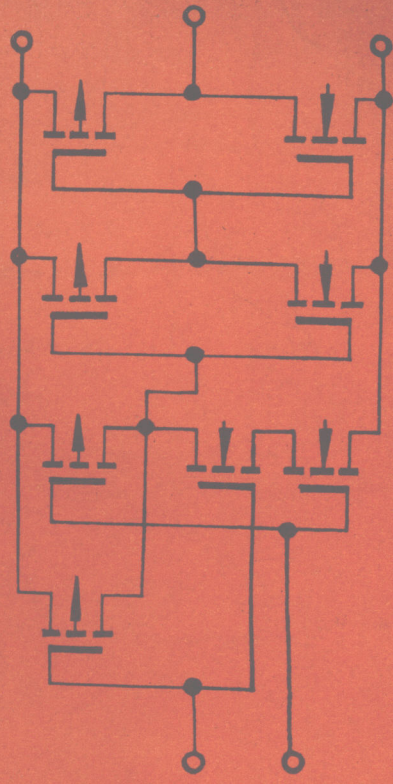
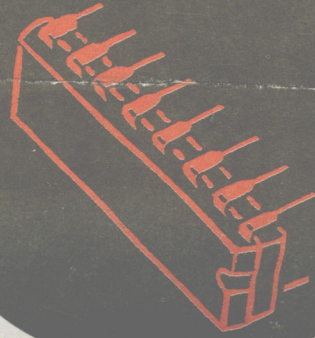
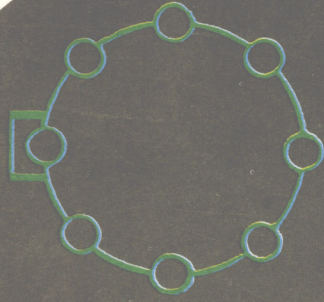
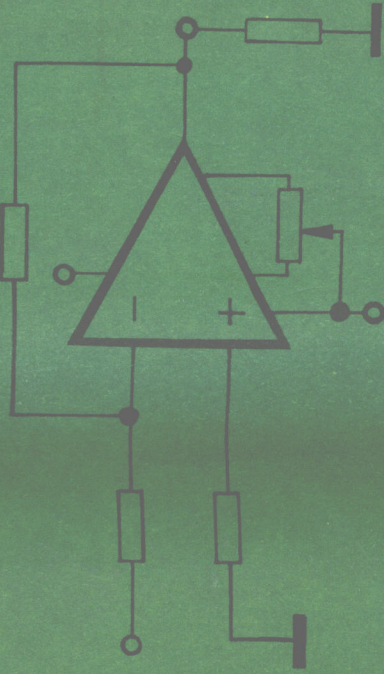
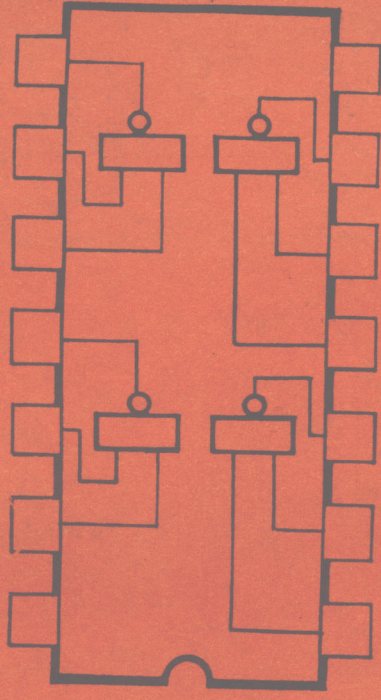


常用半导体器件手册

山东工业大学电子学教研室编

高等教育出版社



常用半导体器件手册

山东工业大学电子学教研室

高等教育出版社

内 容 提 要

本手册是根据高等学校电子类专业师生教学中的迫切需要而编写的。编入的内容侧重于模拟、数字及接口集成电路器件,包括常用器件的功能、技术指标、电路原理图、特性曲线,使用方法及典型应用举例等。手册编入的内容十分丰富,编写方式便于同类器件的相互比较与选择。本手册也可作为电大、中等专业学校师生教学时参考,对于从事与电子技术有关的工程技术人员也很有参考价值。

本手册经原教育部高等学校工科教材编审委员会电子技术编审小组委托北京工业大学陆培新、虞光楣及沈以清审阅,同意作为高等学校教学用工具书出版。

常用半导体器件手册

山东工业大学电子学教研室 编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

开本 787×1092 1/8 印张 21.25 字数 870 000

1993 年 11 月第 1 版 1993 年 11 月第 1 次印刷

印数 00001—1 600

ISBN7-04-000109-8/TN·3

定价 16.65 元

前

本手册是根据高等学校电子类专业师生在教学中的迫切需要而编写的。目的是为配合教学,给学生在进行与本课程有关的实践活动中,提供必要的基础知识和信息。从当前国内外科学技术发展情况看,集成电路在电子技术应用中已占主要地位。因此,本手册所编写的内容侧重于集成电路器件,且主要介绍一些对于学生较可能接触到的常用电路器件的功能、技术指标、电路原理图、特性曲线、使用方法及典型应用举例等,这些都是电子技术工作者在合理选择和正确使用半导体器件时必须具备的基本知识。本手册也可作为电大、中等专业学校电类师生教学参考资料和从事电子技术应用人员的简明工具书。

编写本手册的参考资料来源,主要是由上海无线电十四厂、秦安七四九厂、秦安八七一厂、北京八七八厂、常州半导体厂、上海八三三一厂、北京半导体器件研究所、长沙四四三五厂、南昌七四六厂、上海无线电七厂等四十多个厂家提供的,在此我们表示感谢。编入手册中的器件是以一九八四年底前定型生产的最常用最新器件,对于一些专业对口性

言

较强的电视机、微型机专用电路器件均未编入。为了配合教学及便于学生查阅,手册中集成电路部分是按功能分类编排的。

本手册的集成电路部分由陈达谋、施启能、张兴梅编写,分立元件(二极管、三极管)参数规范表由陈贻范、赵永健编写。全稿由陈达谋副教授负责汇总。本手册由北京工业大学陆培新副教授、虞光楣副教授及沈以清副教授等负责审稿。西安交通大学沈尚贤教授、清华大学童诗白教授、浙江工学院邓汉馨教授及国家标准化综合研究所童本敏同志等对本手册的编写提出了指导意见,在此表示谢忱。

由于我们水平所限,初次编手册缺乏经验,谬误之处在所难免,深愿读者摘其劣点以见教,俾得更知疏陋、冀补过于来日,幸甚。

编者

一九八五年十二月

第一部分 集成电路的符号和查阅说明	1
1-1 半导体集成电路型号命名方法	1
1-2 集成电路器件的封装外形	1
1-3 半导体集成电路的参数文字符号和电路功能端符号	2
1-4 集成电路器件的查阅方法	3
第二部分 集成电路的应用须知	4
2-1 模拟集成电路应用须知	4
2-2 TTL 数字集成电路应用须知	8
2-3 HTL 数字集成电路应用须知	10
2-4 CMOS 及 HS-CMOS 数字集成电路应用须知	11
2-5 ECL 数字集成电路应用须知	16
2-6 接口集成电路应用须知	18
第三部分 集成电路的参数规范及国内外型号对照表	20
3-1 国产集成电路各生产厂的器件品种和厂标代号一览表	20
3-2 模拟集成电路的参数规范及国内外型号对照表	21
(一) 运算放大器	21
(二) 线性放大器	24
(三) 低频(音频)放大器	24
(四) 集成稳压器及基准源	25
3-3 TTL 数字集成电路的参数规范及国内外型号对照表	26
(一) 中速 CT1000(74000) 系列及低功耗肖特基 CT4000(74LS000) 系列	26
——门电路、触发器及锁存器、计数器、寄存器、译码器及编码器、数据选择器	26
运算单元及奇偶校验器	26
(二) 高速 CT2000(74H000) 系列及甚高速肖特基 CT3000(74S000) 系列	26
——门电路、触发器及锁存器、计数器、寄存器、译码器及编码器、数据选择器、运算单元及奇偶校验器	34
3-4 HTL 数字集成电路的参数规范及国内外型号对照表	36
标准 CH2000 系列——门电路、触发器、计数器、寄存器	36
3-5 CMOS 数字集成电路的参数规范及国内外型号对照表	37
标准 CC4000/4500/14000/14500 系列——门电路、触发器及锁存器、计数器、寄存器、译码器及编码器、数据选择器及模拟开关、运算单元及奇偶校验器	37
3-6 HS-CMOS 数字集成电路的参数规范及国内外型号对照表	42
高速 CC74HC000/4000 系列及 CC40H000P 系列——门电路、模拟开关、触发器及锁存器、计数器、移位寄存器、译码器、数据选择器、运算单元及奇偶校验器	42
3-7 ECL (超高速) 数字集成电路的参数规范及国内外型号对照表	47
超高速 CE10k 系列、CE100k 系列及 CE8000 系列——门电路 触发器、计数器、译码器、数据选择器、运算单元、奇偶校验器及其它	47
3-8 接口集成电路的参数规范及国内外型号对照表	49

(一) 电压比较器	49
(二) 电平转换器	49
(三) 单稳态及施密特触发器、定时器	50
(四) D/A 及 A/D 变换器	52
(五) 线驱动器、接收器及其它驱动器	52
3-9 特殊功能电路参数规范及国内外型号对照表	53
锁相环及相位比较器、模拟乘法器、其它	53
第四部分 集成电路图及使用说明	54
(电路图或逻辑图、封装及外引线排列、电路说明、使用说明、典型接法、特性曲线、应用举例)	54
4-1 模拟集成电路	54
A——运算放大器	54
B——线性放大器	80
C——低频(音频)放大器	82
D——集成稳压器	86
E——模拟乘法器及其它	93
4-2 数字集成电路	95
F——门电路	95
G——触发器及锁存器	104
H——计数器	109
I——寄存器	115
J——译码器及编码器	119
K——数据选择器及模拟开关	125
L——运算单元及奇偶校验器	129
4-3 接口集成电路	134
N——电压比较器	134
O——电平转换器	137
P——单稳态触发器、施密特触发器及定时器	139
Q——D/A 及 A/D 转换器	143
R——线驱动器、接收器及其它驱动器	149
S——锁相环及其它特殊功能电路	150
第五部分 分立器件的参数规范及外形图	154
5-1 半导体分立器件型号命名方法及参数符号	154
5-2 半导体二极管的参数规范	154
(各类型二极管、数码管及光电器件)	154
5-3 半导体三极管的参数规范	158
5-4 晶闸管的参数规范	163
附录 5-1 半导体三极管新旧型号对照表	164
附录 5-2 部分半导体三极管特性曲线	165

第一部分

集成电路的符号和查阅说明

1-1 半导体集成电路型号命名方法

(一) 国标: 中华人民共和国国家标准 GB3430-82

(国家标准局 1982-12-31 发布 1983-10-01 实施)

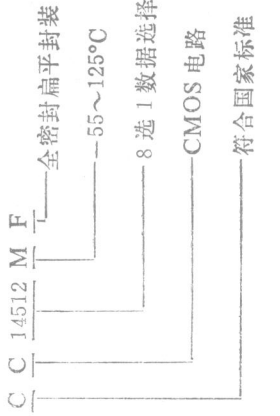
型号的组成: 器件的型号由五个部分组成,其五个组成部分的符号及意义如下:

第○部分		第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	
用字母表示器件符合国家标准		用字母表示器件的类型		用阿拉伯数字表示器件的系列和品种代号		用字母表示器件的工作温度范围		用字母表示器件的封装	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
C	中国制造	T	TTL	C(III)	0~70°C	W(A)	陶瓷扁平		
		H	HTL	E(II)	-40~85°C	B(B)	塑料扁平		
		E	ECL	R·I _A	-55~85°C	F	全密封扁平		
		C	CMOS	M(I)	-55~125°C	D(C)	陶瓷直插		
		F	线性放大器	⋮	⋮	P(D)	塑料直插		
		D	音响、电视电路	⋮	⋮	J(E)	黑陶瓷直插		
		W	稳压器	⋮	⋮	K(F)	金属菱形		
		J	接口电路	⋮	⋮	T(Y)	金属圆形		
		B	非线性电路	⋮	⋮	⋮	⋮		
		M	存储器	⋮	⋮	⋮	⋮		
		μ	微型机电路	⋮	⋮	⋮	⋮		

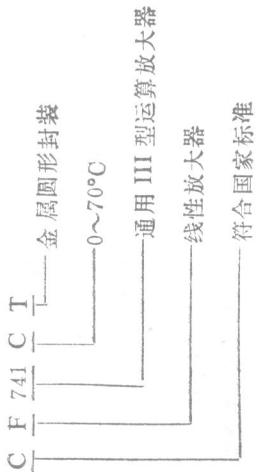
示例: 1. 低功耗肖特基 TTL 双 4 输入与非门



2. CMOS 8 选 1 数据选择器 (3S)



3. 通用型运算放大器



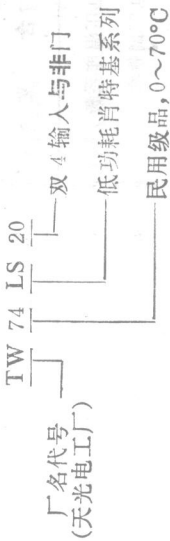
本手册编者注 1. 国标原无括弧内符号,之所以附上是考虑到目前部分厂家的器件型号采用国标命名法是处于过渡阶段。型号中的第○部分不标出;第三、四部分仍采用四机部部标准(SJ611-77)中的命名法,则第三部分是规格号,而第四部分封装形式和器件工作温度范围类别的符号表示分别如上表第四、三部分中括弧()内所示的符号及意义。

注 2. 部标准(SJ611-77)型号命名法,今后不再推行使用。

注 3. 国标第二部分中,除 TTL 电路和 3 端定压式稳压器的系列代号表示法外,其它电路系列和品种代号均与国际上一些先进公司通用标准序号的命名法相同。

(二) 厂标: 国内一些主要厂家对器件型号的命名法,是直接采用国际通用标型法,而封装形式的符号是采用国标或部标中的表示法。

示例: 1. 低功耗肖特基 TTL 双 4 输入与非门



2. 高速低压 CMOS 双 4 输入与非门



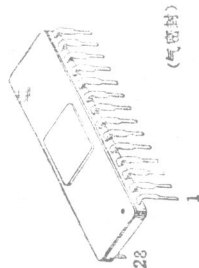
1-2 集成电路器件的封装外形

国标及部标的器件封装符号和外形

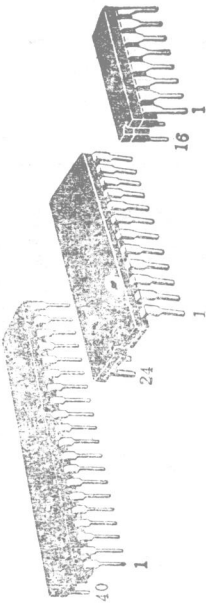
W (A)——陶瓷扁平封装 B (B)——塑料扁平封装 (S)——塑料单列式封装



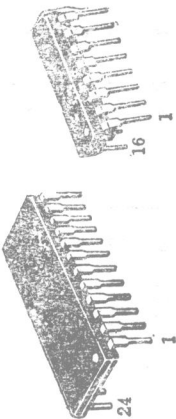
D (C)——白陶瓷双列直插式封装



J (E)——黑陶瓷双列直插式封装



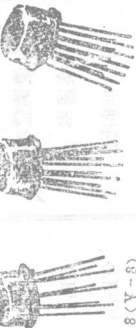
P (D)——塑料双列直插式封装



K (F)——金属菱形壳封装



T (Y)——金属圆形壳封装



说明: 1. 不加括弧的字母为国标符号,在括弧内的字母为部标符号。符号后的数是指脚数。

例 W-16 (A-16)——陶瓷扁平封装,16 腿。

2. 封装相同的国标器件和部标器件,封装外形尺寸不一。引线脚之间的间距: 国标——扁平型为 1.27 mm, 双列直插型为 2.54 mm; 部标——扁平型为 1.25 mm, 双列直插型为 2.50 mm。

3. 国标器件的封装外形尺寸制定标准与国际通用标准一致。同型号的器件可以直接互换。

4. 目前许多厂家所用的器件封装符号仍用部标符号,但封装外形尺寸已改用国际通用标准。

1-3 半导体集成电路的电参数文字符号和电路功能端符号

模拟集成电路电参数文字符号及电路功能端符号

符 号	含 义	符 号	含 义	符 号	含 义
电参数文字符号					
A_v	开环增益	S_T	电压温度系数	CS	限流保护端
A_g	开环增益	S_v	电压调整率	E-OUT	发射极输出端
A_{vD}	开环电压增益	T_A	工作温度范围	$E_{xt}\cdot C$	外部连接端
BW	带宽	THD	失真度	G_{1A}, G_{1B}	增益选择端
CMRR	共模抑制比	T_r	上升时间	GA	增益调节端
$f_c(G_B)$	单位增益带宽	V_{CC}	电源电压	GND	接地端
$f_h(BW)$	开环-3dB带宽	V_{EE}	电源电压	GSI	增益选择输入端
I_B	输入偏置电流	V_I	输入电压	HC_1, HC_2	外接保持电容端
I_{CCO}	静态电流	V_{ICM}	输入共模电压	I_{ABC}	偏置电流输入端
$I_N/\sqrt{f}$	$\frac{1}{f}$ 噪声电流	V_{IDM}	输入差模电压	IN_+	同相输入端
I_{LM}	最大输出电流	V_{Imax}	最大输入电压	IN_-	反相输入端
I_{OM}	最大输出电流	V_N	输出噪声电压	I_{out}	偏置电流控制端
I_{OS}	输入失调电流	V_O	输出电压	NC	空脚
I_Q	静态电流	V_{OPF}	输出电压摆幅	OA_1, OA_2	调整端
P_{CO}	静态功耗	V_{OS}	输入失调电压	OUT	输出端
$P_M(P_{OM})$	最大功耗	α_{IOS}	失调电流温漂	REF	内部参考点及MF
P_O	输出功率	α_{VOS}	失调电压温漂	R_X, R_Y	振荡器电源正端
P_{Omin}	输出最小功率	电路功能端符号			
PSRR	电源抑制比	A_{d1}	调整端	SIN-, SIN+	外接反馈电阻端
R_i	输入电阻	BI	外接偏置电阻端	信号输入端	
R_{id}	差模输入电阻	CASODE	端入级共基端	选通端	
R_L	负载电阻	CL	限流保护端	外接定时电容端	
R_o	开环输出电阻	C_{IN+}, C_{IN-}	载波输入端	正电源端	
r_o	动态输出电阻	COMP	补偿端	V_{EE}	负电源端
S_1	电流调整率	C-OUT	集电极输出端	V_I	稳压输入端
S_R	转换速率	CP _{IN}	CP输入端	V_{PE}	MF振荡器负电源端
S_r	纹波抑制比	CP _{OUT}	CP输出端	V_{REF}	基准电压端

数字集成电路电参数文字符号及电路功能端符号

符 号	含 义	符 号	含 义	符 号	含 义
电参数文字符号					
BV_{QER}	输出管击穿电压	t_{THL}	输出波形下降时间	BCD	二十进制码(除特殊说明外,为8421码制)
C_{IN}	输入电容	t_{TLH}	输出波形上升时间	$C(C_{IN})$ 及 C_s	控制输入及级联输入
C_L	负载电容	t_w	输入脉冲宽度	C_{ext}, C_{e1}, C_{e2}	外接电容端
f_{CP}	最高时钟频率	t_{WH}	高电平最小脉冲宽度	CF	级联反馈
(f_m, f_{MAX})	最高工作频率	t_{WL}	低电平最小脉冲宽度	$C_n, C_{n+1}, C_{n+2}, \dots$	第 $n, n+1, n+2, \dots$ 位进位输入或输出
f_{ToG}	单门平均值电源电流, 电源总电流平均值	V_{CC}	电源电压	CP, CP _A , CP _B , (CL)	时钟脉冲输入
I_{CC}	输出高电平电源电流, 输出低电平电源电流	V_{DD}	电源电压	CP _D (CP ₋)	减法时钟脉冲输入
I_{CCH}	静态器件电流	V_{EE}	电源电压	CP _U (CP ₊)	加法时钟脉冲输入
I_{CCL}	输出(吸入)驱动电流	V_{IH}	输入高电平电压	Cr	清除(一般指公共清除、清“0”)
I_{DD}	输出(供出)驱动电流	V_{IK}	输入钳位电压	CT	计数控制
$I_{DN}(I_{OL})$	电源电流	V_{IL}	输入低电平电压	D	D触发器、锁存器、寄存器
$I_{DP}(I_{OH})$	最大输入电压下输入电流	V_{IN}	输入高电平噪声容限	$D_0, D_1, D_2, \dots$	数据输入, 解调
I_E	输入高电平电流	V_{NH}	输入低电平噪声容限	(P_0, P_1, P_+)	第 0, 1, 2, ... 位寄存器, 计数器并行数据输入
I_I	输入低电平电流	V_{NL}	输出高电平电压	D_S, D_{SA}, D_{SB}	移位寄存器串行数据输入
I_{IH}	输入高电平电压	V_{OH}	输出高阈值电压	$D_{SL}(SL)$	左移串行数据输入
I_{IL}	输入低电平电压	V_{OHA}	输出低阈值电压	$D_{SR}(SR)$	右移串行数据输入
I_{IN}	输入电流	V_{OL}	输出低电平电压	D_{fi}	液晶显示频率输入
I_O	输出最大连续电流	V_{OLA}	关态输出电压	D_{fo}	液晶显示频率输出
$I_{O(off)}$	关态输出电流	$V_{O(off)}$	开态输出电压	DC	极性控制、正/反码控制
$I_{O(on)}$	开态输出电流	$V_{O(on)}$	电源电压	$E, E_N, E_P, E_T, (I_E)$	使能、允许控制、三态控制
I_{OH}	高电平最大输出电流	电路功能及功能符号			
I_{OL}	低电平最大输出电流	$A_0, A_1, A_2, \dots$	第 0, 1, 2, ... 位译码器地址	扩展端(双极型发射极, 非为集电极)	
I_{OO}	输出短路电流	A_{in}	输入; 显示译码器输入; 数据选择器选择输入; 全加器、算术逻辑单元、乘法器、原/反码单元数据输入	与扩展端(双极型发射极, 非为集电极)	
I_{OS}	输出短路电流	$(A_1, A_2, A_3, \dots)$	运算器第 1, 2, 3, ... 位数据输入	功能函数输出、全加器的和输出	
I_{OZ}	三态输出电流	$1A, 2A, 3A, \dots$	第 1 组, 第 2 组, 第 3 组, ... 门输入; 译码器输入选择	数值比较器 $A > B, A = B, A < B$ 输出	
I_{SE}	输入短路电流	A_{RO}, A_{RI}	第 0, 1 位读地址输入	偶数输出及奇数输出	
I_{XMAX}	扩展端电流	A_{WO}, A_{W1}	第 0, 1 位写地址输入	进位产生函数输出	
$N(N_O)$	扇出	A_C	比较器输入	进位传递函数输出	
P_D	空载功耗	A_s	信号输入	触发器	
R_L	负载电阻	A_v	压控振荡器输入	使能	
t_f	下降时间	$A, B, C, D, \dots$	门电路输入; 计数器预置输入; 字形译码器输入	进位产生函数输入	
t_h	保持时间	$a, b, c, \dots, g, (h)$	七段(八段)字形笔划代号或字段输出	高电平(在功能表内常用 1 表示)	
t_{pd}	传输延迟时间	$A > B, A = B, A < B$	数值比较器 $A > B, A = B, A < B$ 输入	第 0, 1, 2, ... 位编码输入	
t_{PHL}	高电平到低电平传输延迟时间	$B_0, B_1, B_2, \dots$	第 0, 1, 2, ... 位全加器、算术逻辑单元、乘法器数据输入	消隐(灭灯)输入	
t_{PLH}	低电平到高电平传输延迟时间			串行消隐(灭灯)输入	
t_{PZH}	高阻态到高电平输出使能时间			进位输入	
t_{PZL}	高阻态到低电平输出使能时间			禁止输入	
t_r	上升时间			J-K 触发器数据输入	
t_{REM}	最小撤消时间				
t_s	建立时间				

数字集成电路参数文字符号及电路功能端符号

续表

符 号	含 义	符 号	含 义
K	J-K 触发器数据 0 输入	S ₀ (Set“0”)	置 9
L (0)	低电平(在功能表内常用 0 表示)	S _D	与时钟和数据状态无关的置 1 输入
LD 及 LE	置入(预置数)控制及锁定使能	S _E	偶数输入
LT	灯测试输入	S _H (SH)	移位控制
M	加数/减数控制、模式操作控制	S _L	左移串行输入
MR	主控复位	S _{OD}	奇数输入
OFF	截止态	S _R	读选择;右移串行输入
ON	导通态	S _T (ST)	选通
P	计数器快速进位控制、运算器进位	S _W	写选择
	传递输出	SW	双向开关
P ₀ , P ₁ , P ₂ , ...	进位传递函数输入、并行数据输入	(T)	计数器慢速进位控制,同步输入
PC	相位比较器	TG	传输门
PE	预置选通	VCO	压控振荡器
PS(P/S)	并行-串行控制	W	选择器输出、模拟开关的通道
PP	相位脉冲	W _A , W _B	写输入
Q	触发器输出	X ₀ , X ₁ , X ₂ , ...	模拟开关的通道
Q ₀ , Q ₁ , Q ₂ , ...	第 0, 1, 2, ... 寄存器、计数器输出	Y	门电路、译码器、编码器、数据选择器输出
(Q _A , Q _B , Q _C , Q _D , ...)	计数器输出	(Y ₀ , Y ₁ , Y ₂ , ...)	输出
Q _{CB} (O _B)	计数器借位输出	Y _A , Y _B , Y _C , ...	译码器字段译码输出
Q _{CC} (O _C)	计数器进位输出	Z	高阻态(在功能表内),模拟开关的公共通道
Q _{CR} (O _{RC})	计数器串行时钟输出	3S	三态
Q _{RB} (O _{RB} , Y _{RB} , RBO)	串行消隐(灭灯)输出	×	任意态(在 T 000 系列中为不存在)
Q _L 及 Q _R	寄存器的左移及右移输出	↑	从低电平到高电平的跳变
R; R ₀	与时钟和数据状态有关的置 0 输入;置 0	↓	从高电平到低电平的跳变
R _D	与时钟和数据状态无关的置 0 输入	∅	不定态(在 T 000 系列中为任意)
R _{ext}	外接电阻端		(注: 功能端符号上加非号(例: $\bar{Y}$)者,表示低电平输入或输出有效)
R _{int}	读输入		
R _A , R _B	与时钟和数据状态有关的置 1 输入,		
S; S _A , S _B	置 1 数据选通、操作选择		

I-4 集成电路器件的查阅方法

本手册的查阅方法与国内外厂家的“器件手册”查阅法略有不同。本手册是按器件的功能分类来进行编排的。若要查阅某一功能器件的特性参数和应用说明,可直接先从各器件的参数规范表中查出所需器件的参数规范及对应的电路图

号,再根据电路图号去查得所用器件的电路、封装、特性曲线、使用说明及其典型应用。

电路图号的首字母为英文字母,它表示各种基本功能相同的器件所对应的电路图类:

- A——运算放大器; B——线性放大器; C——低频放大器; D——集成稳压器;
- E——模拟乘法器及其它; F——门电路; G——触发器; H——计数器;
- I——寄存器; J——译码器及编码器; K——数据选择器及模拟开关;
- L——运算单元及奇偶校验器; N——电压比较器; O——电平转换器;
- P——单稳态及施密特触发器; Q——D/A 及 A/D 变换器; R——线驱动器、接收器及其它驱动器;
- S——锁相环及其它特殊功能电路。

查阅例举

1. CF324 (F324)——运算放大器。先从目录中查知模拟集成电路运算放大器参数规范表的起始页是 21 页,从此页顺序找出 CF 324(在 22 页上),得其各参数规范及对应电路图号是 A28,而后再找电路图部分的图 A28,从中即可获得此器件的应用资料(67 页)。

2. CC4538(MC14538)——单稳态触发器 (MC14538 是美国 MOTA 公司的标型)。此器件是属接口电路,从目录中查得接口集成电路单稳态触发器部分参数规范及国内外型号对照表是在 50 页上,在此页中找出 CC4538 (或 MC14538)的参数规范及对应电路图号 P01,而后再找电路图部分的图 P01,从中即可获得此器件的应用资料。

3. TW74LS46——译码器。首先你应了解这是 TTL 电路器件,标型中: TW——秦安天光电子厂的厂名代号、74——TTL 电路国际通用标型法的 C 类级品(0~70°C)、LS——低功耗肖特基、46——器件品种的代号。此器件与国标 CT4046 型器件是相同的。查此器件先从目录中查知 TTL 数字集成电路(低功耗肖特基系列)参数规范表的起始页是 26 页,从此页顺序找出译码器部分中□74LS46(即 CT4046)的参数规范及对应电路图号 J07,而后再找电路图部分的图 J07,从中即可获得此器件的应用资料。

几点说明

1. 本手册对一些同类功能的器件,只选取几个典型的器件作详细介绍,其余器件仅介绍封装及外形排列、典型接线,或者仅指出其特殊点。
2. 各参数规范表的厂标型号列中,“□”号是厂名代号,究竟有哪些厂家生产此器件,可参见 20 页“国产集成电路各生产厂的器件品种和厂标代号一览表”,但由于我们搜集资料不全,表中情况仅作参考。
3. 相同逻辑功能的 TTL 电路和 HS-CMOS 电路的系列品种多,同一系列功能器件的标型法又有两种(国标和国际通用标),在电路介绍中,均用同一逻辑功能代号表示。如 20 电路——就是双 4 输入与非门。

在 TTL 电路中,为简化区分各系列电路,又采用如下表示:

- ‘20——7420(CT1020);’H20——74H20(CT2020);’S20——74S20(CT3020);’LS20——74LS20(CT4020)。
- 4. 由于本手册主要是高等学校大学生学习中使用,多数是仅给出 C 类器件的定额范围和参数指标。

品,故手册中各器件提供的参数指标,多数是仅给出 C 类器件的定额范围和参数指标。

以国标和国际通用标型器件所对应的数据。

- 5. 各种集成电路电参数规范表中,凡同一功能不同标型(国标、厂标及部标)的器件,表中给出的参数规范值,是指以国标和国际通用标型器件所对应的数据。
- 6. 有些厂家所供应的器件还分档,电路性能完全与国标标准相同的,不再表示档别,如低于国际水平的则用 B、A 档表示。B 档高于 A 档。

第二部分 集成电路的应用须知

2-1 模拟集成电路应用须知

(一) 模拟集成电路的特点及其发展趋向

模拟集成电路也称**线性集成电路**(Linear Integrated Circuits),是一种输出信号与输入信号成比例关系、而内部放大器件是工作在线性区的集成电路。线性集成电路有运算、音频、中频及宽带放大器,还包括集成稳压器和线性功率驱动器。这些电路广泛地应用于检测、控制、电视、音响、雷达、通信及计算机等系统中。

模拟集成电路往往以其精度、电压、功率及频带等方面的指标来衡量它的水平;而数字集成电路是以集成度、速度及功耗等来衡量它的水平。在集成度方面,模拟集成电路中,一般由 50 个以上元件组成的电路,称中规模电路,100 个以上元件组成的就称大规模电路。模拟集成电路按其使用特点可分两大类:1. 通用型电路,如运算放大器;2. 专用型电路上元件组成的就称大规模电路。模拟集成电路按使用特点可分两大类:1. 通用型电路,如运算放大器;2. 专用型电路上元件组成的就称大规模电路。模拟集成电路按使用特点可分两大类:1. 通用型电路,如运算放大器;2. 专用型电路上元件组成的就称大规模电路。

模拟集成电路与数字集成电路相比,其特点是:品种的门类多及参数指标差异大,电路的结构复杂及重复单元少,工艺的要求高及难度大,应用的范围广但用量较少。由于它使用的电源电压较高(通常大于 12 V)和电路设计中常须考虑晶体管、场效应管,电容及大电阻的互容性,所以工艺设计的难度大,这也就是它的发展速度慢于数字集成电路之主要原因。然而,近几年来,由于新工艺的出现和设计技术的改进,例如在运算放大器中采用了 CMOS 工艺设计,致使它的发展获得了较大的进展,形成模拟集成电路的发展趋势:一、如运算放大器是朝着高精度、低功耗及宽频带的方向发展;二、它与数字电路结合构成一些专用的、规模较大的综合系统块(或称系统集成),以缩减系统连线及提高工作可靠性;三、它与功率硅片结合形成高压大电流线性驱动电路,且打入电力控制系统应用领域中,促使电力控制系统再进行一次电子革命。也许,这类灵敏控制电力器件会从模拟、数字和接口等集成电路中独立出来,形成集成电路的新分支。

(二) 国际模拟集成电路系列产品种

国内的模拟集成电路品种目前还比较少,仅近百种,门类尚不齐全。国标的模拟集成电路系列产品种有:

1. **运算放大器** CF000 系列产品种,是参考美国 Fairchild 公司和 NS 公司的同类产品制定的。目前先优选 12 种,列入国标 CF 系列产品种。永红器材厂是我国运算放大器的重点生产厂,还扩充若干种新产品,部分将被列为国标系列产品种。(注: NS 公司——National Semiconductor Corporation)
2. **集成稳压器** CW 系列产品种又分多端式和三端式两种,主要是参考美国 NS 公司和少数先进公司的同类产品制定的,已优选 41 种。其中三端固定式的集成稳压器的国标型法,与 NS 公司的标型法不完全一致,如国标 CW178 $\times\times/278\times\times/378\times\times$ 中的数字首位 1, 2 及 3 是指电流定额为 1.5A, 0.5A 及 0.1 A, 分别对应 NS 公司 LM78 $\times\times/78\text{M}\times\times/78\text{L}\times\times$ 等电流类别产品。三端式品种是当前世界集成稳压器件销售量最大的品种。
3. **音响电路和电视电路** CD 系列产品种,是根据国内广播电视产品及音响设备的发展趋势,并参考日本东芝(Toshiba)、日立(Hitachi)、日电(Nippon Electric Co)及松下(Matsushita)等公司的系列产品制订的。先优选 32 种列为国标 CD 系列产品种,还将陆续补充。
4. **线性放大器** 系列产品种与运算放大器系列品种的国标型号一样,均用 CF 系列表示。线性放大器 CF 系列主要是参考美国 Motorola 公司的同类产品制定的。已先优选的 13 种列为国标。

顺便指出,国内模拟集成电路的部标品种和厂标品种中,部分产品的电路虽与国标系列产品中相应产品的电路完全相同(例如国标 CF741 与部标 F007),但由于工艺要求和芯片图形设计不一,性能指标有些差异,使用时应加注意。凡属国标标型的产品,其参数标准均与国外一些先进公司同类产品的现行技术标准一样。

(三) 运算放大器的定额、参数及其分类

为了让运算放大器 Op Amp(Operational Amplifier)不致损坏,应使它的工作不超出其最大极限使用范围。它的性能好坏,是用一些电参数来衡量的。

DC 主要参数 下面要介绍的几个重要参数,也是运算放大器生产厂在器件出厂前规定须测的主要参数。

1. **输入失调电压** $V_{I0}(V_{os})$ 一个理想的运算放大器,当输入电压是零时,输出电压应为零。但实际上,由于电路存在非对称性,输出电压总不为零。使输出电压为零所需的输入电压,我们称为输入失调电压 V_{I0} 。输入失调电压是运算放大器内部差分放大器对称度的标志,一般双极型器件 V_{I0} 的典型值为 1~2mV, CMOS 型器件的 V_{I0} 约为 10~

20 mV。失调电压 V_{I0} 与温度 T_A 有关。一般 V_{I0} 越小其温漂也越小。在一个直接耦合电路中, V_{I0} 越小越好,否则它将被放大,导致很大的直流误差,且不稳定。

表 2-1-1 双极型、MOS 型运算放大器的最大极限使用范围

1. 电源电压 $V_s, V_{\pm}$	双极型: $\pm 18\sim\pm 22\text{V}$; CMOS 型: 18V(*1)	*1 各器件的具体值,参见电路的参数规范表。
2. 内部功耗 P_{DM} (*2)	金属圆壳封装: 500mW; 双列直插式封装: 670mW (小型为 310mW); 扁平封装: 570mW	*2 当工作环境温度 T_A 高于 70°C 后, 功耗额定值随温度线性减少, 递减率对于金属封装为 6.3 mW/°C, 扁平: 7.1mW/°C, DIP: 8.3mW/°C (小型: 5.6mW/°C)
3. 差分输入电压 V_{IDM}	双极型: $\pm 5\sim\pm 30\text{V}$ (*1)	*1
4. 输入电压 V_{IM} (或共模输入电压 V_{ICM})	双极型: $\pm 10\sim\pm 15\text{V}$; (*3) CMOS 型: $-0.5\text{V}\sim V_{DD}+0.5\text{V}$	*3 当电源电压低于此值, 输入电压的最大极限值就应等于电源电压值。
5. 存放温度范围	金属圆壳及扁平封装: $-65^{\circ}\text{C}\sim+150^{\circ}\text{C}$ 双列直插式封装: $-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$	
6. 工作温度范围 T_A (*5)	采用 M (I) 类: $-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$, 例 CF741 工业用 C (III) 类: $0^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$, 例 CF741C	*5 对于 CMOS 型的器件 C 类: $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ (相当于部标 II 类级)
7. 焊接温度 (焊接时间 60s)	金属圆壳、扁平及陶瓷双列直插: 300°C (焊接时间 10s) 塑料双列直插: 260°C	
8. 输出短路时间 (*4)	例 CF709: 5s CF741, 748: 无限制	*4 短路是指输出端与地或者任一电源端, 工作环境温度 T_A 处于 $+125^{\circ}\text{C}$ (或者 75°C)。

2. **输入偏置电流** $I_{IB}(I_B)$ 一个理想运算放大器的两个输入端是不吸入电流的。实际上, 有偏置电流流入每个输入端。对于双极型运算放大器, 输入晶体管的基流就是输入偏置电流 I_{IB} , 典型值为 100 nA; 对于 MOS 管输入的运算放大器, 其 I_{IB} 值很小, 典型值为 1 nA。若信号源的阻抗很低, I_{IB} 对电路的影响可忽略; 但在高阻信号源电路中, 将有一个电压 ($I_{IB}\times$ 信号源内阻) 出现在放大器的输入端。它导致的误差也与 V_{I0} 一样, 且也与温度有关。

一个运算放大器的差分输入级的两个 I_{IB} 随着输入电压而变, 但它们之和保持不变。通常器件测试规定的 I_{IB} 是指运算放大器两个输入端的静态基极电流平均值, 即 $I_{IB}=(I_{IB+}+I_{IB-})/2$ (对于 MOS 管输入的器件, I_{IB} 是漏流, 不是规定必测的参数)。 I_{IB} 的大小也反映放大器输入电阻的大小, I_{IB} 越小, 输入电阻越大。

3. **输入失调电流** $I_{I0}(I_{os})$ 零输入时, 两个输入基极电流之差叫输入失调电流, $I_{I0}=|I_{IB+}-I_{IB-}|$ 。在一个具有简单输入级的运算放大器中, 如 CF709, I_{I0} 仅取决于两输入晶体管管的匹配。而在多数复杂的器件中, 如 CF741, I_{I0} 还取决于供给输入晶体管管信号电流的选配。
4. **开环电压增益** A_{vo} 开环电压增益是指放大器没有反馈时的电压放大倍数, 即放大器的输出信号与两输入端信号差之比。 $A_{vo}=\frac{\text{输出信号电压}}{\text{两输入信号电压差}}$; 若用分贝表示 $A_{vo}(\text{dB})=20\lg A_{vo}(\text{dB})$ 。

开环电压增益是运算放大器的一个重要参数之一。 A_{vo} 越大越好, 国产器件的 A_{vo} , 多数为 70~120 dB。

5. **共模抑制比** $K_{CMR}(\text{CMRR})$ 一个理想的运算放大器, 它对差模信号能进行放大, 而对共模信号则应有很强的抑制能力。实际上, 当加共模信号时, 输出端总是有被“放大”了的共模信号输出。对共模信号的电压增益叫**共模增益**, 对差模信号的电压增益叫**差模增益**(即 A_{vo})。 **共模抑制比**就是差模增益与共模增益之比, 它标志着运算放大器对输入端干扰信号的抑制能力。一般运算放大器的 K_{CMR} 为 80~100 dB。 K_{CMR} 越大, 抑制能力越强。

6. **电源电压抑制比** $K_{SVR}(\text{PSRR})$ 电源电压抑制比是运算放大器的电源电压变化对输出影响程度的度量参数, 它是输出电压变化量与电源电压变化量之比。通常, 电源电压变化量的取用值是器件电源电压允许变化范围内的差值。

例如,允许变化范围是±5 V至±20 V,即取用的变化量是40—10=30(V)。 K_{SVR} (PSRR) 可用 $\mu V/V$ 或者dB来表示,典型的运算放大器之 K_{SVR} 为30 $\mu V/V$ (90 dB)。

除上述6个DC主要参数外,运算放大器生产厂的器件Data手册中,也给出在器件(除特殊型器件外)出厂前规定为必测的另一些DC参数。这些参数有:输出摆幅 V_{OPP} ,输入电阻 R_i (R_i),输出电阻 R_o ,输出短路电流 I_{OS} (I_{sc}),电源电流 I_s (或者 I_{cc} 、 I_{DD}),静态功耗 P_D (P_{co}),输入失调电压调整范围 $V_{IO(ad)}$ ($V_{OS(ad)}$)。

DC参数测试电路

图2-1-1所示是基本运算放大器DC参数的测试电路。在图中:DUT——被测器件;MULL AMP——平衡放大器(或称检零放大器);50 k Ω ,50 Ω ——负反馈电路,反馈系数为1/1001 $\approx$ 1/1000;10 k Ω ——输入电流取样电阻; R_L ——DUT的负载电阻。

整个测试电路需要5个电源: V_+ 、 V_- 、 ± 20 V(或 ± 15 V)及回路控制电压 V_c 。回路控制电压 V_c 控制着 V_N 、输出点电压是 V_{Lo} ,回路控制电压 V_c 控制着DUT的输出电压作相应的跟随变化。

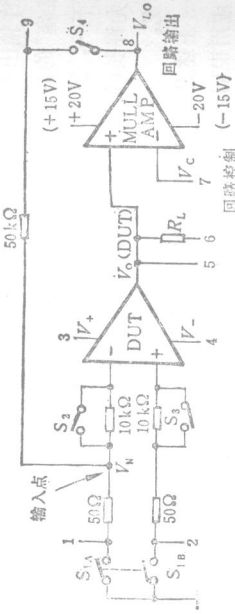


图 2-1-1 运算放大器 DC 参数的测试回路

表 2-1-2 运算放大器参数测试电路的操作及参数计算

项 目	合上开关	断开开关	接地	控制 V_c 电压	等效的 V_N 值	测量 V_{Lo} 值	参数计算
$V_{IO}(V_{OS})$	S_1, S_2, S_3, S_4	/	/	0V	$V_{N1} = V_{IO}$	$V_{Lo1}(V)$	$V_{IO} = V_{Lo1}/1000 (V)$
$I_{IB}(I_B)$	S_2, S_4	S_1, S_3	2	0V	$V_{N2} = V_{IO} - I_{IB(+)} \times 10k\Omega$	$V_{Lo2}(V)$	$I_{IB} = \frac{V_{Lo3} - V_{Lo2}}{2 \times 1000 \times 10k\Omega} (A)$
	S_3, S_4	S_1, S_2	2	0V	$V_{N3} = V_{IO} + I_{IB(-)} \times 10k\Omega$	$V_{Lo3}(V)$	
	S_1, S_4	S_3, S_2	/	0V	$V_{N4} = V_{IO} + I_{IO} \times 10k\Omega$	$V_{Lo4}(V)$	$I_{IO} = \frac{(V_{Lo4}/1000 - V_{OS})}{10k\Omega} (A)$
$A_{VO}(A_{VD})$	S_1, S_2, S_3, S_4	/	6	-10V +10V		$\frac{V_{Lo5}(V)}{V_{Lo6}(V)}$	$A_{VO} = \left \frac{1000 \times 20}{V_{Lo5} - V_{Lo6}} \right (V/V)$

测试方法举例:以CF741的参数测试为例。使 $V_+ = +15$ V、 $V_- = -15$ V、 $R_L = 2$ k Ω 。各开关操作及测试、计算式列于上表中,且仅介绍 $V_{IO}(V_{OS})$ 、 $I_{IB}(I_B)$ 、 $I_{IO}(I_{OS})$ 及 $A_{VO}(A_{VD})$ 等四个参数的测试法。

AC主要参数 AC参数通常不被规定为器件出厂的必测参数,在多数厂家Data手册中给出的数据是典型值。AC参数中较重要的是下面三个参数:

1. 上升时间 t_r 及过冲因数 $K_{(OV)}$: 一个放大器在特定条件下,可用简单的小信号阶跃响应测试法确定出输出波形的上升时间 t_r 及过冲因数 $K_{(OV)}$ 。然而,这两个参数又是分别与放大器的小信号带宽 BW 及稳定度直接相关的。例如CF741,当 $A_V = 1$ 时测得 $t_r = 0.35 \mu s$,则可根据 $BW (MHz) = \frac{0.35}{t_r (\mu s)}$,算出单位增益带宽 $BW_g \approx 1$ MHz。

多数厂家也常给出3 dB频带宽 BW ,它是开环增益下降3 dB所对应的信号频率值,是宽频带放大器的重要参数指标。

2. 转换速率 S_R (SR): 一个放大器在特定条件下的转换速率,是指信号输出电压随时间的变化率,故它也称为大信号响应速率(或压摆率),单位用V/ μs 表示。Data手册中给出的 S_R 值通常是指最坏工作情况(即作电压跟随器, $A_V = 1$)下的测定值。 S_R 的高低标志着器件可以运用的速度,高速运放的 S_R 可达10~100 V/ μs 。

运算放大器的参数符号说明 在上面介绍的运算放大器参数中,所用的参数符号均注出两种:一种是国标所规定的;另一种(在括弧内的)是本手册中所用的,后者的参数符号也是国内外电子技术教材中较常用的符号,它与美国Fairchild(仙童)公司Data手册中所用的符号基本一致。

运算放大器的分类:按内部所用的管型来分类,可分双极型、MOS型及混合型三种。但较常用的是按参数指标的高低来分类,如表2-1-3所示。

表 2-1-3 运算放大器参数分类 (*典型值)

参 数		通 用 型			特 殊 型					(注 1)
名 称	单 位	I 型	II 型	III 型	低功耗	高精度	高速	高阻	高压	CMOS型
输入失调电压 V_{I0} (V_{OS})	mV	6.5	7.5	6.0				30		50
输入失调电流 I_{I0} (I_{OS})	μA	2.5	0.5	0.2				<0.4nA		
输入偏置电流 I_{IB} (I_B)	μA	12	1.5	0.5				<1nA		<1nA
开环增益 A_{VO} (A_{VD})	dB	66	80	86		>100, (*120)				80
共模抑制比 K_{CMR} (CMRR)	dB	70	70	70		>90, (*110)				70
输入阻抗 R_{I1} (R_{id})	M Ω	0.01	0.035	0.3				>10 ³		>10 ³
失调电压漂移 $\alpha V_{I0} \left(\frac{dV_{OS}}{dT} \right)$	$\mu V/^{\circ}C$					<5				<50
失调电流漂移 $\alpha I_{I0} \left(\frac{dI_{OS}}{dT} \right)$	pA/ $^{\circ}C$					<150				
功 耗 P_D (P_{GO})	mW	120	200	85	<6	150	300			$I^+ = 0.3mA$
单位增益带宽 BW_G (GB)	MHz		(注 2)	1.0, (注 2)			65*			
转换速率 S_R (SR)	V/ μs			0.5			>10			2
输入噪声电压 $V_{NI}/\sqrt{f}$	nV/ $\sqrt{Hz}$					8*				
电源电压 (典型值) V_S (V_+ , V_-)	V		± 15	± 15				± 28	10	
最大输出幅度 V_{OPP}	V	± 4.5	± 10	± 12				> ± 20	8	
最大共模输入电压 V_{ICM}	V	$+0.7,$ -3.5	± 8	± 12				± 22		
最大输出电流 I_{OM}	mA			± 5				$+40,$ -18		
表中参数外的其他参数相当于					通用 III	通用 III	通用 II	通用 II		
代表性器件		CF702	CF709C	CF741C	CF253C	CF725C	CF715C	F3140	F1436	14573

注 1: CMOS 运算放大器是属于低功耗、高阻型器件。注 2: 3dB 的 BW ; 709C——10kHz; 741C——7Hz。

(四) 运算放大器的使用特点

运算放大器(简称运放)是模拟集成电路中应用最广泛的一种器件。在需要有运算器件的各种系统中,由于应用要求不一,对运算器件的性能要求也不一。因此,需设计出的运算器件品种繁多,目前国内就已有七十余种。这些结构不同及性能指标不同的器件,在使用方法上各有差别,很难于象数字集成电路那样集中地来加以介绍。下面仅就如何选择器件及一些共同性的使用方法作简要介绍。

如何选择运算器件?

运算放大器最基本的用途是作直流放大器、交流放大器和积分器。在直流放大应用中,运算器件的某些电特性会使输出有误差。如果误差部分比理论计算的输出值小很多,就可以忽略因运放特性所引起的影响;但是,如果误差部分过大,就必须把误差减到最小。导致直流输出电压误差部分的因素主要是输入失调电压、输入失调电流、输入偏置电流及温漂等四种特性。当运放作交流放大器时,由于耦合电容的作用,隔开了直流输出电压误差对交流输出的影响,因而上述四种特性在交流放大应用中的影响可以忽略。然而,在交流放大应用中出现的是频率响应及转换速率等两个特性对放大性能的限制。频率响应一般是用电压增益与频率之间的关系曲线来表示,生产厂家的器件手册中往往也提供这条特性曲线。从曲线上一眼可看出,在一个特定频率下可具有多大的增益。若是在某特定的应用频段中,运放的增益变化

较大,以致产生频率失真,满足不了应用要求,就应采取措施,必要时可换用较合适的器件。在作大信号放大的应用中,若输出变化跟不上输入变化,输出电压波形将发生失真。引起这种失真的原因,主要是运放器件的转换速率太低。运放在作积分器的应用中,输入偏置电流特性往往是引起积分误差的主要因素,其次是温漂、输入失调电流及输入失调电压。至于频率响应及转换速率等特性的影响,一般可以不计及。

综合上述,在表 2-1-4 中,列出了不同应用要求、运放特性对工作性能的影响。对具体应用来说,例如:要设计一个

表 2-1-4 运算放大器的应用和影响工作的特性

能影响工作性能的 运算放大器的特性	运算放大器的应用				
	DC 放 大 器		AC 放 大 器		
	小信号输出	大信号输出	小信号输出	大信号输出	积分器
1. 输入失调电压	是	可能	不	不	长延时
2. 输入失调电流	是	可能	不	不	是
3. 输入偏置电流	是	可能	不	不	是
4. 漂移	是	不	不	不	是
5. 频率响应	不	不	是	是	不
6. 转换速率	不	不	不	是	不

小信号的直流放大器,就应计及表中的头四个特性。此时应选取低失调、低漂移的运放器件较为合适。若取用高精度低漂移的运放器件(如 CF725)可获得更满意的结果。要设计一个 D/A 变换器中的高速且大信号(峰值约 5 V)输出的放大器,就应计及表中的后二个特性。采用 CF741 器件,其转换速率 S_R 为 0.5 V/ μ s。若还满足不了要求,就应考虑采用高速型的运放器件(如 CF 715)。要设计一个长延时控制系统中的积分器,就应计及表中的头四个特性。一般说来,由于输入偏置电流是影响积分误差的主要因素,往往采用 JFET 输入或 MOSFET 输入的高阻型运放器件(如 F3140)较易满足设计要求。

应指出,上述仅是从一个侧面来谈如何选取运放器件的问题,并不是问题的全部。应用要求是多种多样的,选取运放器件时,要涉及的特性也不仅是上述的六个特性。例如野外便携式检测器中所用的运放器件,应是有低压、低功耗和可单电源供电的器件。查阅本手册“运算放大器参数规范表”中数据及器件,不难找出,采用 CF124、CF158 等器件是最为合适。

几点使用问题:使用运放器件时,调零、频率补偿、减少噪声影响及故障防护等四个问题是最基本的。

1. 调零 在有调零 OA 端的运放器件中,一般可调输入失调电压范围 $V_{IO}(\text{abj})$ 约为 $\pm 15 \text{ mV}$,但生产厂家往往对民用类器件的这个参数指标是不进行审核及筛选的。调零方法有内部调零和外部调零两种,各运放器件的内部调零法,在本手册各具体器件的典型接法电路中均有介绍,至于外部调零法可参考 CF 741 器件电路中的介绍。

2. 频率补偿 早期的运放(如 BG305、5G23),似乎频率特性不错,且增益也较高,但为防止自激振荡,需外接频率补偿电路。许多较新型的运放器件的电路设计,已是尽量把一些频率补偿元件(如补偿电容)移入电路内部,形成内补偿式的器件。这些器件的外引线数少,使用法较简单。

在多数器件应用中都存在着频率补偿问题,尤其是高速型运放器件,均需外接频率补偿元件后,才能获取较好的频率特性,以满足应用要求。在本手册中,对这类外接补偿式的运放电路介绍,均附带给出了各典型闭环增益应用下的外接补偿电容和补偿电阻的推荐选取值(生产厂家提供的)。在使用时,也可适当变动取值,且采用简单的阶跃响应测试法,来校验电路的输出波形上升时间及过冲量,以满足具体应用的要求。

3. 减小噪声影响 噪声是一种不规则的干扰信号,其频率范围很广(0.01 Hz 至 1MHz)。在运放器件应用电路中的噪声,分内部噪声和外部噪声两种。内部噪声可以采用附加低噪声前置放大器,以提高信杂比的方法来减小其影响。

外部噪声的影响可以通过恰当的电路设计来减小,方法有:在负反馈电阻 R_F 上,并接一只小电容(如 3pF),则可减小高频时的噪声增益;电路设计时,尽量不用大电阻;不要把电容并接在输入电阻上或者跨接在反相输入端与地之间。

4. 故障预防 使器件造成永久性损坏的根本原因,是器件使用超出了它的最大极限使用范围。在实际使用中,电源电压偶而过高,输出端瞬态对地(或电源端)短路及接地不良时由输入端袋入高电压等都可能使器件造成永久性的毁

坏。毁坏器件的象征,是管脚间短路或者开路。多数情况下,由过压引起的是管脚短路;由过流引起的是管脚开路。在使用中,也常遇到另一种非破坏性的故障。例如,由于输入信号过大引起的堵塞现象,这时器件的工作情况,犹如毁坏性的现象,输出端的电压总是偏在正电源电压值(或负电源电压值)上。区别这类故障,可把电源切断片刻后再重新加上,将可使器件工作恢复正常。对于上述的两种故障,无论何种应用场合,均应加以防护。防护的方法,在本手册编入的重点器件电路应用说明中,均有介绍。

除通用 I、II 型的运放器件外,多数的运放器件在内电路设计上就考虑了输入和输出的保护问题。这类器件的特点是:输入级往往引入钳位和恒流控制电路,允许输入电压范围较宽,不易产生“堵塞”;输出级有限流或者短路保护电路,允许输出端至地或电源端的短路时间较长,有的允许持续性的短路。CF741 器件就是允许输出持续性短路和不会发生“堵塞”的器件。但也应指出,国内许多仿 μ A741 生产 F007 器件的厂家,由于采用的工艺要求与 CF741 器件的工艺要求不一,虽此两个器件的电路结构和参数指标完全相同,但 F007 器件的输出端只允许 80 mA 短路电流流历时通过,而不允许长时持续性的短路。对于一些暂时列为厂标、未正式改为国标(或者国际较通用标型)的器件,也存在有类似的情况。

上述几点,均是运放器件使用中较共同性的问题。至于各个器件的较详细使用法,可参见手册里各器件电路中的具体应用说明。

(五) 集成稳压器的分类及其定额参数

稳压器也称电压调整器(Voltage Regulator)。随着集成电路技术的发展,特别是大规模集成电路的应用,对电子设备电源的要求越来越高。这就促使了集成稳压器的研制朝着综合小型化、低功耗、大电流、性能指标高及使用要简单可靠等方向发展。七十年代中,美国仙童公司的 μ A7800 正压系列及 μ A7900 负压系列的所谓三端固定电压式集成稳压器的问世,就标志着集成电源的一大进步。这类器件已把过去多端式集成稳压器需外接的取样电阻、消振电容以及扩流功率管等均聚集在同一单片上,形成了只有输入、输出及公共(地)三端的器件。它极大地简化了电源的设计,且使用方便。又因经过精心的电路设计,它还具有稳压性能指标较高和保护电路更完善的特点。随后,在八十年代初,三端可调式稳压器 LM117 正压系列、LM137 负压系列和 7800、7900 系列中,输出电流可达 5 A、10 A 的器件出现,又标志着集成电源再进一步。这类器件已更能适应于多种不同电压等级和电流等级的电子设备电源之需要。目前,具有低功耗的开关式集成稳压器已有兴起的趋势,一旦它所需外接的端子数再减少,将可能引起集成电源更进一步。

分类:集成稳压器的分类:按封装的外引线端数分,有多端式、三端式和四端式;按输出电压情况分,有正压或负压、固定电压式或可调电压式;按允许输出电流大小分,有小功率和大功率(一般指 $I_O \geq 1 \text{ A}$ 的器件)。此外还有其它的分

类。目前,以串联可调式集成稳压器的品种和器件较多。

最大极限范围:要确保器件不致于毁坏,应使器件的工作条件不超出它的最大允许使用范围。例如,对 CW117/317 三端可调正压集成稳压器的最大极限范围,由制造厂家规定:

输入-输出电压差:	40 Vdc	功耗	:内部限制
工作结温		存放温度	
M类(CW117):	-55°C~+150°C	F-2 钢壳棱形封装	: -65°C~+150°C
C类(CW317C):	0°C~+125°C	S-3 塑料模压功率型封装	: -55°C~+150°C

管脚温度: F-2 型封装(焊接时间 60s) $\rightarrow$ 300°C; S-3 型封装(焊接时间 10 s) $\rightarrow$ 230°C

主要参数:在选择集成稳压器时,应先根据所需稳定输出电压 V_O 和最大工作电流 I_{OM} 来选取器件,其次应注意所选用的器件的主要性能指标(电压调整率 S_V 、负载调整率 S_I 、纹波抑制比 S_r 及电压温度系数 S_T)是否能满足电源设计的要求。各主要参数的定义如下:

电压调整率 $S_V = \frac{\Delta V_O}{\Delta V_I} \cdot 100\% \mid I_O = I_{OM} \text{ (单位: \% / V)}$ —— V_I 变化 10% 时, V_O 的相对变化量;

负载调整率 $S_I = \frac{\Delta V_O}{V_O} \cdot 100\% \mid \Delta I_O = I_{OM} \text{ (单位: \%)}$ —— I_O 由 0 变到 I_{OM} 时, V_O 的相对变化量;

纹波抑制比 $S_r = 20 \lg \frac{V_{ipp}}{V_{opp}} \mid I_O = I_{OM}, f = 100 \text{ Hz (单位: dB)}$ —— v_i 与 v_o 的 100 Hz 交流分量比;

电压温度系数 $S_T = \frac{\Delta V_O}{V_O} \cdot 100\% \mid I_O = 5 \text{ mA} \text{ (单位: \% / } ^\circ\text{C)}$ —— 温度变化引起 V_O 的相对漂移量。

表 2-1-5 几种常用美型集成稳压器的主要性能指标 (条件 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$)

型号或系列		多端可调式		三端定压式		三端可调式	
参 数	单 位	CW723	CW104	$78\times\times/78\text{M}\times\times/78\text{L}\times\times$	$79\times\times/79\text{M}\times\times/79\text{L}\times\times$	CW317	CW337
输出电压范围 V_O	V	2~37	0.015~40	$\times\times=5, 6, 12, 15, 24$ ($\pm 4\%$)	$\times\times=-5, -6, -12, -15, -24$ ($\pm 4\%$)	1.2~37	-1.2~-37
输入电压范围 V_I	V	9.5~40	8~50	35, 35, 35, 35, 40	-35, -35, -35, -35, -40	42	-42
最大输出电流 I_{OM}	A	0.15	0.025	1.5/0.5/0.1	-1.5/-0.5/-0.1	1.5	-1.5
电压调整率 $S_V \leq$	%/V	0.1	0.03	0.1~0.18	0.1~0.18	0.07	0.07
负载调整率 $S_I \leq$	%	0.15	0.1	0.1~0.5	0.1~0.5	0.5	0.5
纹波抑制比 S_r^*	[dB]	74	>74	66/70/39	60/59/36	30	80
最大功耗 P_{DM}	W	0.8	0.5	内部限制	内部限制	内部限制	内部限制

注: 电压调整率也称线性调整率(Line Regulation)。在有些制造厂家的产品数据手册中, 对不同类型稳压器, 它的注意不同: 定压式器件中是指特定 V_I 变化范围内对应 V_O 的变化量(单位为 mV); 在有些可调式器件中是指特定 V_I 变化范围内所对应的 V_O 相对变化值(单位为 % V_O)。负载调整率的定义也是如此, 不同之处是指特定 I_O 变化量所对应的 V_O 变化量或相对变化值。

(六) 集成稳压器的几点使用问题

多端可调式稳压器的结构原理及使用法, 在许多已出版的“电子技术”教材中有较详细的介绍。在本手册中的几种常用器件(如 CW723、CW104)的电路说明中也有简要介绍, 在此就不再赘述。下面仅介绍三端式稳压器在使用中的几点应注意的问题。

1. 改善稳压器工作稳定性和瞬变响应的措施

三端式稳压器各系列器件的典型应用电路, 如图 2-1-2 所示。推荐引入图中所示的旁路电容 C_1 及 C_2 , 可使稳压器

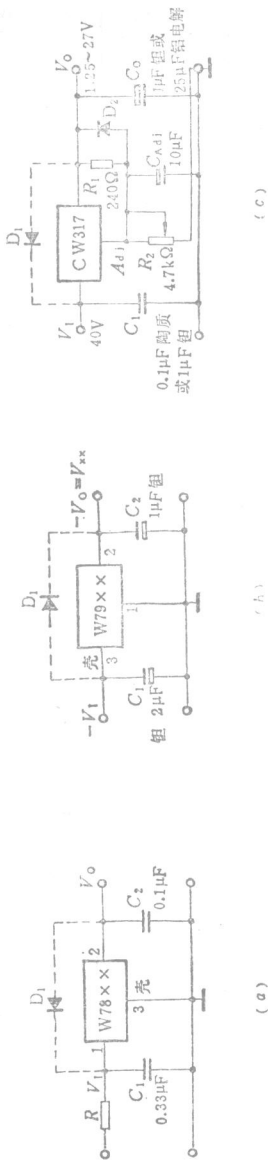


图 2-1-2 三端式稳压器的典型应用电路

在整个输入电压和输出电流变化范围内, 提高工作稳定性和改善稳压器的瞬变响应。为获取最佳的效果, 推荐的选取值分别注在图中各系列器件的典型应用电路上; 电容器应选用具有较好频率特性的陶瓷贴片电容或钽电容为宜; 在焊接电路时, 电容应尽量接近稳压器件。输入端电容 C_1 的引入可减小稳压器对输入线阻抗变化和外界电量冲击的敏感度, 若再要压低这个敏感度, 可在输入线上串入一只阻值适当的电阻 R (如图 2-1-2(a) 中所示)。若定压式稳压器的输出端不加 C_2 和可调式稳压器的输出端不加 C_2 , 则稳压器的输出端本身已是不稳定的。而引入了 C_2 或 C_2 , 主要是为了改善稳压输出的瞬变响应(即如负载电流突变, 对应输出电压的抖动应小)。但其取值不妥, 可能会引起过大的振铃(阻尼振荡)。对于可调式稳压器 C_2 的取值, 推荐选用 $1\mu\text{F}$ 的铝电解电容或者 $25\mu\text{F}$ 的钽电容, 将可避免在输出端出现这种现象, 且能保证稳压器工作稳定。

在可调式稳压器的调整端 Adj 与地端之间引入电容 C_{Adj} , 可提高纹波抑制比 S_r 。若取 C_{Adj} 为 $10\mu\text{F}$, 在输出电压 $V_O=10\text{V}$ 情况下, 对 100Hz 的信号, 可改善 S_r 约 12dB 。可调式稳压电路中的取样电阻 (或称编程电阻) R_1 和 R_2 在电路中安装时, 电阻 R_1 的连接应尽可能靠近稳压器件, 电阻 R_2 的接地引线端应尽可能拉到与负载的接地端接在一起(如图 2-1-2(c) 中所示), 以进一步改善负载调整率。

2. 确保不损坏器件的措施

此类器件的电路内部虽具有较完善的保护电路, 一旦输出发生过载或者短路, 可自动限制器件内部的结温不超过器件设计的规定值(如 C 类器件 $T_{Jmax} = +125^{\circ}\text{C}$), 但这不等于器件在使用时绝对不会出现毁坏的可能。若器件使用条件超出其规定的最大极限范围, 器件是要毁坏的。此外, 如果对应用电路的设计和处埋不妥, 一旦发生故障, 器件也可能造成永久性的破坏。这里较重要的一点是, 此类器件与其它类型的稳压器件一样, 不允许有过量的反向冲击电量袭入内部(特别是由稳压器的低电流点袭入)。因此, 对于电路中具有较大的外接电容 (如 $C_O > 25\mu\text{F}$, $C_{Adj} > 10\mu\text{F}$, $C_2 > 25\mu\text{F}$) 或者输出电压超过 7V 的应用场合, 在电路上应附加保护二极管 D_1 及 D_2 (如图 2-1-2 中所示), 来旁路掉一旦输入或输出发生短路时, 储能电容的放电电流对器件的袭入。在定压式器件中, 当公共端与地点脱开或虚焊时, 切勿带电进行补接, 否则将损伤器件。

3. 输入电压值的确定

稳压器的输入电压值, 是设计具有滤波电路的不稳压电源和确保稳压器是否工作在最佳状态的重要依据。输入电压 V_I 的计算, 应考虑到如下的因素: 输出电压 V_O 及其调节范围 ΔV_O ; 器件的输入和输出间的压差 $(V_I - V_O)_{min}$; 不稳压电源输出的纹波电压 V_{RIP} ——10%; 电网电压变动引起的 ΔV_I ——10%; 整流二极管管压降和电源内阻的变化——1V。

例如, 对于一个 12V 的稳压器(W7812), 其输入电压 V_I 可根据下式来确定。

$$V_I = V_{Omax} + (V_I - V_O)_{min} + V_{RIP} + \Delta V_I + V_D = 12.6 + 2 + 1.46 + 1.6 + 1 = 18.66(\text{V})$$

对于此类稳压器, 一般 $(V_I - V_O)$ 在 $4\text{V} \sim 10\text{V}$ 之间具有较好的稳压输出特性, 制造厂家在测试参数时, 是取 $(V_I - V_O) = 7\text{V}$, 即 $V_I = 12\text{V} + 7\text{V} = 19\text{V}$ 基本上也与上述计算值相符。

4. 散热问题的考虑

虽然此类稳压器具有内部功耗限制特性, 但为了使器件的工作性能指标值处在手册数据表中规定的数值范围内, 必须使器件的工作结温保持在最大特定温度之下(对于 M 类是 $+150^{\circ}\text{C}$, C 类是 $+125^{\circ}\text{C}$)。不同封装的器件, 最大允许封装功耗值(在周围环境温度 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 时规定)——钢壳梯形 F-2 型封装为 2.8W , 塑料模压 S-3 型(或称塑胶功率 SP 型)封装为 1.8W , 金属圆壳 Y-3 型封装为 0.67W , 塑料模压小功率 S-1 型封装为 0.69W 。当器件在使用时, 要超出此功耗值, 就必须附加散热器 (Heat Sink), 以使器件内部的热量散发到周围的空气中。

要选择或设计一个散热器, 设计者必须先确定下列稳压器的参数:

$P_{D(max)}$ ——最大功耗: $(V_I - V_O)I_O + V_I I_Q$

$T_{A(max)}$ ——稳压器在工作时可能所处的最高周围环境温度

$T_{J(max)}$ ——由制造厂家规定的最高工作结温

θ_{JC}, θ_{JA} ——由制造厂家规定的管壳到管壳和管壳到周围环境的热阻值(参见表 2-1-6)

θ_{CS} ——管壳到散热器的热阻, 对于 F-2 型及 S-3 型封装的器件, 其值大约在 0.2°C/W 至 1°C/W 范围内, 具

体取值决定于器件与散热器之间的表面接触质量。

θ_{SA} ——由散热器制造厂家规定的散热器到周围环境的热阻值。

$$P_{D(max)} = \frac{T_{J(max)} - T_A}{\theta_{JC} + \theta_{CA}} \quad \text{或} \quad \frac{T_{J(max)} - T_A}{\theta_{JA}}$$

其中 $\theta_{CA} = \theta_{CS} + \theta_{SA}$ (不带散热器)

计算 T_J : $T_J = T_A + P_D(\theta_{JC} + \theta_{CA})$
或 $T_J = T_A + P_D\theta_{JA}$ (不带散热器)

表 2-1-6 各种封装的热阻值

封 装	W7800/7900		CW317/337	
	$\theta_{JC}(\text{TYP})$ $\theta_{JA}(\text{TYP})$	$\theta_{JC}(\text{MAX})$ $\theta_{JA}(\text{MAX})$	单位	$^{\circ}\text{C/W}$
F-2	3.5 40	5.5 45	2.3	—
S-3 (SP)	3.0 60	5.0 65	—	5.0
Y-3	18 120	25 180	—	—

当 $P_D=(V_I-V_O)\max\times I_{Omax}>P_D(max)$ 时,要加散热器。计算散热器的 θ_{SA} 可根据下式求出

$$\theta_{SA}=\frac{T_J-T_A}{P_D}-(\theta_{JC}+\theta_{CS})$$

依求出的 θ_{SA} ,去确定所需散热器的型号或计算所需散热器的尺寸。例如,要决定一个 $T_A=0^{\circ}C\sim 60^{\circ}C$, $T_{J(max)}=125^{\circ}C$, $I_{Omax}=0.8\text{ A}$, $(V_I-V_O)\max=10\text{ V}$, $\theta_{JC(max)}=5^{\circ}C/W$ 所需的散热器。若设 $\theta_{CS}=0.13^{\circ}C/W$,则可求得 $\theta_{SA}=3^{\circ}C/W$ 。依此值,若选用一块 $120\times 120\times 4\text{ mm}^3$ 的铝板来作散热器,则可满足要求。

散热器安放在装置中,应注意与器件接触传热和放置在有利于热辐射及对流的地方,在此就不介绍。

模拟集成电路中的线性放大器,低频(音频)放大器及特殊功能器等部分内容,因各类器件的性能参数及使用法差异均较大。各个器件的应用法均分别直接放在各具体器件电路内容中介绍。

2-2 TTL 数字集成电路应用须知

(一) TTL 电路特点及应用范围

TTL(Transistor-Transistor Logic)电路——称为晶体管-晶体管逻辑电路,是一种双极型的数字集成电路。它与 HTL、CMOS、ECL 等数字电路的性能比较,参见表 2-2-1。它与 RTL、DTL、HTL 等早期数字集成电路相比,在

表 2-2-1 TTL 电路与HTL、CMOS、ECL 电路的性能比较

特 性	单 位	TTL				HTL	CMOS		ECL
		TTL CT1k 系列	STTL CT3k 系列	LSTTL CT4k 系列	CH2k 系列		CC4k 系列		
基本门		与非	与非	与非	与非	与非	或非		或/或非
门传输延迟时间	ns	10	3	9.5	110	60(10V)	2		25
门功耗	mW	10	19	2	75	0.01(10V)	145		(50)
最小直流噪声容限	mV	M/C: 400/400	500/300	500/300	2000	0.3V _{DD}	V _{DD} =5~15V		V _{EE} =-5.2V
最大 I _{OL} (或 I _O)	mA	16	20	8	16	1.1	0.99V _{DD} /0.05		-0.88/-1.75
电源电压	V	V _{CC} =5V	5	5	15	0.6	50		
V _{OH} /V _{OL}	V	3.4/0.2	3.2/0.2	3.4/0.35	13/1.5				
功率速度积	pJ	100	57	19	8250				
时钟翻转频率	MHz	35	125	50	2.5	5(10V)	200		

开关速度、功耗和带容性负载能力等方面的指标明显地较优。因此,在 60 年代中,它的出现就很快地取代了 RTL、DTL 等电路在中、高速数字系统中的应用地位。但由于它的噪声容限较 HTL 电路低,在要求抗干扰性能强的系统应用中,还取代不了 HTL 电路的实用领域。60 年代末,功耗甚低,抗干扰能力较强、速度较低的 CMOS 电路和速度较快、逻辑摆幅较小的 ECL 电路的出现,对 TTL 电路是个冲击。可是到 70 年代初,TTL 电路中,低功耗肖特基 LS 系列电路的出现,把电路功耗减少到约五分之一,速度仍较高,这就使 TTL 电路的生命力又活跃起来。促使集成电路的发展,主要是在提高可靠性、提高集成度、降低功耗及提高速度等方面的竞争。80 年代初,TTL 电路中又出现了先进的肖特基 AS-TTL(1.5 ns/门,22 mW/门)和低功耗先进肖特基 ALS-TTL(4 ns/门,1 mW/门)等新系列产品,集成度可达每片 500~1200 门,使之打入了超高速 ECL 和低功耗 CMOS 电路 HC 系列的出现及其发展,再次更猛烈地冲击着 TTL 电路。

TTL 电路是集成电路发展较早的一种电路系列。由于速度功耗指标较合理、带容性负载能力强、且有一定的抗干扰能力及使用方便等特点,因此在中、高速标准逻辑电路分支中应用仍较广,如用于各种电子计算机、数字化仪表、仪器、工业自动控制、数字通信等设备、仪器中。尤其是与微型计算机、大规模集成电路配合构成逻辑电路的系统应用中,TTL 电路的应用仍占主导地位。目前,在世界集成电路市场中,TTL 电路的销售量居第二位,仅次于 CMOS 电路。

(二) 国标 TTL 电路系列产品

我国早期 TTL 电路系列,是由四机部标准化所规定的部标 T000 系列。此系列产品是参照美国 Texas 公司的 SN74 系列,结合国内实际情况设计的。其各项参数指标较 74 系列略低。为使我国集成电路产品早日按国际通用标准

靠型,国家标准局于 1982 年 12 月批准了全国集成电路标准化技术委员会拟订的国标集成电路型号命名方法和各种电路系列品种。国标 TTL 电路系列产品,主要是参考美国 Texas 公司的 SN 54/74 各系列产品种制订的。结合国内实际需要和根据国外 TTL 电路发展的趋向,优选了 319 个品种,分为 M/C(即 54/74)两类。这些系列品种的参数标准全部采用 Texas 公司现行标准,可以完全互换。

国标 TTL 电路,按功耗及速度不同划分为四个系列:即中速(或称标准)CT1000 系列、高速 CT2000 系列、甚高速肖特基 CT3000 系列及低功耗肖特基 CT4000 系列,这些系列划分方法分别是对应于 Texas 公司 54/74 的 000、H000、S000 及 LS000 系列。各品种又按允许的工作条件不同,分 M 和 C 两类级品,分别对应于 54 和 74 类。

M 类(即 54 类)级品是专门为国防军事工程配套需要设计的,在电路结构和工艺设计上都采用了特殊措施,保证在环境温度 T_A 为 $-55^{\circ}C\sim +125^{\circ}C$ 的全温范围内和电源电压在 $4.5V\sim 5.5\text{ V}$ 范围内能稳定可靠工作,而且具有较强的抗干扰和抗辐射能力。C 类(即 74 类)级品是专门为工业和民用部门配套而设计的,它与 M 类相比,成本较低,工作条件范围较窄,保证在环境温度 T_A 为 $0^{\circ}C\sim +70^{\circ}C$ 的全温范围内和电源电压在 $4.75V\sim 5.25\text{ V}$ 范围内能稳定可靠工作。目前多数厂家对分类的表示法,是采用惯用的部标温度分类法。标 I 类相当于 M 类,标 III 类相当于 C 类。某些厂家由于在工艺上采取了一些措施,也供应 II 类($-40^{\circ}C\sim +85^{\circ}C$)级品,电参数属 C 类。

国标 CT1000、2000、3000、4000 四个系列与部标 T000 系列产品的区别,参见下表 2-2-2。

表 2-2-2 TTL 电路部标系列和国际系列产品的区别

内 容		部标 T000 系列(中速、高速)	国标 CT1000~CT4000 系列(四种)
使用温度范围	分四类; I: $-55^{\circ}C\sim +125^{\circ}C$ (全军温)	分两类; M(或 D): $-55^{\circ}C\sim +125^{\circ}C$ C(或 III): $0\sim +70^{\circ}C$ V: $25^{\circ}C$	分两类; M(或 D): $5V\pm 10\%=4.5V\sim 5.5V$ C(或 III): $5V\pm 5\%=4.75V\sim 5.25V$
	II: $-40^{\circ}C\sim +85^{\circ}C$ (半军温)		
电源电压 V _{CC} 范围	III: $-10^{\circ}C\sim +70^{\circ}C$		
	V: $25^{\circ}C$		
普通门的负载能力	扇出 N	$\frac{8}{12.8}$ (中速); $\frac{8}{16}$ (高速)	$\frac{10}{16}$ (中速); $\frac{10}{20}$ (高速及 S); $\frac{20}{8}$ (LS)
	-I _{OL} (mA)		
开关速度	慢	快	
对输入电路的要求	对是否有阻尼二极管不作规定	必须有阻尼二极管	
封装外壳尺寸	公制标准	英制标准	
引线间的间距	扁平为 1.25mm; 双列直插为 2.50mm	扁平为 1.27mm; 双列直插为 2.54mm	

TTL 电路四个系列的电参数规范。以双 4 输入与非门为例来说明,列于下表 2-2-3 中。

表 2-2-3 国标 TTL 电路各系列的电参数规范及其测试条件(以 20 电路为例)

双 4 输入与非门——国 标及国际通用标准型号		CT1020M/C 54/7420		CT2020M/C 54/74H20		CT3020M/C 54/74S20		CT4020M/C 54/74LS20		单位
推荐工作条件		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
电源电压 V_{CC}	M (54) 类	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5
	C (74) 类	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25	4.75	5	5.25
高电平输出电流 I_{OH}				- 400			- 500			- 400
低电平输出电流 I_{OL}		M/C (54/74)		16			20			4/8
工作环境温度 T_A	M (54) 类	- 55	+ 125	- 55	+ 125	- 55	+ 125	- 55	+ 125	°C
	C (74) 类	0	70	0	70	0	70	0	70	

续表

参 数	测试条件	MIN	TYP*	MAX	MIN	TYP*	MAX	MIN	TYP*	MAX
V_{IH} 高电平输入电压		2			2			2		V
V_{IL} 低电平输入电压	$M/C(54/74)$	0.8		0.8				0.8		0.7/0.8 V
V_{IK} 输入钳位电压	$V_{CC}=MIN, I_{I1}^{**}$ 分别为-12, -8, -18, -18mA	-1.5		-1.5		-1.5		-1.2		-1.5 V
V_{OH} 高电平输出电压	$V_{CC}=MIN, V_{IL}=V_{ILMAX}, I_{OH}=MAX$	2.4	3.4		2.4	3.5		2.5	3.4	V
V_{OL} 低电平输出电压	$V_{CC}=MIN, I_{OL}=MAX, V_{IH}=2V$	0.2	0.4		0.2	0.4		0.5	0.4	V
I_I 最大输入电压下的输入电流	$V_{CC}=MAX$	1		1				1		mA
I_{IH} 高电平输入电流	$V_{CC}=MAX$	40		50						μA
I_{IL} 低电平输入电流	$V_{CC}=MAX$	-1.6		-2				-2		mA
I_{OS} 短路输出电流	$V_{CC}=MAX$ 短路一个, $\blacktriangleright$ 不能超过1秒	-20/-18	-55	-40	$\blacktriangleright$ -100	-40	$\blacktriangleright$ -100	-20	$\blacktriangleright$ -100	mA
I_{OCH} 输出高电平电源电流	$V_{CC}=MAX$	2	4	5	8.4	5	8	0.4	0.8	mA
I_{OCL} 输出低电平电源电流	$V_{CC}=MAX$	6	11	13	20	10	18	1.2	2.2	mA
I_{CC} 每门平均电源电流 (50%占空比)	$V_{CC}=5V, T_A=25^{\circ}C$	2		4.5		3.75		0.4		mA
N 扇出		10	10	10	10	10	10	10/20		
传输延迟时间	C_L^{**} 分别为 15, 25, 50, 15pF R_L 分别为 400, 280, 280, 2k Ω	11	22	6	10	4.5	9	15		ns

注 * 所有典型值均指 $V_{CC}=5V, T_A=25^{\circ}C$ 下的值。
** 测试条件列中的 I_I, C_L, R_L 后的数值排列分别是对应于器件型号‘20,’H20,’S20,’LS20的测试条件值。

从表 2-2-3 TTL-20 电路的各系列参数规范中可看出, TTL 电路各系列产品的输入、输出特性指标是较相近的。对于其他品种——各类门、触发器、计数器、译码器……等的情况也是如此。基本直流参数的离散性不大。

若从表 2-2-1 和表 2-2-3 中,就(速度 $\times$ 功耗)和噪声容限 ($V_{NH}=V_{OHmin}-V_{IHmin}, V_{NL}=V_{ILmax}-V_{OLmax}$)等指标来看,四个系列中以 CT4000(54/74LS000)系列的指标最优,因此国家推荐在今后的科研、工业应用中应尽可能选用此系列品种。目前国外,此系列的产量已占 TTL 电路总产量的一半以上,价格已与标准系列的价格接近,而我国也必将在今后几年后形成这样的局面。

(三) TTL 电路的基本电路结构

TTL 电路的基本电路结构是与非门。在图号 F01 中示出了 TTL-20 电路各系列的电路结构图, 各电路主要由输入级、驱动级和输出级等三部分组成的。下面将侧重于介绍大家较生疏的‘LS20 电路结构。

第 I 部分为输入级, 它的作用是完成与功能并辅以实现高性能。‘20,’H20 及 ‘S20 电路是采用多发射极输入

形式,’LS20 电路是采用肖特基二极管输入的 DTL 输入形式(注:LS 系列的各类产品中, 绝大部分器件的电路是采用这种输入形式)。

‘LS20 电路因采用 DTL 输入形式,可消除多发射极输入存在交叉漏电流的缺点,使输入漏电流减少,输入阻抗提高,因而也就提高了 LSTTL 电路的输出能力。采用肖特基二极管, 它的开启电压比普通 Si 二极管低 0.2 V 左右,因此开启动快,有助于提高速度。再者,它的击穿电压一般在 10 V 以上, 所以对此系列的器件, 不用 的输入端可直接连到 V_{CC} 上。

国标 TTL 电路各系列产品的输入端,规定均必须内接阻尼二极管,用来起钳位作用,以控制负向振铃的幅度。

第 II 部分为驱动级,它的任务是供给输出管有足够的驱动电流,并对输入信号起倒相作用。‘S20 及 ‘LS20 电路中还引入有源泄放网络,用于改善电路的瞬态特性。此外,此网络的引入还有助于提高电路的抗干扰能力和改善电路的高低温特性。

第 III 部分为输出级,它是一个推拉的图腾柱输出结构。‘H20,’S20,’LS20 电路中,由二只三极管 构成达林顿上拉电路,其内阻对输出下拉管来说是一个动态电阻。由于上下两输出管为互补工作,因此不论开态或关态均有很低的输出阻抗,例如 LS20 电路的 $Z_{OH}\approx 50\Omega, Z_{OL}\approx 30\Omega$ 。这样,电路既有很强的驱动能力,可以驱动大的容性负载,同时由于高 β 值的复合管达林顿放大器作用,可减弱负载漏电对高电平的影响。标准 20 电路中的上拉电路是引入一只二极管,作用是确保在下拉管导通时,上拉电路是截断状态。

‘LS20 电路中,上拉输出管的基极下拉电阻(4 k Ω)不是直接接地,而是接至输出端。这样既降低了功耗,又可在小电流输出情况下,允许输出高电平上拉到只比 V_{CC} 电源电压低一个 V_{BE} 电压值。此外,为了改善输出波形,加快电路的上升速度,在输出端接两只肖特基二极管,以钳制输出的正向过冲,使上升速度加快。

TTL 电路的输出级结构,除了上述以 20 电路为例介绍的图腾柱(也称标准)输出形式外,还有三态 3S 输出形式(如 125 电路) 和集电极开路 OC 输出形式(如 22 电路)。它们各具有不同特点:图腾柱输出形式的电路驱动能力较强,适于带容性负载;三态输出形式的电路适于总线结构需要;集电极开路输出形式的电路具有线与功能,适于总线驱动,可直接驱动变压器、指示灯等负载,还可作 TTL 电路与其他集成电路互连时的接口电路。

在上面对各系列的基本电路介绍中,当然还应注意到,CT3000(S000)系列和 CT4000(LS000)系列的电路之所以能实现高速度,关键是采用了肖特基二极管钳位抗饱和技术。关于这点,一般书上均有介绍,在此就不加赘述。

TTL 各系列中的其他功能电路结构,其输入和输出电路形式和上述基本电路中的输入和输出电路形式, 多数是相同的。这也就是 TTL 电路中,同系列各种功能器件的基本直流参数多数是一致的原因。

(四) 集成电路使用注意事项及 TTL 电路使用法

在使用时为了不损坏器件,并能发挥电路的应有性能,应注意集成电路使用中的共同问题和各种电路使用中的具体要求。

集成电路使用注意事项

(1) 应先根据手册查出该型号器件的资料,按所给的外引线排列图接线,按参数表所给规范进行测试及使用,不得超过最大额定值(如不得超过规定的电源电压范围和环境温度范围),否则将损坏器件。

(2) 为保证电路的性能,测试所用的电源应稳压,并在电源引线端并接大的旁路电容,以避免由于电源通断的瞬间变化产生电压冲击。更应注意不要将电源线和地线颠倒,否则将会有很大的电流通过器件内部正向偏置了的衬底二极管,以致使器件毁坏(在 TTL 电路的器件中,此电流约是 100 mA)。

(3) 在进行电路焊接时, 器件的各引线脚应对准印制电路板上的相应位置进行焊接,在需要弯曲管脚引线时,不要靠近根部或底盘。焊接前不允许用刀刮去引线上的镀金层,焊接所用烙铁功率不应超过 25W,焊接时间不应过长,以免烧坏电路。焊接时最好选用中性焊剂,焊接后严禁将器件连同印制线路板放入有机溶液中浸泡清洗。

(4) 设计印制板时, 应避免引线过长, 以防窜扰和对信号传输延迟(一般互连线的延迟大约是 0.04 ns/cm $\sim$ 0.06 ns/cm,接地线的大约是 0.06 ns/cm $\sim$ 0.09 ns/cm),此外把电源引线设计宽点,使线电阻小些,亦可减小接地噪声干扰。

设计电路时,应考虑预防外界干扰的袭入和内部窜扰的产生。电源线和接地线常是引入外界干扰的主要来源之一,一般需采用屏蔽或隔离措施来克服;采用各个电路的接地线全部一个回路一点接地,而后再共同接地或浮地的方式也是预防的措施之一;对于双极型集成电路所用的电源,共交、直流输出阻抗越小越好,阻抗高的电源很容易受到尖峰电流的影响,产生电源干扰。

这里要特别说明,数字集成电路器件的输出级采用图腾柱,电路在转换工作的瞬间会产生很大的尖峰电流。此电流峰值超过功耗电流几倍到十几倍,这就导致电源电压不稳定,产生干扰造成电路误动作。为了减小这类干扰,可以在集成电路的电源端与地端之间,并接高频特性好的去耦电容器(如用聚苯乙烯或钛介质电容),例如将 TTL 电路焊装在印

制电路板上时,如果是小规模集成电路,每5~10块电路并接一个,而对于中规模集成电路,尽可能是每块并接一个,电容的取值为30pF~0.01μF;此外在电源进线处,还应接地并接一个低频去耦电容,最好用10~50μF的钽电容。

设计各单元间的系统连线时,应注意互连延迟问题和预防互连后产生新的串扰。前者将在各种集成电路使用法中有专门介绍。预防串扰应注意使互连线避免走平行线,布线要短捷;电源线与信号电缆要分开走线,必要时电源线也采用屏蔽线,若采用平衡电缆,对抑制线间串扰很有效;各种设备和集成电路装置的接地需分别用低阻导体连至地线一个公共接点上,以减小共地串扰。

(5) 器件和装好的电路板暂不用时,应存放在温度为10°C~40°C、相对湿度不大于80%的干燥、通风环境下,且不应有腐蚀性气体侵入。

TTL电路的使用法

TTL电路的特点是开关速度快、带容性负载能力强,适于组成稳定可靠的高速系统,并易于同其他逻辑系统匹配联接。但要发挥电路应有的性能,还需注意它的具体使用法。下面仅介绍一些常用的使用法供参考。

(1) 不用的输入端的处理。在系统中,常有一些器件的输入端不需要用。这些不用的输入端若让它悬空,则相当于输入端处于阈值电平,电路特别容易受各种干扰脉冲影响,致使不能可靠工作。再者,将不用的输入端悬空,相当于浮置P-N结电容,会使电路的开关速度变慢,特别对甚高速系列产品影响更大。处理不用的输入端通常采用如下方法:

① 对于多发射极输入,不用的与输入端可以通过1~10kΩ电阻接到电源端V_{cc}上。用一个1kΩ电阻可以接25个不用的输入端。由于输入端的电压值接近于V_{cc},电路就不易受外界干扰。如果当V_{cc}瞬变超过5.5V,此电阻可以起到保护作用,使输入端不受损坏。

② 对于LS系列以肖特基二极管输入方式的不用“与”输入端,可直接接到V_{cc}端。但这种接法对其他输入方式的器件不宜采用,否则当V_{cc}瞬间超过5.5V时,输入端容易受到损坏。

③ 在或与非门中,不用的或组输入端至少要有一个输入端或全部输入端接地。

④ 把不用的输入端接到单独的电源电压上,这个电压值在2.4~3.5V之间。这种处置方法的优点是可使不用端的输入电流I_{in}减小到50μA以下,且还可保证不影响电路开关时间。缺点是需增加一组电源。在实际应用中,通常是用一个输入端接地的反相器或者与非门的输出端来取代,把各不用的输入端接到这个门的输出端上,其效果如同接另外一组电源。这种接法的缺点是要多用一些门电路,而且连线不便。

⑤ 将多个输入端并接在一起使用,对前级电路的输出低电平不会增加负担。但在前级电路输出高电平时,扇入系数增加了,因此前级电路的输出高电平负载能力必须留有余地。此外,这种并接法,会使输入分布电容增加,不利于高速工作。但是,多个输入端并接却能加速本级门电路的导通时间,因此常用以组成双稳态多谐振荡器,改善输出波形边沿。

上述对不用输入端的处理,除适用于门电路外,对各种触发器和中规模集成电路中不用输入端及功能端,都可参考。触发器的直接清除端 $\bar{R}_D$ 和直接预置端 $\bar{S}_D$,很容易受干扰,可在入端对地加接数值合适的电容。

(2) 对输入信号源的要求和时钟源的处理

如果加到集成电路输入端上信号波形前后沿很差,输出会产生振荡现象。因此要求加到组合逻辑电路输入端的信号波形的 t_r 、 t_f 必须小于300ns,加到时序电路时钟脉冲输入端的信号波形的 t_r 、 t_f 必须小于150ns。若信号波形前后沿很差,则应该用接口电路中的单稳态触发器或者施密特触发器对脉冲波形整形,方能作为输入信号。

在触发器、计数器及移位寄存器的使用中,应注意时钟脉冲和数据输入间的关系,注意参数规范表中推荐使用条件下的建立时间 t_s 和保持时间 t_h ,在该时间以外工作时,电路会误动作。在非同步系统电路中,时钟脉冲周期中的占空时间应大于电路中前级到最末级驱动的滞后时间,并且应当留有充分的余量。此外,设计时钟源到各器件时钟输入端的连线要尽可能短,一般不要超过25cm(一般互连线的传输延迟按0.06ns/cm来考虑),否则时钟到各时序电路的时间将有差异,而可能引起“竞态”或“毛刺”现象出现。在一个大系统的设计中,时钟源应采用“塔形结构”以满足遍及整个系统,保证具有足够的驱动能力及同步要求,这在计数器、多位移位寄存器中尤为重要。

(3) 对不同负载要求的处理

需要在母线上线与应用时,不能采用图腾柱输出结构的器件,而应选用与或非门或“三态门”、“集电极开路门”等的电路方案。需驱动各种指示器、晶体管基极和电感、电容性负载,不能用“普通门”作直接驱动,应酌情处理:如采用“功率门”、“驱动器”或“集电极开路门”作过渡;门输出加串接电阻进行限流;门输出加并接泄漏电阻来防止浪涌冲击……等。需要与其他类型的数字集成电路系统配接使用时,应附加接口电路进行逻辑电平转换(此部分将在其它各种数字集成电路的使用法和接口电路——电平转换器中介绍)。

(4) 对驱动传输线的处理。在驱动传输线时,易袭入外界的干扰信号和由于阻抗不匹配会产生反射干扰,为防止这类的干扰,必须遵守下列规则:

- ① 驱动双绞线或同轴电缆线时,推荐将特性阻抗设计成100Ω左右。
- ② 驱动小于75Ω的传输线,必须采用75~50Ω线驱动器。传输线驱动器的输出端不能再连接除传输线以外的门电路输入端,传输接收端的各接收门的输入端必须连在一起,组成传输线的地回路必须在发送端和接收端连接好。
- ③ 长距离传输应采用专用的长线驱动器和长线接收器(使用法参见接口电路——TTL长线驱动器及接收器中介绍)。

关于TTL电路正确使用法,除上述几点外,还有其他方面。如:不用门的处理是让它处在截止状态,以减少器件功耗和提高可靠性;在TTL整机系统中采用四个系列的器件混和使用法,可使系统功耗降低和减小制造成本。在此就不作详细介绍。

国标TTL电路器件的查阅说明

(1) 型号及电路代号。目前我国生产TTL电路的厂家,对TTL电路的标型法,基本上已趋向两种。一种是国标标型法,另一种是直接采用国际较通用的标型法(即Texas公司的标型法)。

例如,CT4112C(或III)和DG74LS112是同一器件的两种不同标型法。型号头的字母CT是TTL国标的代号,DG是878厂商标“东光”的代号。国标型号第二部分是四位数码,第一位数表示不同的系列,用1、2、3、4分别与国际通用标型中的标准(无字表示)、H、S、LS等四个系列相对应;第二至四位数字是表示器件的品种,这与国际通用标型中最后几个数字是完全相同。国标第三部分用字母表示类别,标M(I)或C(III)分别是对应于国际通用型号中的54或74系列。

一种同功能品种的器件,有四种不同系列和两种不同类别,型号标法又有不同。为查阅电路简便起见,在本手册中,是先给出各同功能品种电路的总代号,此代号是各种不同标型中相同部分的数码。例如,同功能的CT1020M(DG5420)、CT1020C、(DG7420)、CT2020M(DG54H20)、CT2020C(DG74H20)、CT3020M(DG54S20)、CT3020C(DG74S20)、CT4020M(DG54LS20)、CT4020C(DG74LS20)等统称它是20电路。但也应指出,同功能的电路不一定均有各系列和各类别的器件,究竟哪些有、哪些没有,可从参数规范表中得知,也可从查得的电路外引线排列图上注或图下注中得知。

(2) 封装形式。本手册中,没有介绍数字集成电路的各种功能器件的封装形式,这是由于目前各厂家的情况不一,且还未稳定。就目前情况来说:A₁——白陶瓷扁平;C₁——白陶瓷金属密封双列直插;D₁——塑料封装双列直插;E₁——黑陶瓷低温玻璃陶瓷密封双列直插等形式应用较多。也有的采用简易注法:MP——金属外壳封装;FP——扁平封装;DIP——双列直插封装。

管壳的质量与封装的性能对集成电路的可靠性有重要影响。密封性不好,电路易受电化学腐蚀而造成器件失效,特别在湿度大的环境中,问题尤为突出。各种封装形式中:C₁型的气密性好、但成本高;E₁型的气密性差些、成本较低;D₁型的气密性较差,但成本低。因此有些厂家采用这样的规定,凡是I类全军温品采用C₁封装,II类半军温品采用E₁封装,III类民用品采用D₁封装。还有些厂家供应的产品,对小规模电路器件多数采用A₁、D₁封装,对大规模电路器件则采用C₁、E₁封装。

国标的器件,外形尺寸一般采用“英制标准”,封装形式符号用原部标符号,而在符号的下标加“1”字来加以区别。

2-3 HTL 数字集成电路应用须知

(一) HTL 电路特点及应用范围

HTL(High Threshold Logic)电路是一种高阈值逻辑电路,HTL电路系列的逻辑功能与一般TTL电路系列的逻辑功能相同。HTL的最基本电路是与非门,其电路结构参见CH2008电路中的介绍。HTL电路的输入级与输出级之间引入了稳压管,使之具有很强的抗电噪声能力。它与普通TTL电路在基本电性能上的比较,列于下表中;在各种抗干扰能力上的比较,示于图2-3-1中。

(*典型值)

HTL与TTL电路的基本性能比较

参 数	电源电压 V_{cc} (V)	功耗/门 P_{d1} (mW)	传输延迟时间 t_{pd1} (ns)	直流抗干扰度 V_{NL}/V_{NH} (V)	逻辑摆幅 V_{OFF}^* (V)
TTL	5.0	10	10	1	3.5
HTL	15	75	110	5	14

从以上比较中可看出, HTL 电路的抗干扰能力较强, 但工作速度较慢。因此它适用于对噪声抗干扰要求高、而对工作速度要求不很快的逻辑控制系统中, 在军事装备系统和工业控制系统中仍应用甚广。

(二) 国标 HTL 电路系列品种

国标 HTL 电路 CH2000 系列和 CH0600 系列品种分别是参考日本东芝电气公司的 TD2000 系列和美国 Motorola 公司的 MC600 系列品种制订的。国标优选了 25 种(其中保留三种原部标品种), 本手册也仅介绍这 25 种器件。

(三) HTL 电路的使用法

HTL 电路的使用法基本上与一般 TTL 电路的使用法一样。如需注意: 电参数不得超过极限值; 使用的电源在接通与断开时, 不得有浪涌高压产生; 在系统中安装应尽量远离发热元件; 焊接时不得用大于 25W 的电烙铁, 一次焊接时间应不超过 10s。除此之外, 在使用中还需注意以下几点:

- (1) HTL 电路的抗干扰能力与电源电压大小有关, 只有当 $V_{CC}=15V$ 时, 逻辑 1 的抗干扰容限 V_{NH} 才可能达 5~6 V。
- (2) HTL 电路和 TTL 电路在同一系统中使用时, 由于电源及一些参数不同, 不能直接连接, 需通过电平转换器或图 2-3-2 中所示的接口电路方案进行逻辑电平转换。
- (3) 长传输线的连接法: HTL 电路的逻辑摆幅较大, 在传输信息过程中虽信噪比高, 但由于长传输线长会造成阻抗不匹配, 可能产生反射而引起误动作。如有需要, 可在驱动门输出端外接两个电阻, 接法如图 2-3-3 所示。

2-4 CMOS 及 HS-CMOS 数字集成电路应用须知

(一) CMOS 电路特点及应用范围

CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 电路, 是利用 NMOS 管和 PMOS 管巧妙组合成的电路, 是一种低功耗的数字集成电路。它与其他数字集成电路的性能比较, 可参见 TTL 电路应用须知中的各种数字集成电路性能比较表。CMOS 电路具有功耗很低, 工作电源电压范围宽 (3~18V)、逻辑摆幅大、抗噪声能力强、输入阻抗高 (可达 1000M Ω)、集成度高及温度特性好等突出的特点, 是其他数字集成电路无法与之比拟的。当前, CMOS 电路已致使 PMOS 电路失去了生命力, 在中速数字电路的绝大多数应用领域中已占优势, 大大地缩小了 HTL 和标准 TTL 电路的应用地盘。尤其在需要极低功耗、并耐恶劣环境的特殊领域及实现小型化、轻量化、省电的应用领域中, 它已成为必不可少的一种器件。CMOS 电路的速度虽然目前还不算快, 但提高速度的潜力很大, 随着工艺的不断改进, 速度也不断提高, 它在高速系统中的应用范围将逐渐扩大。

CMOS 电路系列产品最早是于 1968 年美国 RCA 公司首先研制成的, 命名为 CD4000 系列, 以后又发展成 CD4000B 系列 (3~18V 及 3~20V)。美国 Motorola 公司在 4000 系列的基础上, 根据系列的需要, 补充了一些通用电路产品, 把 4000 系列扩充成 MC14500 系列 (即 4500 系列)。CMOS 电路的发展, 在初期是侧重于提高可靠性和扩充功能, 但自出现 LSTTL 电路后, CMOS 电路的发展就侧重于提高速度。随着短沟道技术和硅栅工艺取代常规铝栅工艺的出现, 1979 年日本东芝公司公布了高速 CMOS 电路 TC40H 系列, 而后 1931 年美国 NS 公司公布了高速

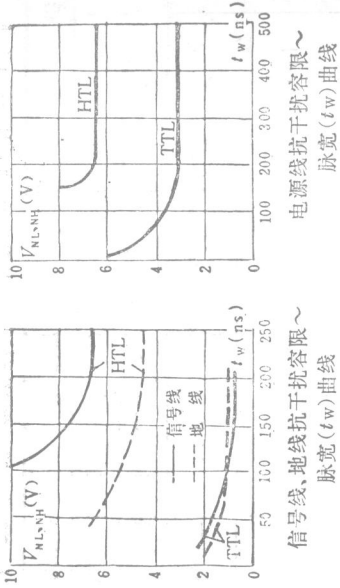


图 2-3-1 HTL 与 TTL 电路抗干扰能力的比较

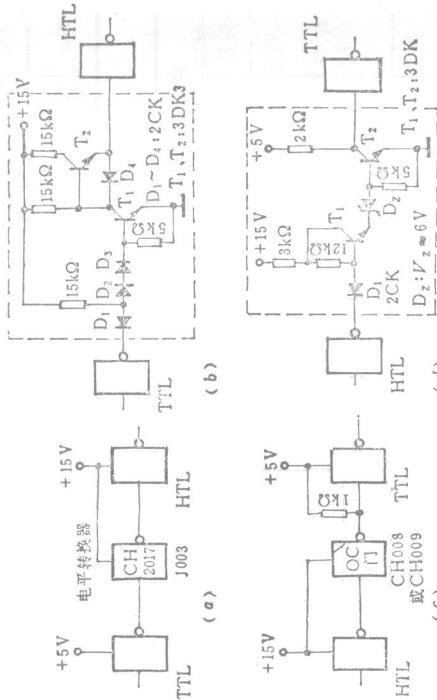


图 2-3-2 TTL-HIL 及 HTL-TTL 接口电路

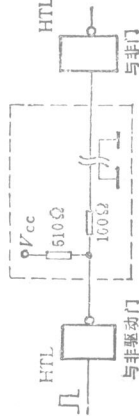


图 2-3-3 长传输线的连接法

CMOS 电路 MM54/74HC 系列。这两系列的电路功能和引线排列规则都和 TTL 的 SN54/74 各系列完全一致, 电路速度在电源电压为 5 V 时, 每级门的延迟时间都小于 15ns, 达到 LSTTL 的水平。目前国外已采用平面硅栅短沟道 CMOS 工艺, 做出了速度为 300MHz 的 CMOS 大规模集成电路, 而且速度还在不断提高。CMOS 电路的另一分支是朝着“系统集成”方面发展, 一个芯片上具有模拟和数字两种功能的产品已不断涌出, 如 A/D、D/A 转换器, 语言合成器, 数字电压表, 手表电路……总之, CMOS 电路的特点决定了它具有强大的生命力, 1985 年在世界集成电路市场上, 它的销售量约占一半, 1989 年将约占 70%。因此, 许多人把 CMOS 电路称为“80 年代的集成电路”。

(二) 国标 CMOS 电路系列品种

国标 CMOS 电路系列品种中, CC4000 及 CC4500 系列是参考美国 RCA 公司的 CD4000B 和 CD4500B 系列品种制订的, CC14000 及 CC14500 系列是参考美国 Motorola 公司的 MC14000 及 MC14500 系列品种制订的。结合国内实际需要, 目前国内是先优选 76 种列为国标, 这个系列品种的参考标准全部采用了 RCA 公司和 Motorola 公司现行标准, 可以做到完全互换, 还推荐 40~55 种安排试制生产, 这些品种将陆续被补充入国标系列品种中。

国标 CMOS 电路系列品种, 按允许的环境温度范围分 M 和 C 两类, 其分别对应 -55~+125°C (I) 和 -40~+85°C (II) 两级。国标 CMOS 电路产品的技术标准是参照美国电子器件工程协会 (JEDEC) 规定的 CMOS 技术标准, 这标准也是美国各 CMOS 公司都共同遵守的标准。在表 2-4-1 和表 2-4-2 中介绍了这标准。

目前, 国内 CMOS 电路生产厂, 已开始注意高速 CMOS 电路的试制生产。上无十四厂采用铝栅短沟道工艺生产的 CC40H000 系列品种, 是采用东芝公司 TC40H000 系列现行标准; 同时也供应采用硅栅自对准工艺生产的 CC74HC000 系列品种, 技术标准同 NS 公司 MM74HC000 系列。此类品种再扩充, 将是今后国标 HS-CMOS 电路的主要系列品种。

在本手册中编入部分常用部标 C000 系列产品, 但在应用中应注意, 部标系列与国标系列中功能相同的产品, 外引线排列不完全一样, 且管壳尺寸标准不同。

(三) 标准 CMOS 电路的基本结构

CMOS 电路是一种采用增强型 P 沟道绝缘栅场效应晶体管 (PMOS) 和增强型 N 沟道绝缘栅场效应晶体管 (NMOS) 巧妙组合的电路。在电路中, 一般两管的衬底分别接于 V_{DD} 和 V_{SS} (通常 V_{DD} 加正压, V_{SS} 接地)。

标准 CMOS 电路的基本结构形式, 如图 2-4-1 所示, 它们分别是反相器、与非门、或非门和传输门。利用这四种基本

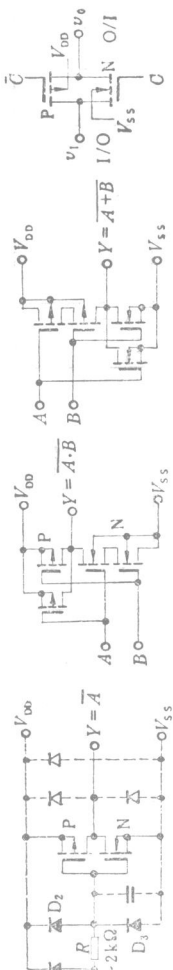


图 2-4-1 CMOS 电路的四种基本电路结构

单元进行各种组合, 则可构成 CMOS 电路中的各种功能器件。关于这四种基本电路结构的工作原理, 在许多教材和资料中均有详细的介绍, 在此仅简要述及几点与应用须知中较密切的内容。

反相器是 CMOS 电路最有代表性的电路结构, 两 MOS 管接成互补形式, 犹如 TTL 图腾柱输出电路的工作方式, 总是一管导通, 另一管截止。导通管的沟道电阻约数百欧姆, 截止管的沟道电阻远大于 10⁸ Ω 。所以, CMOS 电路在静态时, 无论输入端是 1 还是 0 态, 基本上无沟道电流通过, 其静态电源电流实际上就是若干反向偏置的保护二极管和寄生二极管的漏电流。因此 CMOS 电路的静态功耗极小, 例如, 一个普通门的静态功耗一般小于 0.01 mW。

CMOS 电路是一种压控器件, 输入阻抗极高, 为了防止内部绝缘栅氧化层被击穿, 规定大多数器件的输入端必须接有输入二级管电阻网络的保护电路, 如图 2-4-1(a) 中所示。

国标 CMOS 电路系列产品中, 除 CC4069 六反相器外, 其他的功能器件内部均要求加输出缓冲级。如 CC4001 或非门加了二级反相器缓冲, 目的是改善电路的电压传输特性及输出特性。而这就是国标 CMOS 电路系列的多数器件可以做到输出特性基本上是一致的原因。

(四) CMOS 电路使用法

在 CMOS 电路产品手册中, 规定的若干使用注意事项, 不管国内还是国外的, 其基本内容是一致的。根据 CMOS 电路的基本性质, 这些注意事项可以归纳为两个方面: 一是防止 CMOS 输入端损坏; 二是防止电路内部寄生可控硅效应发生, 致使电路烧毁。系统设计时, 要使系统稳定可靠工作和发挥 CMOS 电路的特点, 还需根据 CMOS 电路的特性去正确处理使用其中的一些具体问题。

表 2-4-1 国标 CMOS 电路各系列的直流参数标准——JEDEC 的 CMOS (B) 系列标准

参 数		温 度 范 围 及 规 范	CC 各系列 I(M) 类				CC 各系列 II(C) 类					
符 号	名 称		V_{DD} (V)	测试条件	—55°C		25°C	+125°C	—40°C		25°C	+85°C
					MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
I_{DD}	静态 电流	门	5	$V_{IN}=V_{SS}$ 或 V_{DD}	0.25	0.25	7.5	1.0	1.0	7.5	μA	
			10		0.5	0.5	15.0	2.0	2.0	15.0		
			15		1.0	1.0	30.0	4.0	4.0	30.0		
		缓冲 器及 触发 器	5	1.0	1.0	30	4.0	4.0	30	μA		
			10	2.0	2.0	60	8.0	8.0	60			
			15	4.0	4.0	120	16.0	16.0	120			
中 规 模	5	5.0	5.0	150	20.0	20.0	150	μA				
	10	10.0	10.0	300	40.0	40.0	300					
	15	20.0	20.0	600	80.0	80.0	600					
V_{OL}	输出低电平	5	$V_{IN}=V_{SS}$ 或 V_{DD} ; $ I_O <1\mu A$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	V	
		10		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05			
		15		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05			
V_{OH}	输出高电平	5	"	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	V	
		10		9.95	9.95	9.95	9.95	9.95	9.95			
		15		14.95	14.95	14.95	14.95	14.95	14.95			
V_{IL}	输入低电平 (B 型)	5	$V_O=0.5V$ 或 4.5V $ I_O $ $=1.0V$ 或 $9.0V$ $<1\mu A$ $=1.5V$ 或 $13.5V$	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	V	
		10		3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0			
		15		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0			
	输入低电平 (UB 型)	5	"	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	V	
		10		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0			
		15		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5			
V_{IH}	输入高电平 (B 型)	5	"	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	V	
		10		7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0			
		15		11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0			
	输入高电平 (UB 型)	5	"	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	V	
		10		8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0			
		15		12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5			
I_{OL} (I_{DS})	输出端吸 入电流	5	$V_O=$ $0.4V$; $V_{IN}=0$ 或 $5V$ $=0.5V$; 或 $10V$ $=1.5V$; 或 $15V$	0.64	0.51	0.36	0.52	0.44	0.36	0.36	mA	
		10		1.6	1.3	0.9	1.3	1.1	0.90			
		15		4.2	3.4	2.4	3.6	3.0	2.4			

表 2-4-2 国标 CMOS 电路各系列的交流参数 (典型值: $T_A=25^\circ C$)

参 数	符 号	名 称	V_{DD} (V)	测试条件	参 数 值		参 数 名 称	单 位	参 数 值	测试条件	参 数 名 称	单 位
					MIN	TYP			MIN			
					MIN	TYP			MIN			
t_r, t_f		输出波形上 升、下降时间	5	输入信号上升、下降 沿 $t_r = t_f = 20ns$, 占 空比 = 1:1, $C_L = 50pF$ $T_A = 25^\circ C$	100		D 触 发器		1.5	2		
			10		50	ns			4	5		
			15		40				6	7		
T_{PLH} T_{PHL}		门传输延 迟时间	5	F_{CP} (F_{CLK}) 频率	180		计数 器		1	1.5		
			10		60	ns			3	4		
			15		50				4	5		

注: 任何输入端的输入电容 $C_{IN} \leq 7.5pF$ ($T_A=25^\circ C$); 特殊电路的专门参数将在相应的电路参数规范中给出; 封装功耗 $P_{DM} = 500mW$ 。

CMOS 电路使用注意事项

输入端防护措施: 虽然 CMOS 电路器件的输入端都接入二极管电阻网络, 可以防止内部栅氧化层被静电冲击导致损伤的作用, 但它对静电防护的能力有一定限度, 过高的静电电压还是会先于把处于反向偏置的输入保护二极管先击穿, 而紧接着再把栅氧化层也击穿, 造成永久性的破坏。再者, 由于保护二极管的尺寸很小, 若使保护二极管处于正向偏置, 流过的输入电流超过 10mA, 也会使输入保护电路损坏的。因此, 使用 CMOS 电路器件时, 必须对输入端的防护采取措施:

- (1) 器件在保管和运输过程中, 应保存在密封的金属容器中或把所有引线脚用导电材料短路 (如用铝箔或导电泡沫塑料)。绝不允许用泡沫塑料、塑料袋、尼龙袋等包装存放。对于装好的电路板的存放法也应如此。
 - (2) 焊接用的电路铁外壳及测试设备必须有良好的接地线。
 - (3) 若输入信号来自低阻信号源 应保证输入电压不超过 CMOS 电路的电源电压范围, $V_{SS}-0.5V < V_{IN} < V_{DD}+0.5V$ 。如果一定要超出 CMOS 电源电压范围, 则应在输入端加一个限流电阻, 使输入电流不要超过 5mA, 避免保护二极管烧毁。
 - (4) 若信号源和 CMOS 电路用两组电源, 应先开 CMOS 电路的电源, 后开信号源的电源。关机时, 应先关信号源, 后关 CMOS 电源。
 - (5) 所有不用的输入端不允许悬空, 因为输入端一旦悬空, 输入电位不定 (这时输入电位实际上是由保护二极管的反向电阻比来决定的), 从而破坏了电路的正常逻辑关系。此外, 悬空时输入阻抗高, 易感受外界噪声干扰, 使电路产生误动作; 也易感应静电, 造成栅击穿。
- 通常不用的输入端应根据实际要求接适当的逻辑电平 (即 V_{DD} 或 V_{SS})。如果电路的工作速度不高, 功耗也不需要特别考虑的话, 亦可将不用端与使用端并接。