

高速CMOS集成电路原理与应用

译文专辑



上海无线电十四厂

前 言

74系列高速CMOS集成电路是80年代初开发的新一代CMOS标准逻辑集成电路。该系列电路兼有4000系列CMOS集成电路的低功耗特性和74LSTTL集成电路的快速特性，成为近年来行将取代4000系列CMOS标准逻辑集成电路和74LSTTL集成电路的新系列集成电路。

该系列的集成电路包括门电路、触发器、计数器、多路开关、锁定器、定时器等200多个品种，并分成HC、HCT和HCU三种系列。其中HC为自成系统的高速CMOS系列。HCT为可直接取代LSTTL系列，HCU为不带缓冲器的系列。对于新设计的系统宜采用HC系列，在直接取代LSTTL时可用HCT系列，而HCU适用于线性应用的场合。

为了帮助广大电子工程技术人员了解和应用，我们特编译了“高速CMOS集成电路原理与应用”译文专辑，以供参考。

上海无线电十四厂情报资料室

1987年5月

目 录

设定标准的HCMOS低功耗逻辑集成电路.....	(1)
HCMOS逻辑集成电路抗锁定的标准化试验方法.....	(22)
HCMOS逻辑集成电路的备用电池.....	(40)
使用HCMOS集成电路的无稳态多谐振荡器.....	(52)
汽车中的HCMOS逻辑集成电路的保护.....	(63)
使用HCMOS集成电路的晶体控制振荡器.....	(74)
HCMOS施密特触发器的应用.....	(78)
使用74HCT HCMOS 来替换LSTTL并驱动传输线.....	(89)
采用改进的LSTTL电路测试程序检验HCMOS逻辑电路.....	(106)

设定标准的HCMOS低功耗逻辑 集成电路

所有逻辑系统设计者都知道。在逻辑系统中的集成电路工作速度和功耗之间总是有一种权衡(图1和图2), 双极性集成电路速度快但功耗大, 与CMOS集成电路相比, 它们的抗扰度是一般的, 常规CMOS功耗低但速度慢。

要摆脱这个困境, 需要有一个技术上的突破。所以, 我们集成电路研制工程师开始了这项工作。我们不想有一种新的未尝试过的工艺, 及由此带来新的麻烦。为此, 我们对已验证的硅栅CMOS工艺及我们首先采用的硅局部氧化技术(我们用此技术生产我们的HE4000B系列CMOS逻辑集成电路已十多年了)重新作了鉴定。我们紧缩了布局准则, 制作了 $3\mu\text{m}$ 的栅结构, 减薄了栅区的氧化, 其结果是产生了一组新的高性能CMOS逻辑集成电路, 具有LSTTL和CMOS的所有优点却没有其缺点的74HC/HCT/HCU高速CMOS(HCMOS)系列。

综合性的HCMOS系列具有通用的TTL和CMOS4000型的管脚兼容特性。它还有如锁相环和模拟(双向)开关的功能, 而模拟开关功能在双极性工艺中是不可能实现的。HCMOS系列中有143种型号的集成电路, 所有这些型号都包含在74HC和74HCT中, 采用DIL(双列直插式)和SO(小外壳)式封装形式。

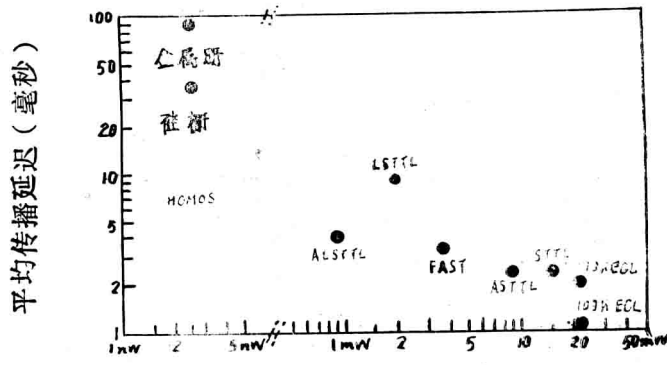
首标74HC型号的电路完全是缓冲型的, 具有可达到高抗扰度的CMOS输入开关电平($V_{cc}50\%$ 开关阈)和2—6伏的电源电压范围。它们的主要作用是在新逻辑系统设计中用来作速度较快的CMOS的代替品。也有非缓冲型反相器(首标74HCU)以制成阻容器或液晶振荡器和以线性方式工作的其它反馈电路。

首标为74HCT型号的电路也全是缓冲型的。它们具有与74HC型相同的特性和功能。但输入开关电平(开关阈为 V_{cc} 的28%)可与TTL相容, 电源电压工作范围为 $5V \pm 10\%$ (商品型LSTTL容限的两倍)。它们与大多数通用LSTTL集成电路的管脚相容, 並用来代替LSTTL集成电路以减低现有系统的功耗而不降低它们的工作速度。我们並不认为这是一个过渡性措施, 並且相信在混合技术系统中需要74HCT集成电路。在较远的将来可支持LSI非对称外围设备。为此我们研制並取得了HCMOS输入结构的专利。这种结构通过硅片工艺中一个单块金属掩膜的变化使HCMOS集成电路的全部型号变成74HCT型。

由于HCMOS集成电路的低功耗对小方块上密集封装的电路很理想, 我们没有忽视便其与新的表面装配工艺相容, 此工艺正日益用来发展自动装配並大大地减少了电子设备的尺寸和重量。成批生产的HCMOS集成电路采用DIL封装和SO封装。SO封装尺寸原是我们研制的, 现成为JEDEC标准规范95(在IEC标准文件191—2, A76系列中也已发表)的基础。

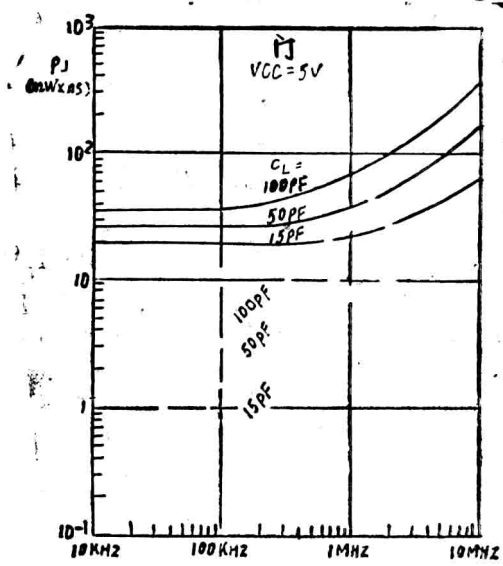
尽管对于14管脚和16管脚的集成电路有两种SO的体宽（150密耳=3.8毫米和300密耳=7.6毫米），为了容纳不同尺寸的管芯，我们把所有14管脚的HCMOS集成电路装在狭窄的150密耳（3.8毫米）壳体里。这大大简便了印刷电路板的布局，因为这意味着14或16脚的HCMOS集成电路的小外壳体宽是150密耳（3.8毫米），而20、24或28脚的HCMOS集成电路的壳体宽是300密耳（7.6毫米）。

小外壳(SO)封装的HCMOS集成电路有管子式或在两种尺寸盘上的带子式,直径7英寸或13英寸: SO—14和SO—16脚的集成电路,带子宽度为16毫米,7英寸盘上大约有1000只。



注：图中“册”字应为“栅”字
平均静态功耗

图1 最普通逻辑电路技术的速度和功耗



工作频率

图2 HCMOS门的速度/功率积显示了在频率10MHz以下的HCMOS的优点,平均系统频率通常要比这低得多。

集成电路，13英寸盘上大约有4000只集成电路。对于SO—20、24和28脚的集成电路，带子宽度为24毫米，7英寸盘上大约有500只集成电路，13英寸盘上大约有2000只集成电路。

HCMOS集成电路的可靠性在60%的可信度时是低于5个非特。它们完全无闪锁，在输入端设有不完全防静电放电（ESD）的保护。要记住，我们作为欧洲最大的供应商，在世界需求量极大的情况下仍能保证器件的不断供应。我们的HCMOS之所以大大超过其它公司的21个理由如下：

- 提供从单门至计数器和模拟功能的全系列电路

- 器件功能和管脚与LSTTL和CMOS4000集成电路相一致

- 所有品种以74HC型（CMOS输入电平）和74HCT型（TTL输入电平）提供。后者使用的掩膜板与74HC型的相同。因此74HCT型不是所采取的一次临时性措施。

- 所有品种有盘和带式的SO封装和DIL式封装，所以可使用表面层叠技术来增加印刷电路板的密集度。所有用小外壳封装的14和16脚的HCMOS集成电路为狭窄体型。

- 工作温度范围大： -40°C —— $+125^{\circ}\text{C}$ ，比民用LSTTL所规定的 $0-70^{\circ}\text{C}$ 的工作温度范围限制小得多。我们的74HC/HCT/HCU系列根据 -40°C —— $+125^{\circ}\text{C}$ 的规范参数进行了测试，所以不需要再投资来制作首标54型以取得更大的工作温度范围。

- 全无闪锁，所有输入端设有完全防静电放电的保护。

- 可靠性比LSTTL高得多，寿命测试失效率在60%的可信度时仅为 4.3×10^{-9} /小时。

- 功耗低。门电路，触发器和中规模电路的每个封装的典型静态电流仅为几个nA。用5V电源的计数器典型工作电流在1MHz为250nA，且与频率成线性关系。这可与随着频率的增加而电流增加的19mA的LSTTL工作电流比较，所以当你使用74HCT代替相应的LSTTL时，就可立见效益。

- 用4.5V电源的标准HCMOS输出能驱动10个LSTTL输入（4mA），而总线驱动器可驱动15个LSTTL输入（6mA），这为早期CMOS扇出能力的十倍，HCMOS在高或低状态时的输入电流仅为1 μA ，这同在低态时为400 μA 和在高态时为20 μA 的LSTTL输入电流相比基本上等于零。因此至其它HCMOS集成电路的扇出仅受负载电容考虑的限制而不受输出驱动能力的限制。

- 抗扰度为LSTTL的三倍多。74HC的输入开关电平为30%和70%的 V_{cc} 。所有HCMOS集成电路的输出摆幅在20 μA 负载（20个HCMOS输入）时是 $0.1\text{V}-V_{cc}-0.1\text{V}$ 而总线驱动器的输出摆幅在4mA（10个LSTTL输入）或6mA（15个LSTTL输入）负载时为 $0.33\text{V}-V_{cc}-0.66\text{V}$ 。

- 输入开关阈值电平在全温度范围内限制在仅 $\pm 60\text{mV}$ 的变化，比LSTTL所规定的 $\pm 200\text{mV}$ 要少得多。

- 电源电压范围宽，74HC系列的电源规定为2V—6V。使用备用电池是不成问题的，用于汽车场合是可能的。与LSTTL相容的74HCT型的电源规定为 $5\text{V} \pm 10\%$ ，它是民用LSTTL电源电压容限的二倍，这样使调节更简单，电源更廉价。

- 典型工作频率在 25°C 时高达60MHz，最大频率 f_{max} 简单地指定为50%占空因素。用4.5V电源时，门的典型传播延迟为8—11.5ns，这是对或从高至低或从低至高跃迁到15和

100PF之间的电容性负载而言。此传播延迟仅为早期硅栅CMOS门延迟的五分之一。

—标准输出缓冲器允许有输出上升和下降时间相同的（标准输出7.5ns，总线驱动器输出6ns）对称的输出源电流和吸收电流。其结果是简化了设计，并具有最佳速度和交流特性。

—带3态的总线驱动器在高阻态时输出泄漏电流仅为相似LSTTL集成电路的四分之一，所以增加总线的上拉/下拉电阻值可减少功率消耗。

—有用作诸如振荡器的线性用途的非缓冲反相器。

—相近输入端间的电流耦合小，有助于在交通和重工业中所碰到的噪声环境中应用。

—所有品种经过CECC验收。

—所有品种的规范参数根据JEDEC标准确定，达到或超过JEDEC限值。

—可扩大用户需求。

—RCA为我们HCMOS集成电路的另一供应商。

HCMOS与其它逻辑系列的比较

电源电压

就新的设计而言，首标74HC和74HCU型号的HCMOS电路是早期的CMOS的速度更快的替换品。此外，HCMOS技术已使较低的低电源电压限值扩展至2V，总范围为2-6V（图3）。这要比早期的CMOS电路优越得多，因为它能和工作电压可能小于3V的未来的存储器和微处理器一起使用，扩展的电源电压范围也符合新的工业JEDEC标准NO.8，其中稳压电源系统规定为 $3.3V \pm 0.3V$ ，用电池供电的系统规定为 $2.8V \pm 0.8V$ 。这也方便了使用锂电池作为备用电源。

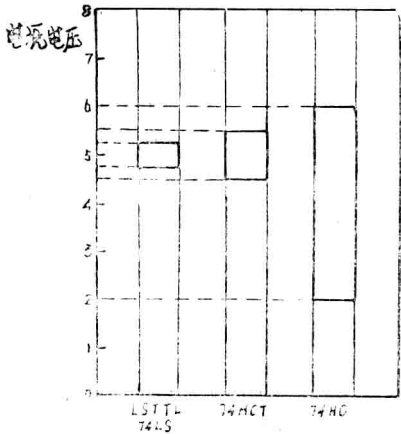


图3 电源电压范围表示74HCT电路的容限
是民用LSTTL电路的两倍，74HC电路
的工作电源电压低至2V。

功耗

任何逻辑系统中最重要的要求之一是功耗低，因为它使系统成本减少到最小限度，并使封装密集度更高，并因为工作温度较低而提高了可靠性。

先看一下静态功耗。图4表示所有HCMOS功能的静态功耗要比LSTTL功能的少五个数量级左右。这是因为与TTL电路不同，CMOS电路在不转换时由于泄漏电流而只消耗几乎可以忽略不计的功率。

包含4个与非门的逻辑电路的比较

	金属栅 CD4000	硅栅 HE4000B	LSTTL	HCMOS
电源电压范围 (V_{cc})	3-18V	3-15V	$5V \pm 5\%$ (com) $5V \pm 10\%$ (mil)	2-6V (HC/HCU) $5V \pm 10\%$ (HCT)
每门典型静态消耗	2,5nW	2,5nW	2mW	2,5nW
85℃时每一器件最大静态电流每门典型功耗 ($V_{cc}=5V, C_L=50pF$)	7,5μA	7,5μA	3mA*	20μA
at 10kHz	25μW	16μW	2mW	14μW
at 100kHz	250μW	160μW	2mW	140μW
at 1MHz	2.5μW	1,6μW	2,8mW	1,4mW
at 10MHz	—	—	12,5mW	14mW
典型传播延迟				
$C_L=15pF$	90ns	36ns	10ns	9ns
$C_L=100pF$	175ns	83ns	17ns	11,5ns
(扇出TTL负载)	1	1	10	10
$C_L=15pF$ 时的最大工作频率最坏情况下的噪声容限	3MHz	5MHz	25MHz	25MHz
$V_{NML} (\% V_{cc})$	29	29	8	28* • 14†
$V_{NMH} (\% V_{cc})$	29	29	14	28* • 58†
工作温度范围				
标准 (℃)	-40~+85	-40~+85	-0~+70	-40~+125
扩展 (℃)	-55~+125	-55~+125	-55~+125	

*高态中50%的门； • HC/HCU； †HCT。

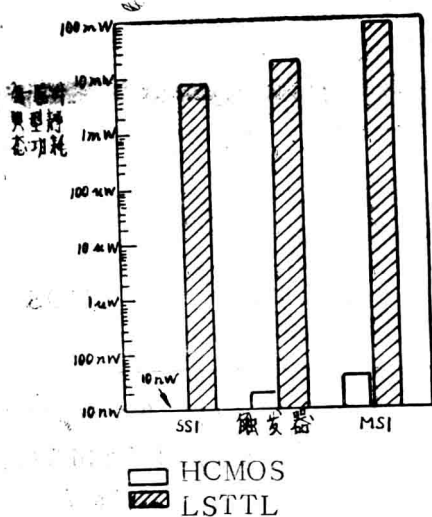


图4 与LSTTL电路不同，HCMOS电路在不转换时，其功耗极微。

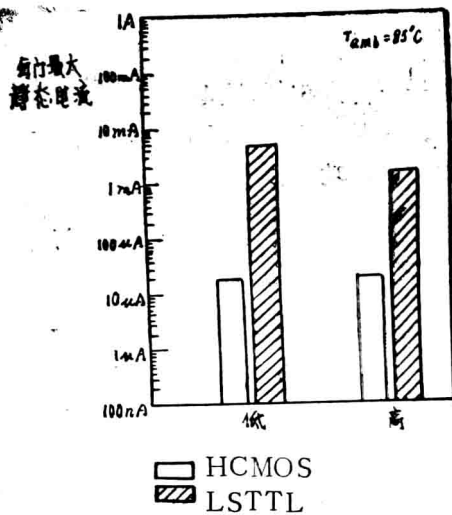


图5 在最坏的静态条件下，甚至含4个门的HCMOS器件的功耗超过两个数量级，小于等效的LSTTL门的功耗。

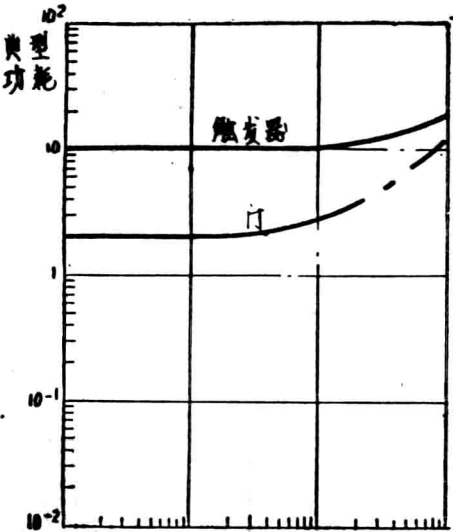
图5表示每个HCMOS器件的静态电流仅是等效的LSTTL的1.3%。图6对HCMOS和LSTTL功能的动态功耗进行比较，显示了在频率较低时有很大的差异。这是因为LSTTL电路大的静态电流在频率低于约1MHz时支配着其瞬变电流。反之，HCMOS电路的静态电流如此之小以使其小瞬变电流处于支配地位而使其动态功耗直接正比于转换频率。

图6表示一个门电路的交变电源频率约5MHz，一个触发器的交变电源频率高于10MHz。然而，在实际逻辑系统中，只有几个逻辑电路是以时钟最大频率工作，所以它们的平均工作频率实际上是低得多，使HCMOS集成电路比LSTTL有更大的优点。图7表示在一个含10个触发器的分频器链组成的更复杂的系统中，HCMOS的交变电源频率上升至超过工作频率范围的上限。显然，HCMOS电路的功耗要比LSTTL等效品的小得多。它们消耗的功率与早期硅栅CMOS电路消耗的功率差不多。因为它们的输出缓冲器被制作得大得足以供给和吸收LSTTL电流，但其速度也有5倍之快。

传播延迟

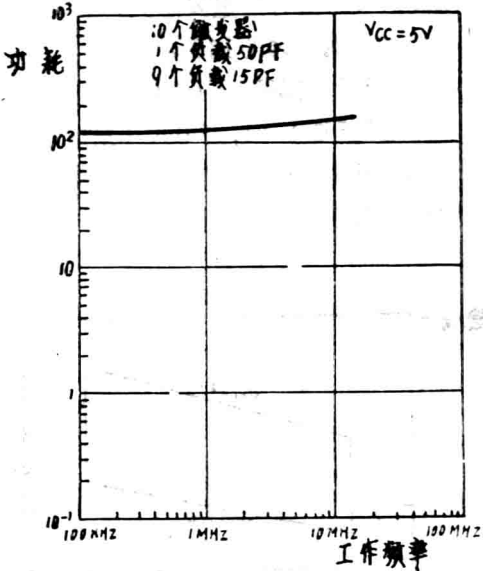
如图8和前面表上所示，第一个15pF负载的单个HCMOS门的传播延迟仅为8ns；只有金属栅CMOS传播延迟的十分之一，是早期硅栅CMOS的四分之一和LSTTL的80%。此外，传播延迟是在最低的电源电压（4.5V）时确定的，且在整个工作温度范围内有效。可使上升和下降时间（标准输出7.5ns，总线驱动器输出6ns）相同的标准输出缓冲器进一步提高了HCMOS的交流特性。触发器的典型开关频率限值为60MHz，最大频率规定为50%的占空因素，所以不必象LSTTL那样的需要缩小脉冲宽度，由于低阻抗的HCMOS输出有大的驱动电流能力，总线驱动器的传播延迟变化在15pF—100pF的负载电容范围内

仅为3.5ns。这一带负载电容的传播延迟变化要比大多数其它逻辑集成电路的变化小得多。HCMOS集成电路的交流特性是在整个电源电压和温度范围内确定的，这要比仅在5V电源电压和25℃时所确定的LSTTL优越得多。



—— HCMOS
—— LSTTL

图6 一个单门的交变电源频率为5MHZ左右，一个单触发器的交变电源频率大于10MHZ



—— HCMOS
—— LSTTL

图7 一个模拟逻辑系统表明在所有频率时明显地节省功率

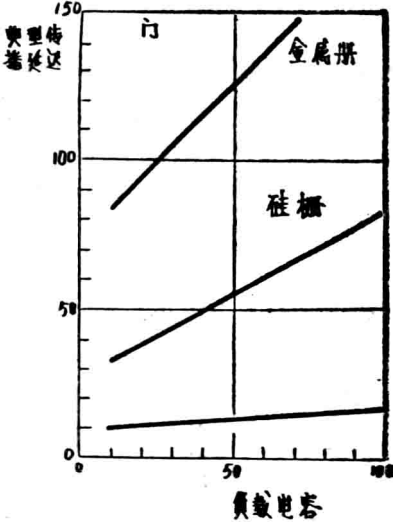


图8 如其名所示，高速CMOS是高速的，有一个50pF负载的门传播延迟是早期硅栅CMOS的1/5，金属栅CMOS的1/12，甚至比LSTTL的还小些

抗扰度和输入电平

74HC和74HCU集成电路的输入开关电平分别为 V_{CC} 的30%和70%,输出摆幅在 $20\mu A$ (20 个HCMOS输入)负载时从 $0.1V$ 至 $V_{CC}-0.1V$ 。就带有驱动 20 个HCMOS输入的标准输出的74HC/74HCU电路来说,在 $4.5V$ 电源时低电平和高电平的抗扰度为 V_{CC} 的28%,这一点比LSTTL具有更重要意义, LSTTL在低电平状态时的噪声容限仅为 V_{CC} 的8%,而高电平噪声容限为 V_{CC} 的14%。

如图9所示, 74HC/HCU集成电路在较高电源电压时其噪声容限甚至更大,在较高工作温度(高达 $125^{\circ}C$)时, 74HCT集成电路的抗扰度与LSTTL不相上下, 在 $70^{\circ}C$ 时超过LSTTL。因此, HCMOS电路较理想地适用于电特性噪声环境, 例如在工业, 电话和汽车场合所碰到的噪声环境。

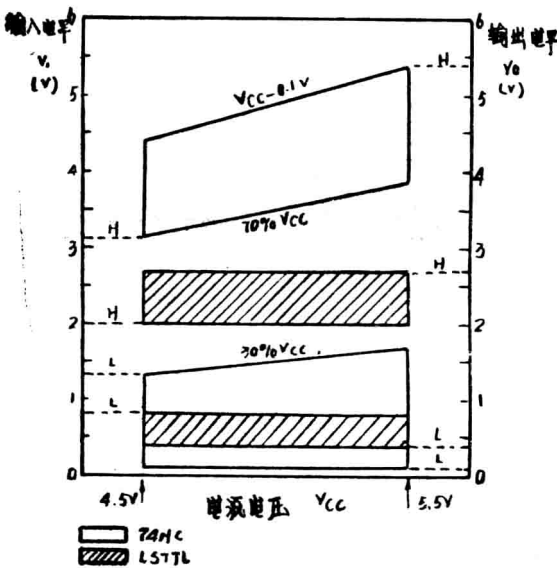


图9 74HC和LSTTL在工作电压范围4.5V~5.5V时最坏情况下的噪声容限 对整个74HC或整个LSTTL系统是有效的

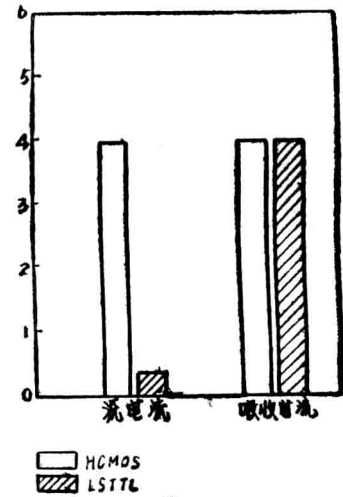


图10 标准HCMOS输出的源电流或吸收电流为4mA (10个LSTTL负载), 总线驱动器输出的源电流或吸收电流为6mA (15个LSTTL负载)

扇出

虽然HCMOS系列具有CMOS电路的特性, 输入电流小, 但它能提供与LSTTL相同的输出电流, 而不会牺牲抗扰度或开关速度。诚然, 与LSTTL电路不同, 所有HCMOS电路都设有标准化的输出缓冲器, 这些缓冲器允许对称的输出电流(源或吸收)以获得相等的上升和下降时间。这就简化了设计, 取得最佳速度和交流特性的结果。

如图10所示, 在 $4.5V$ 电源电压时, 标准HCMOS输出的源电流和吸收电流高达4mA。总线驱动器输出的源电流和吸收电流为6mA, 这与设想中的要求相一致。这些驱动电流在整个工作温度范围内保持有效。因此, HCMOS的驱动能力为早期硅栅CMOS电路的驱动

能力的10倍。由于HCMOS电路所需要的输入电流在高或低态时仅为 $1\mu\text{A}$ （图11），在驱动其它CMOS或HCMOS电路时的扇出能力仅受负载电容考虑的限制，不受所用的驱动功率的限制。

由于HCMOS集成电路的整个型号范围也采用于74HCT集成电路，所以，在现有系统中替换LSTTL是个简单的问题，只要拔出LSTTL集成电路而插入74HCT的等效品。这样做的效果是很明显的，大大降低了功耗，並有较宽的噪声容限。74HCT集成电路也可在同一系统中代替或混合使用ALSTTL，ASTTL或FAST-TTL系列。

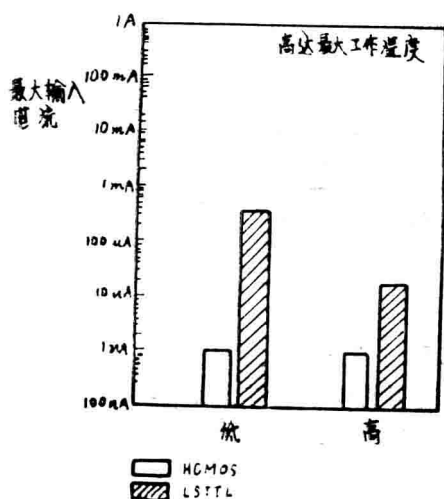


图11 HCMOS的输入电流是对称的,比LSTTL的要低的多,从理论上讲,1个CMOS输出,几乎可驱动1千个CMOS输入,但是,负载电容的效应可能将起主要作用。

74HCT 替换LSTTL

前面所述的HCMOS集成电路的全部优点自然也适用于74HCT集成电路，唯一的差别是74HCT型的标准电源电压和输入结构已被修改成与TTL特性相一致。当最小的TTL输出高电平2.4V施加到74HCT输入端上时，修改后的输入结构不仅适合于TTL输入开关电平，而且可降低功耗。虽然74HCT集成电路的标称电源电压是5V，同LSTTL一样，但电源电压的容差为 $\pm 10\%$ ，是民用LSTTL极限的两倍，以便可使用较简单的和较廉价的电源。与输入开关阈值为 V_{CC} 的50%的74HC/HCU集成电路不同，74HCT型的输入开关阈值为 V_{CC} 的28%，且输入开关电平与LSTTL相同（ $V_{IH, \max} = 0.8\text{V}$ ， $V_{IL, \max} = 2\text{V}$ ），但是，输入开关阈值的温度敏感性在整个温度范围内只有 $\pm 60\text{mV}$ ，相比较的话，LSTTL为 $\pm 200\text{mV}$ 。所以，噪声容限在温度范围内也较为稳定。图12说明其噪声容限也比LSTTL的要宽，因为74HCT输出电压摆幅要大得多。例如，用4.5V电源和输出电流 $20\mu\text{A}$ （20个74HCT输入），则74HCT输出摆幅在0.1V和 $V_{CC} - 0.1\text{V}$ 之间。用最大的输出电流4mA（10个LSTTL负载）或总线驱动器的6mA（15个LSTTL负载），其输出摆幅在0.33V和 $V_{CC} - 0.66\text{V}$ 之间。因此，用4.5V电源时，74HCT集成电路驱动20个74HCT输入端，噪声容限为 V_{CC} 的53%（高）和 V_{CC} 的15.5%（低），对于相似的LSTTL集成电路来说，其噪声容限仅为 V_{CC} 的15%（高）和 V_{CC} 的8%（低）。甚至于在74HCT集成电路驱动10个LSTTL输入端时，噪声容限为 V_{CC} 的40%（高）和 V_{CC} 的10.4%（低）。

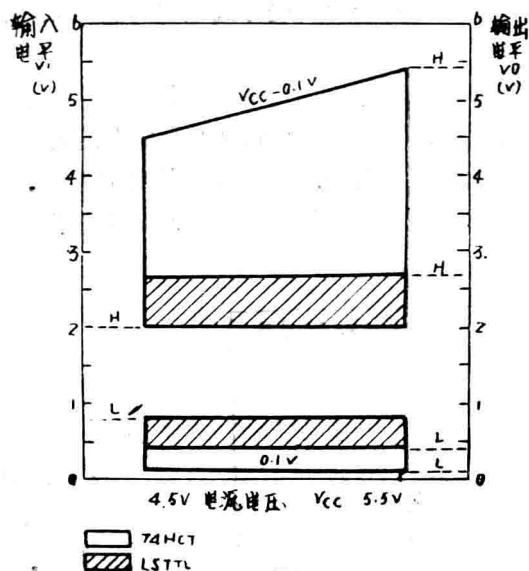


图12 在工作电压范围4.5V~5.5V内，74HCT和LSTTL最坏情况下的噪声容限。LSTTL或74HCT驱动74HCT有效。对于74HCT驱动LSTTL来说：

$$V_{OHmin} = V_{CC} - 0.66V$$

$$V_{OLmax} = 0.33V$$

综合来讲，使用带有首标74HCT的HCMOS集成电路来替换LSTTL集成电路的主要优点是：

- 可与CMOS4000系列集成电路和包括肖特基和低功率肖特基系列在内的TTL集成电路直接接口
- 静态和动态功耗较低
- 工作温度范围比民用LSTTL要宽
- 电源电压范围比民用LSTTL要宽
- 抗扰度高
- 提高了输入开关阈值的稳定性
- 低态时1/400输入电流
- 输出源电流较大
- 相等的输出跃迁和延迟时间
- 3态（关态）漏电流较小
- 最大时钟频率规定为50%占空因素，所以不需要调节输入脉宽来取得最大速度
- 适用模拟（双向）开关和多路调制器

接 口 要 求

至 (to) HC 从 from	HC 5V电源	HCT 5V电源	HE4000B 5V电源	HE4000B 6-15V电源	TTL* 5V电源	ECL10K
HC 5V电源	直接	直接	直接	4104	直接	10124
HCT 5V电源	直接	直接	直接	4104	直接	10124
HE4000B 5V电源	直接	直接	直接	4104	直接	10124
HE4000B 6-15V电源	4049或 4050	4049或 4050	4049或 4050	直接	4049或 4050	晶体管
TTL* 5V电源	上拉电阻	直接	上拉电阻	4104	直接	10124
ECL10K	10125	10125	10125	晶体管	10124	直接

直接 = 不需要接口连接 4104 = 低至高电平移位器 (HE4000B系列)

10124 = TTL至ECL转换器 (ECL10K系列)

10125 = ECL至TTL转换器 (ECL10K系列)

4049或4050 = 高至低电平移位器 (HE4000B系列)

*包括LS, S, STD, FAST, ALS和AS

内部结构决定了HCMOS的高性能

70年代我们将自对准 $6\mu\text{m}$ (后为 $4\mu\text{m}$)多晶硅栅CMOS工艺与硅局部氧化 (LOCOS) 技术结合使用以制作HE4000B系列 (图13左) 首次获得了成功。这些硅栅PpHCMOS电路速度之快几乎为当时所有的金属栅CMOS电路的三倍, 且仅消耗其动态功率的65%。

80年代我们再次取得成功, 我们用相同的被验证了的CMOS制造设备和工艺, 但对HCMOS系列 (图13右) 采用较致密的布局准则, $3\mu\text{m}$ 硅栅结构和栅区的较薄氧化。CMOS工艺的这一增强, 结果是速度提高了五倍, 驱动能力提高了十倍, 而功耗没有增加。为什么正确地选用硅栅CMOS工艺的另一个理由是它也可使HCMOS系列未来发展和提高, 从而使芯片的尺寸更小, 且相应地增加开关速度、输出驱动能力和集成度。

HCMOS系列的突出的性能列于本文结尾的该系列参数规范表中, 当然, 完整的参数规范列于HCMOS数据手册1CO6N, HCMOS系列的综合性应用资料在新出版的HCMOS设计者指南中给出。

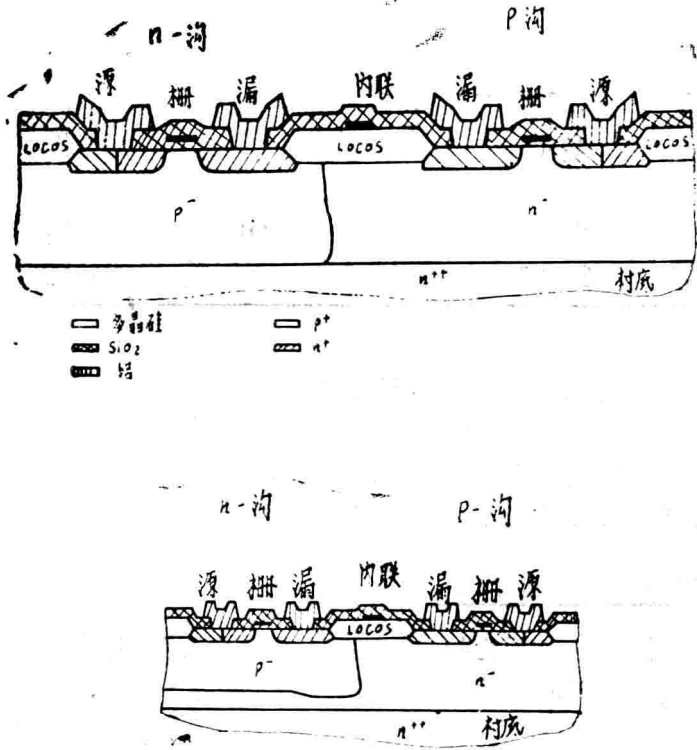
极好的ESD保护

图14(a)中的HCMOS输入网络包含了在正电源端、输入端和地之间的反向偏置二极

管以对输入电压钳位。这些二极管具有典型的0.9V正向压降和18V反向击穿电压。此外，HCMOS系列所用的先进的集成工艺允许在所有输入端上使用多晶硅限流电阻。这些限流电阻可缓慢快速的输入瞬变并消耗一些能量。它们也可确保在所有偏置条件下，甚至在Vcc与地相短路时，输入阻抗决不会下降至100Ω。

由输出晶体管漏极表面所形成的固有的二极管可提供输出保护，并使放电大于所要保持的3K V而不会损坏。

HCMOS输入保护网络可防止输入端免受来自如图14 (b)所示的“人体型” (1.5KΩ, 100pF, 13ns脉冲上升时间) 一般大于±2.5K V的ESD所引起的损坏。



LOCOS = 硅局部氧化

图 13 由用于HE4000B系列发展起来的6μm硅栅工艺，HCMOS采用相同的已被验证的制造设备和CMOS工艺，但由更致密的布局准则。采用6μm栅的HE4000B CMOS基本反相（上图）；用3μm栅和栅区较薄氧化的HCMOS反相器（下图）

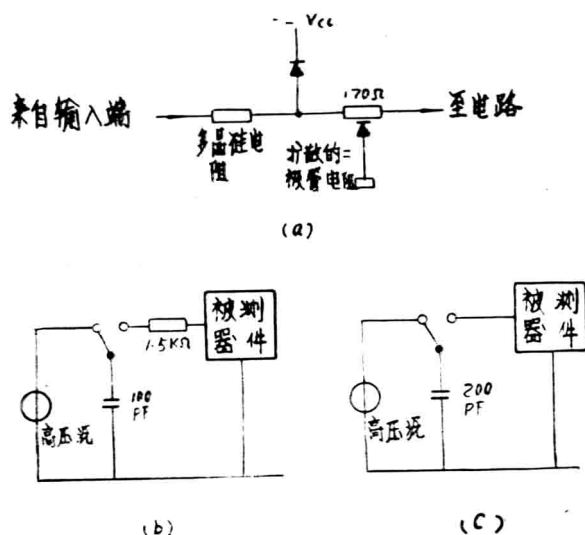


图14 HCMOS集成电路的输入保护网络，在正电源端，输入端和地之间的反向偏置二极管的组合，加上多晶硅电阻便可提供极好的保护而免受ESD的损坏。
(a) HCMOS输入保护网络；(b) “人体型”测试配置；(c)、“机器型”测试配置

现在，逻辑系统的大部分装配和测试是自动的。这意味着集成电路正在由类似机器人的机器来处理，而这种机器使集成电路通过道轨滑动，这样引起组件静电充电。当集成电路组件接触到该机器的导电部分就产生放电现象，多方面研究和测试对比的结果是发展了如图14(c)所示的仿制而成的“机器型”测试配置。现在已采用最小的失效限值200V以决定器件对这种源所引起的ESD不会有敏感性。HCMOS集成电路在最坏情况下一般可承受320V。

无闪锁

使用保护环可减少闪锁现象，但要增加芯片面积作为代价，但在HCMOS系列中，在n-衬底上生长一层高电阻性的外延层，我们就完全消除了闪锁现象。

这样就防止了横向电流流过衬底，从而戏剧性地减少了主要产生闪锁现象的寄生双极性晶体管的电流增益，加之进一步减少寄生双极性晶体管增益的专有性布局准则和工艺参数，这就意味着HCMOS集成电路完全无闪锁。

我们用远远超过JEDEC所规定的测试参数对HCMOS集成电路进行闪锁测试，根本无闪锁现象发生。例如，输入端/输出端可以承受高达直流100mA或施加脉冲的500mA，由于所有HCMOS输入端上设有内部多晶硅电阻，所以，用来产生这些电流所需的电压远远超过在实用时，甚至在带有严重短时脉冲的6V系统中可能产生的那些电压。输入端也可承受被充电到370V（仿真的ESD）的200PF电容器放电而无闪锁发生。HCMOS集成电路的 V_{CC} 击穿在电源电流不到6.8mA时是不会发生的，这就要求电源电压大于21V。在击穿之后，电

源电压总是很快地回复到大于7伏。

HCMOS系列参数规范

74HC/HCT推荐的工作条件

符号	参数	74HC			74HCT			单位	条件
		min	typ	max	min	typ	max		
V _{CC}	电源电压	2.0	5.0	6.0	4.5	5.0	5.5	V	
V _I	输入电压范围	0		V _{CC}	0		V _{CC}	V	
V _O	输出电压范围	0		V _{CC}	0		V _{CC}	V	
T _{amb}	工作环境温度范围	-40		+85	-40		+85	℃	见每个器件的直
T _{amb}	工作环境温度范围	-40		+125	-40		+125	℃	流和交流参数
	除史密特触发器输								V _{CC} =2.0V
t _r , t _f	入端外的输入上升		6.0	500		6.0	500	ns	V _{CC} =4.0V
	和下降时间			400					V _{CC} =6.0V

就模拟开关而言，如4016，4051系列，4351系列，4066和4067，最大工作电压规定为10 V。

74HCU推荐的工作条件

符号	参数	74HCU			单位	条件
		min	typ	max		
V _{CC}	直流电源电压	2.0	5.0	6.0	V	
V _I	直流输入电压范围	0		V _{CC}	V	
V _O	直流输出电压范围	0		V _{CC}	V	
T _{amb}	工作环境温度范围	-40		+85	℃	见每个器件的直流和交
T _{amb}	工作环境温度范围	-40		+125	℃	流参数