集成电路数据手册十分丰富，既有按某一类数字集成电路收集的综合性手册，也有各生产厂家提供的产品手册等等。

(2) 来自互联网

在互联网上查找集成电路的资料也十分方便，具体方法有以下 3 种：

① 互联网上有许多有关电子技术和集成电路的网站，这些网站一般都提供了集成电路的技术资料、供货情况甚至参考价格等信息，如

<http://www.ieechina.com>

<http://www.2lic.com>

<http://datasheet.find-ic.com>

<http://www.icmaster.com>

<http://www.partminer.com>

② 在集成电路生产厂家的网站上查找。互联网上提供集成电路技术参数资料的网站上一般都提供有国内外集成电路生产厂商的网址，这些生产厂家的网站上都会提供该公司产品的详细技术参数资料。

③ 使用通用搜索引擎搜索。在互联网的搜索引擎上直接输入需查找的集成电路的型号，如“74HC595”就能搜索到有关该集成电路的资料和有关信息。

互联网上提供的集成电路的数据表多数为“.pdf”文件，查阅此类文件需安装 Adobe Acrobat Reader 软件，此软件为免费软件，在提供资料的网站上一般都下载。

2. 数字集成电路的型号

数字集成电路的型号一般由五部分组成。

第一部分（字母）：前缀，我国国家标准为字母“C”+器件类型代码，国际上多为厂商代码。

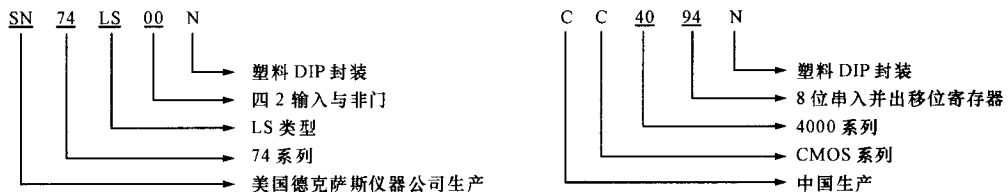
第二部分（数字）：系列代码，常见数字集成电路系列有“40”、“45”、“140”、“145”、“74”、“54”等。

第三部分（字母）：子系列代码，表示器件的工艺类型。无此部分时表示为普通类型。

第四部分（数字）：功能代码，表示该器件的逻辑功能。

第五部分（字母）：我国国家标准为“工作温度范围”和“封装形式”，国际上不同厂商的产品有不同的含义。

【例 1-1】数字集成电路型号举例。



部分国外数字集成电路厂商及其数字集成电路型号前缀、网址参见附录二。

同一系列数字集成电路中逻辑功能相同的数字集成电路，其外部引脚相同，如 74 系列中四 2 输入与非门有 7400、74LS00、74HC00、74ALS00、74HCT00 等，外部封装与引脚都相同，如图 1-6 所示。尽管它们有着相同的逻辑功能和外形，但它们的技术参数却不相同，使用中是否能直接代换需要根据技术参数来决定。

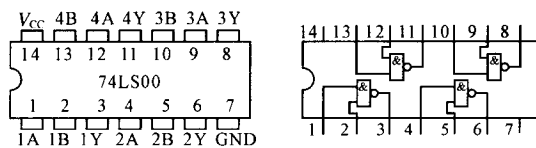


图 1-6 74LS00 引脚图与内部逻辑电路

3. 数字集成电路的主要技术参数

数字集成电路种类繁多，每一个品种的技术参数也很多，表 1-2 为 74LS00 的技术参数表。使用集成电路前必须仔细看懂技术参数表，才能正确地使用器件。下面以 74LS00 为例来分析数字集成电路主要技术参数的含义。

表 1-2

74LS00 的技术参数表

极限值

<p>若用于军事/航空等特殊领域，请联系国家半导体器件公司的销售商/分销商以获得更实用和详细的资料。</p> <p>工作电压 7V 输入电压 7V 自然通风时的工作温度范围 DM54LS 和 54LS -55°C ~ +125°C DM74LS 0°C ~ +70°C 储存温度范围 -65°C ~ +150°C</p>	<p>如果超过“极限值”，则不能保证设备安全工作。该器件不能在极限值下工作，且在极限值条件下工作时，也不能保证“电气特性表”中的数值。“推荐工作条件”表定义了实际的工作条件</p>
--	--

推荐工作条件

符号	参 数	DM54LS00			DM74LS00			单 位
		最小	正常	最大	最小	正常	最大	
V_{CC}	工作电压	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	高电平输入电压	2			2			V
V_{IL}	低电平输入电压			0.7			0.8	V
I_{OH}	高电平输出电流			-0.4			-0.4	mA
I_{OL}	低电平输出电流			4			8	mA
T_A	自然通风时工作温度	-55		125	0		70	°C

电气特性：满足自然通风时的工作温度范围（另有说明除外）

符号	参 数	条 件	最小值	典型值 (注 1)	最大值	单 位	
V_I	输入钳位电压	$V_{CC} = \text{最小}, I_I = -18\text{mA}$			-1.5	V	
V_{OH}	高电平输出电压	$V_{CC} = \text{最小}, I_{OH} = \text{最大}, V_{IL} = \text{最大}$	DM54	2.5	3.4	V	
			DM74	2.7	3.4		
V_{OL}	低电平输出电压	$V_{CC} = \text{最小}, I_{OL} = \text{最大}, V_{IH} = \text{最小}$	DM54		0.25	0.4	V
			DM74		0.35	0.5	
			DM74		0.25	0.4	
I_I	最大输入电压时的输入电流	$V_{CC} = \text{最大}, V_I = 7\text{V}$			0.1	mA	
I_{IH}	高电平输入电流	$V_{CC} = \text{最大}, V_I = 2.7\text{V}$			20	μA	
I_{IL}	低电平输入电流	$V_{CC} = \text{最大}, V_I = 0.4\text{V}$			-0.34	mA	
I_{OS}	短路输出电流	$V_{CC} = \text{最大}$ (注 2)	DM54	-20		-100	mA
			DM74	-20		-100	mA
I_{CCH}	高电平输出工作电流	$V_{CC} = \text{最大}$		0.8	1.6	mA	
I_{CCL}	低电平输出工作电流	$V_{CC} = \text{最大}$		2.4	4.4	mA	

动态特性： $V_{CC} = 5\text{V}$ $T_A = 25^\circ\text{C}$

符号	参 数	$R_L = 2\text{k}\Omega$				单 位
		$C_L = 15\text{pF}$		$C_L = 50\text{pF}$		
		最小	最大	最小	最大	
T_{PLH}	低电平到高电平延迟时间	3	10	4	15	ns
T_{PHL}	高电平到低电平延迟时间	3	10	4	15	ns

注 1. 所有典型值均为 $V_{CC} = 5\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

2. 每次不超过一个引脚，且持续时间不超过 1s

74LS00 为一个标准的与非门电路，使用者应当关心的技术参数主要有 4 类：电压转移特性、噪声容限、扇出系数和延迟时间。

(1) 电压转移特性

数字集成电路中的电位只有两种状态，即高电位和低电位，在正逻辑系统中高电位称为逻辑“1”状态，而低电位称为逻辑“0”状态，但实际电路中的电位还是有一个具体的数值的。那么电位究竟为多少就是高电位，多少才为低电位呢？下面这个实验可测出与非门输入电压与输出电压的关系，此关系称为与非门的电压传输特性。

测试电路如图 1-7 所示 [实物外形见彩图 2]。图示电路测试的是 74LS00 的第一个与非门，2 脚输入端接函数信号发生器。函数信号发生器输出设定为三角波输出，幅度为 2V。示波器设置为 X-Y 显示器，将输入电压送到 X 轴而将输出电压送到 Y 轴。这样示波器上就会显示为如图 1-8 所示曲线，该曲线的横坐标为与非门的输入电压，纵坐标为与非门的输出电压。具体的测量方法参见技能训练二。

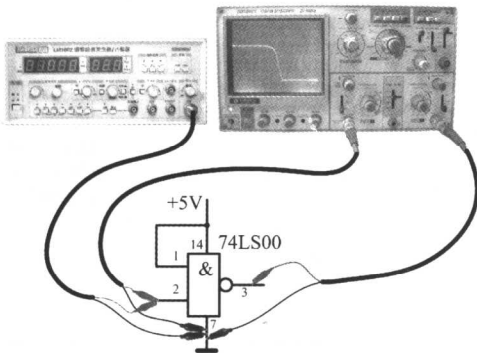


图 1-7 测试与非门电压传输特性的测量

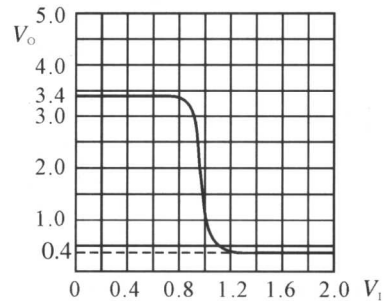


图 1-8 电压转移特性曲线

图 1-8 中曲线上任意一点所在的位置表示了每一个输入电压值所对应的输出电压值。从图 1-8 中可以看出，当输入电压低于 0.8V 时输出电压保持在 3.4V，而当输入电压大于 1.2V 时输出电压保持在 0.4V 左右。

当输入电压为 0.8~1.2V 之间时输出电压在 0.4~3.4V 之间迅速变化，这一区间称为“逻辑不明区”，实际使用时应当避免器件工作在此区间。

上述曲线是针对某一个具体器件测试得出的，由于参数的分散性，不同器件的曲线不可能完全一致。为规范设计标准，数字集成电路参数手册上规定了输入“0”、输入“1”、输出“0”和输出“1”四种不同状态时的电压值，称为四电压参数，如表 1-3 所示。

表 1-3

数字集成电路的四电压参数

(单位: V)

符 号	名 称	74 系列	74LS 系列	4000 系列	74HC 系列
V_{OH}	高电平输出电压	≥ 2.4	≥ 2.7	≥ 4.95	≥ 4.95
V_{OL}	低电平输出电压	≤ 0.4	≤ 0.4	≤ 0.05	≤ 0.05
V_{IH}	高电平输入电压	≥ 2.0	≥ 2.0	≥ 3.5	≥ 3.5
V_{IL}	低电平输入电压	≤ 0.8	≤ 0.8	≤ 1.5	≤ 1

注：本表中所有器件工作电压均为 5V

(2) 数字集成电路的噪声容限

当某电路的输出端信号送到其他电路的输入端时，为保证输入端能正确地接收信号，必

须满足以下条件：

$$V_{OH} \geq V_{IH} \quad (1-1)$$

$$V_{OL} \leq V_{IL} \quad (1-2)$$

如果仅仅满足 $V_{OH} = V_{IH}$ 、 $V_{OL} = V_{IL}$ ，似乎就能正确地传送逻辑信号，但是在传送过程中不可避免地要受到各种干扰而造成接收端接收不到正确的信息。信号传送过程中的主要干扰如表 1-4 所示。

表 1-4 信号传送过程中的主要干扰

原因	发送端	线路	接收端	影响因素
外界干扰				线路越长，环境干扰信号越强，工作频率越高，影响越大
导线电阻	高电位 2.7V		接收端电位低于发送端电位 $2.7 - I \cdot r < 2.7V$	线路越长，导线越细，负载越重（负载电流越大），影响越大
	低电位 0.4V		接收端电位高于发送端电位 $0.4 + I \cdot r > 0.4V$	

信号电位在传送过程中由于受各种干扰会发生畸变，如何保证接收端能正确接收到逻辑信号，除了尽量减少各种干扰因素以外，电路器件本身的抗干扰能力也是十分重要的。

将 74LS 系列的四电压参数表示在图 1-9 中可以看到，当电路输出为逻辑“0”时输出电压最高为 0.4V。将此信号传送到另一个电路的输入端时，只要不超过 0.8V，输入端就能准确接收到信息。也就是说，允许信号在传送过程中受到干扰而变化 0.4V，这一范围称为噪声容限，由于是低电平状态，也就称为低电平噪声容限，记为 V_{nl} 。同理，从图中可以看出高电平的噪声容限 (V_{nh}) 为 0.7V。

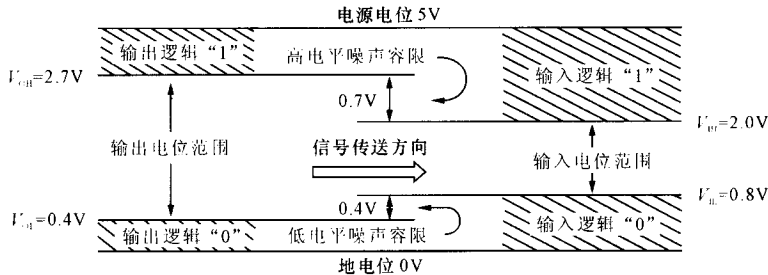


图 1-9 噪声容限示意图

噪声容限是用来说明数字集成电路抗干扰能力大小的参数。噪声容限大，说明抗干扰能力强；噪声容限小，则说明抗干扰能力弱。根据表 1-3 中的四电压参数可以得到各系列器件的噪声容限。从表中数据可以看到 CMOS 系列器件的噪声容限比 TTL 系列器件的要大得多，在干扰比较强的环境中应当选用 CMOS 系列器件以提高系统的稳定性。由于 CMOS 系

列器件的工作电压可以达到+15~+18V，因此使用高工作电压电路的噪声容限也会更高。

(3) TTL 电路的驱动能力

数字集成电路能输出的最大电流值称为该电路的驱动能力。根据负载电流是流入数字集成电路内部还是从集成电路流出，将负载分为两种类型：

- ① 拉电流负载，如图 1-10 (a) 所示。
- ② 灌电流负载，如图 1-10 (b) 所示。

图 1-11 所示电路测量的是与非门输出电流的大小。在图 1-11 (a) 中输入端接高电位，输出为低电位，因此测量的是电路灌电流的大小。按图中连接好电路，先将 RP 调到最大值，接通电源后逐渐减小 RP ，会发现随着 RP 的减小，负载电流逐渐加大而输出电压逐渐升高。与非门 74LS00 的 V_{OL} 应当低于 0.4V，但是当负载电流达到一定值后与非门的输出电压会升高到大于 0.4V。是该器件参数不合格吗？不是，是输出电流过大！因此电路在使用中输出电流不能过大。当输出电压上升到 V_{OL} 时的负载电流称为“低电平输出电流 I_{OL} ”，实际应用中负载电流不得超过此数值才能保证电路正常工作。

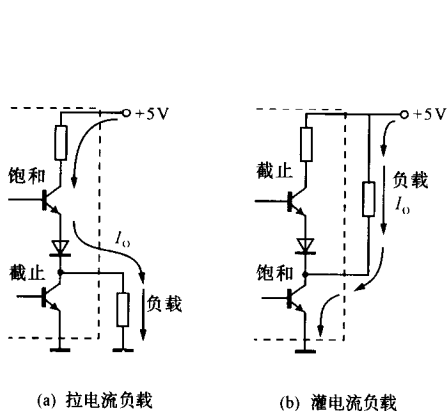


图 1-10 负载类型

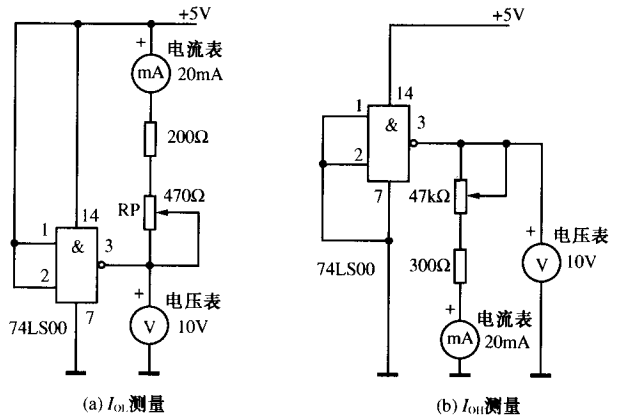


图 1-11 驱动能力测量

同理在图 1-11 (b) 中测量的是与非门的拉电流能力，当负载电流加大时输出电压降低，当输出电压降低到 V_{OH} 时对应的负载电流称为“高电平输出电流 I_{OH} ”。

表 1-5 是衡量数字集成电路驱动能力的四个电流参数，注意这四个电流参数，其参考方向均为从外部电路指向数字集成电路内部。

表 1-5 数字集成电路的四电流参数 (典型数值)

符 号	名 称	74 系列	74LS 系列	4000 系列	74HC 系列
I_{OH}	高电平输出电流	-0.4mA	-0.4mA	-0.51mA	-4mA
I_{OL}	低电平输出电流	16mA	8mA	0.51mA	4mA
I_{IH}	高电平输入电流	40 μ A	20 μ A	0.1 μ A	1 μ A
I_{IL}	低电平输入电流	-1.6mA	-0.4mA	-0.1 μ A	-1 μ A

(4) 扇出系数

在实际应用中一个电路的输出端往往要驱动多个电路的输入端，形成扇形结构（如图 1-12 所示）。扇出系数就是指一个输出端能驱动的输入端个数。由于电路对拉电流负载和灌电流负载的驱动能力不同，扇出系数分为高电平扇出系数和低电平扇出系数。