

Application Note

LM339、LM393、TL331 系列比较器 (包括全新 B 版本) 应用设计指南

Paul Grohe

摘要

TL331、LM339、LM393 和新一代 B 版本 (TL331B、LM339B、LM2901B、LM393B 和 LM2903B) 因灵活性、可用性和成本效益, 成为使用寿命长且备受青睐的通用比较器。在将这些比较器用于您的设计之前, 先了解这些比较器与大多数其他比较器的区别有助于提高一次性获得成功的机会。B 数据表的首页包含一个表格, 其中显示了各种经典器件与新型 B 器件规格之间的差异。

内容

1 应用手册中包含的器件.....	2
2 新的 TL331B、TL391B、LM339B、LM393B、LM2901B 和 LM2903B B 版本.....	4
3 PCN 之经典芯片更改为新芯片设计.....	5
4 更改封装顶部标识.....	11
5 粗糙的引线框镀层.....	12
6 输入注意事项.....	13
7 输出级注意事项.....	23
8 电源注意事项.....	24
9 比较器常规用法.....	25
10 PSpice 和 TINA TI 模型.....	27
11 结语.....	27
12 相关文档.....	27
13 修订历史记录.....	28

插图清单

图 3-1. 包装标签示例 - 单通道 TL331 和双通道 LM293/LM393/LM2903.....	7
图 3-2. 包装标签示例 - 单通道 TL331 和双通道 LM293/LM393/LM2903.....	8
图 3-3. 包装标签示例 - 四通道 LM139/LM239/LM339/LM2901.....	9
图 3-4. 包装标签示例 - “B” 器件.....	10
图 4-1. 封装标识变化比较.....	11
图 5-1. 经典 (闪亮) 引线框.....	12
图 5-2. 粗糙 (变色) 引线框.....	12
图 6-1. 具有所有电流源连接的输入级简化版原理图.....	13
图 6-2. 简化版 “B” 内部原理图 - Ji3 和四通道 TiB (第一个 PCN)	14
图 6-3. PCN 之后的简化版 “B” 和 TiB 内部原理图 (带钳位)	15
图 6-4. 输入级的 VBE 和 VSAT 占用的余量.....	16
图 6-5. 使用 5V 电源时输入电压范围的可视化表示.....	17
图 6-6. 5V 电源下的经典输入引脚 I/V 曲线.....	18
图 6-7. 串联电阻和二极管负电压保护.....	19
图 6-8. 带有钳位二极管的常用双电阻分压器.....	20
图 6-9. 分体式分压器负电压保护.....	20
图 6-10. 经典芯片启动, 输出设置为高电平.....	21
图 6-11. 经典芯片的启动行为, 输出设置为低电平.....	21
图 6-12. B 芯片启动, 输出设为高电平.....	21
图 6-13. B 芯片启动, 输出设为低电平.....	21

图 6-14. 使用迟滞功能时向 IN+ 添加电容器的示例.....	22
图 7-1. 典型输出低 (饱和) 电压与输出灌电流之间的关系.....	23
图 9-1. 单电源和双电源的最佳连接做法.....	25
图 9-2. 不太理想的单电源和双电源连接做法.....	25
图 9-3. 可能不良的单电源和双电源连接做法.....	26

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 应用手册中包含的器件

本应用手册涵盖表 1-1 中列出的所有比较器器件，包括具有改进规格的新一代 B 版本。所有这些比较器都包含一个独特的输入级，该输入级在 20 世纪 70 年代早期发布时具有革命性意义。与当时市面上的其他比较器不同，该系列支持接地电平输入电压，适用于单电源设计。

1.1 基本器件型号

基本器件型号是非常规的，因为编号是按照产品开发的顺序分配的。首先发布的是 LMx39/LM2901 四通道比较器，接着是 LMx93/LM2903 双通道比较器，几年后又发布了 TL331 (TI) 和 LM397 (National) 单通道比较器。-Q1 后缀表示器件符合 AEC-Q100 标准。器件名称中的“-N”表示由 National Semiconductor 提供的器件，它们与德州仪器 (TI) 当前的基本器件型号一致。National Semiconductor 和 TI 使用不同的封装后缀，因此当前没有可订购的重复器件型号。同样，新一代版本添加了后缀 B，表示规格已改进。在整个文档中，我们将表 1-1 中列出所有器件称为 LM339 系列。

表 1-1. 基本器件型号、通道数和温度范围

温度范围	单通道	双通道	四通道
-55°C 至 125°C	TL331-EP	LM193、LM193-MIL、LM193-N、LM193QML、LM193QML-SP、LM293-EP	LM139、LM139-MIL、LM139-N、LM139-SP、LM139A、LM139A-MIL、LM139AQML、LM139AQML-SP、LM239A-EP
-40°C 至 125°C	TL331B	LM2903、LM2903V、LM2903AV、LM2903B	LM239A-EP、LM2901、LM2901AV、LM2901V、LM2901B
-40°C 至 105°C	TL331K	参阅 - 40°C 至 125°C	参阅 - 40°C 至 125°C
-40°C 至 85°C	LM397	LM393B、LM2903-N	LM339B、LM2901-N、LM2901EP、LM3302
-25°C 至 85°C	TL331I	LM293、LM293-N、LM293A	LM239、LM239-N、LM239A
0°C 至 70°C	参阅 - 25°C 至 85°C	LM393、LM393-N、LM393A	LM339、LM339-N、LM339A、LM339-MIL
汽车 Q1 (- 40°C 至 125°C)	TL331B- Q1、 TL331-Q1	LM2903B-Q1、LM2903-Q1	LM239A-Q1、LM2901-Q1、LM2901AV-Q1、LM2901V-Q1、LM2901B、LM2901B-Q1
汽车 Q0 (- 40°C 至 150°C)	-	LM2903-Q1 (E 版本)	-

1.2 输入失调电压等级

V_{IO} (也称为 V_{os}) 容差也有等级选项。与器件型号中没有 **A** 的相同器件型号相比, 器件型号后缀中有 **A** 的器件具有更出色的 V_{IO} 规格。

表 1-2. 具有 V_{IO} 等级选项的每个基本器件型号在 25°C 下的最大输入失调电压误差

单通道		双通道		四通道	
器件型号	V_{IO} 在 25°C 时的最大值	器件型号	V_{IO} 在 25°C 时的最大值	器件型号	V_{IO} 在 25°C 时的最大值
LM397	7mV	LM193	5mV	LM139	5mV
TL331	5mV	LM193-MIL	5mV	LM139-MIL	5mV
TL331-EP	5mV	LM193-N	5mV	LM139-N	2mV、5mV
TL331-Q1	5mV	LM193QML	5mV	LM139-SP	2mV
TL331B	4mV	LM193QML-SP	5mV	LM139A	2mV
TL331B-Q1	4mV	LM2903	7mV	LM139A-MIL	2mV
TL391B	4mV	LM2903-N	7mV	LM139AQML	2mV
TL391B-Q1	4mV	LM2903-Q1	2mV、7mV	LM139AQML-SP	2mV
		LM2903V	2mV、7mV	LM239	9mV
		LM293	5mV	LM239-N	5mV
		LM293-EP	5mV	LM239A	3mV
		LM293-N	5mV	LM239A-EP	2.5mV
		LM293A	2mV	LM239A-Q1	2.5mV
		LM393	5mV	LM2901	7mV
		LM393-N	5mV	LM2901-N	7mV
		LM393A	2mV	LM2901-Q1	7mV
		LM393B、LM2903B	2.5mV	LM2901AV	2mV
				LM2901AV-Q1	2mV
				LM2901EP	7mV
				LM2901V	7mV
				LM2901V-Q1	7mV
				LM3302	20mV
				LM339	9mV
				LM339-MIL	5mV
				LM339-N	2mV、5mV
				LM339A	3mV
				LM339B	5.5mV
				LM2901B	5.5mV
				LM2901B-Q1	5.5mV

1.3 最大电源电压

默认的最大建议电源电压为 30V。后缀中包含 V 的器件表示最高 32V 的电压。

TL331B、LM393B、LM339B、LM2901B 和 LM2903B 等新 B 版本的最大电压高达 38V。

1.4 高可靠性选项

单通道、双通道和四通道比较器有很多高可靠性选项。

单通道比较器产品列表：TL331-EP。

双通道比较器产品列表：LM193QML-SP、LM193QML、LM293A-EP、LM293-N、LM2904-EP、LM139AQML 和 LM139JAN。

四通道比较器产品列表：LM139-SP、LM139AQML-SP、LM139-MIL、LM139A-MIL、LM139AQML 和 LM139JAN。

本应用手册不包含这些器件的资质和等级。请查阅各个器件的数据表。

2 新的 TL331B、TL391B、LM339B、LM393B、LM2901B 和 LM2903B B 版本

2019 年末，TI 推出了一种基于新型高压结隔离工艺的更新 B 版本设计，以取代自 20 世纪 70 年代初以来一直存在的经典 LM339 设计。此更新可改进许多规格和更小的封装选项。

新的 B 器件的设计性能等于或优于经典器件，因此新器件可以轻松地直接替代经典器件。B 数据表的首页包含一个便利的表格，其中显示了各种经典器件与新型 B 器件规格之间的差异。[LM393B 和 LM2903B 双通道系列的比较表](#) 展示了一个比较表示例。

LM393B 和 LM2903B 双通道系列的比较表

规格	LM393B	LM2903B	LM393 LM393A	LM2903	LM2903V LM2903AV	LM193	LM293 LM293A	单位
电源电压	2 至 36	2 至 36	2 至 30	2 至 30	2 至 32	2 至 30	2 至 30	V
总电源电流 (5V 至 36V 最大值)	0.6 至 0.8	0.6 至 0.8	1 至 2.5	1 至 2.5	1 至 2.5	1 至 2.5	1 至 2.5	mA
温度范围	-40 至 85	-40 至 125	0 至 70	-40 至 125	-40 至 125	-55 至 125	-25 至 85	°C
ESD (HBM)	2000	2000	1000	1000	1000	1000	1000	V
失调电压 (整个温度范围内的最大值)	±4	±4	±9 ±4	±15	±15 ±4	±9	±9 ±4	mV
输入偏置电流 (典型值/最大值)	3.5/25	3.5/25	25/250	25/250	25/250	25/100	25/250	nA
响应时间 (典型值)	1	1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	µsec

如 [LM393B 和 LM2903B 双通道系列的比较表示例](#) 所示，B 器件的一些改进包括更宽的电源电压范围、更低的失调电压、更低的偏置电流、更快的传播延迟和更低的电源电流。单通道 TL331B 和四通道 LM339B/2901B 也进行了类似的改进。

3 PCN 之经典芯片更改为新芯片设计

在 2021 年，公司开始发布产品变更通知 (PCN)，以便通知客户对于 LM339 系列的大多数产品，将用新芯片替换经典芯片。这些变化是我们多年计划的一部分，该计划将产品从即将淘汰的 6 英寸制造工艺和技术过渡到更新、更高效的 12 英寸制造工艺和技术。这不会影响新的 B 版本器件，因为这些芯片已采用新技术。

这些 PCN 通知包含计划变更的器件的列表。这些 PCN 由分销商直接发放给客户。大多数主要分销商 (DigiKey、Mouser) 在器件产品页面上提供了 PCN 声明。

经典器件的现有电气规格限制、器件标识和可订购器件型号保持不变。某些电气表典型值和图形可能会发生变化，以反映旧芯片和新芯片之间的所有主要差异。新芯片器件已达到或超过了经典芯片的所有认证。相关的 PCN 中提供了认证摘要。

这些大批量的器件系列在多个封装厂封装，但并非所有这些封装厂都同时过渡到新芯片。因此，在撰写本文时，**对于给定的大批量可订购器件型号，可能会在订单中收到混合的经典芯片和新芯片** (例如 LM2903DR)。混合芯片将包装在密封容器内 (袋装或卷带)，不会在单个导轨或卷装内混合。卷带或袋标签会提供必要的芯片信息。

为了确定使用的芯片，可以查看包装盒标签或包装袋标签上的芯片厂和制造厂地址字段。请参阅 [节 3.6](#)。

只有原生的 TI 商用和汽车级器件才会受到 PCN 的影响。目前还没有计划针对 National Semiconductor 之前的版本 (-N) 提供 PCN。使用 National 之前版本芯片的军用 (/883、-MIL)、QML、航天级和耐辐射系列将继续使用其现有 National 芯片。有些德州仪器 (TI) 原生的军用器件可能会受到 PCN 的影响。这些器件将列在相关的 PCN 中。

3.1 针对单通道和双通道 (TL331 和 LMx93/LM2903) 的 PCN #1

在 2021 年 3 月，发布了针对单通道 (TL331) 和双通道 (LMx93/LM2903) 的 PCN #20210318001。单通道和双通道 PCN 之后替代产品基于 B (Ji3 工艺) 器件芯片。

3.2 针对单通道和双通道 (TL331 和 LMx93/LM2903) 的 PCN #2

在这些新的 PCN 器件开始出现在市场上之后，显然某些客户设计依赖于某些数据表之外的行为，从而导致客户设计出现问题。[节 6.3](#) 对这些行为进行了汇总。

在 2023 年 7 月，决定为进行更改的单通道和双通道器件启动另一个 PCN #20230627002，以便某些超出数据表规格的行为更类似于经典芯片，尤其是 [节 6.8](#) 和 [节 6.9](#)。规格保持不变，但使用了新工艺 (TiB)。

3.3 针对四通道 (LMx39、LM2901) 的 PCN

在 2024 年，发布了针对四通道器件 (LMx39/LM2901) 的 PCN #20231016006。PCN 之后的四通道芯片是采用与单通道和双通道 PCN #1 不同的 TiB 工艺重新设计的。规格是类似的，但某些超出数据表规格的行为更类似于经典芯片。

3.4 用于 B 器件 (包括 -Q1) 的 PCN

从 2024 年底开始，发布了新的 PCN，用于将 Ji3 B 器件转换为新的 TiB 工艺，同时还添加了一个钳位，以模仿原始 Ji1 器件的经典输出低电平行为。这也适用于 -Q1 汽车级型号。

3.5 器件 PCN 概要

器件 PCN 概要总结了 PCN 之前和 PCN 之后行为之间的差异。这些更改还包括汽车级 -Q1 型号。

表 3-1. 器件 PCN 概要

器件系列 (包括 -Q1)	芯片原产地包装标签字 段 (20L) CSO : ___	芯片原产国/地区包装标 签字段 (21L) CCO : ___	芯片加工	VCM 钳位	两个输入都高于输入范 围输出的行为
LM139/239/339 (PCN 之前)	SHE	USA	Ji1	N	低
LM139/239/339 (PCN 之后)	RFB	USA	TiB	Y	低
LM339B (PCN 之前)	RFB	USA	TiB	N	高
LM339B (PCN 之后)	RFB	USA	TiB	Y	低
LM2901 (PCN 之前)	SHE	USA	Ji1	N	低
LM2901 (PCN 之后)	RFB	USA	TiB	Y	低
LM2901B (PCN 之前)	RFB	USA	TiB	N	高
LM2901B (PCN 之后)	RFB	USA	TiB	Y	低
LM193/293/393 (PCN 之前)	SHE	USA	Ji1	N	低
LM193/293/393 (PCN #1 之后)	CU3	CHN	Ji3	N	高
LM193/293/393 (PCN #2 之后)	RFB	USA	TiB	Y	低
LM393B (PCN 之前)	CU3	CHN	Ji3	N	高
LM393B (PCN 之后)	RFB	USA	TiB	Y	低
LM2903 (PCN 之前)	SHE	USA	Ji1	N	低
LM2903 (PCN #1 之后)	CU3	CHN	Ji3	N	高
LM2903 (PCN #2 之后)	RFB	USA	TiB	Y	低
LM2903B (PCN 之前)	CU3	CHN	Ji3	N	高
LM2903B (PCN 之后)	RFB	USA	TiB	Y	低
TL331 (PCN 之前)	SHE	USA	Ji1	N	低
TL331 (PCN #1 之后)	CU3	CHN	Ji3	N	高
TL331 (PCN #2 之后)	RFB	USA	TiB	Y	低
TL331B (PCN 之前)	CU3	CHN	Ji3	N	高
TL331B (PCN 之后)	RFB	USA	TiB	Y	低

3.6 确定使用的芯片版本

3.6.1 确定用于单通道 TL331 和双通道 LM293、LM393 和 LM2903 的芯片 — PCN #1 (Ji3)

单通道 TL331 和双通道 LMx39/2903 PCN#1 的晶圆制造厂所在地与原始经典芯片不同。这需要查看 21L 标签字段。

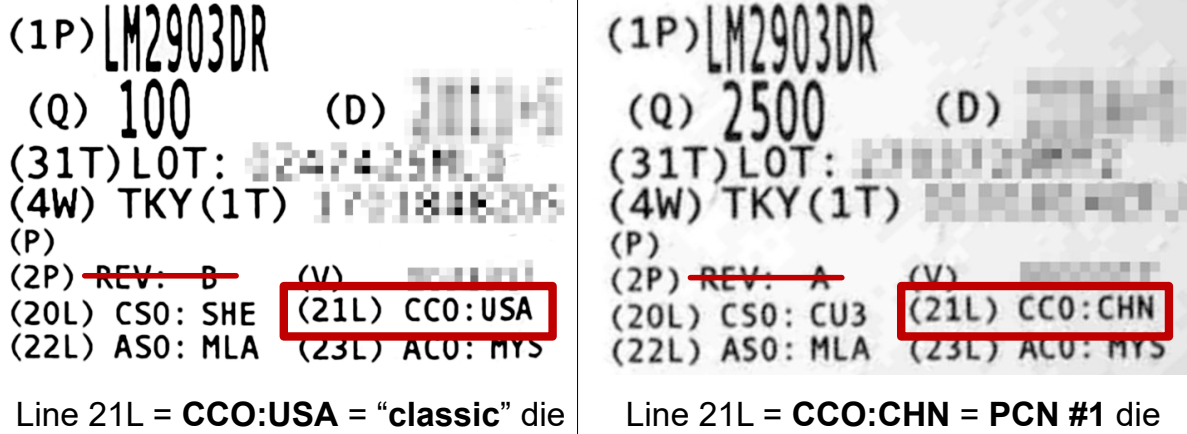


图 3-1. 包装标签示例 - 单通道 TL331 和双通道 LM293/LM393/LM2903

对于单通道和双通道，如果“Chip Country of Origin (21L) CCO:”字段显示 USA，则说明这是经典 (Ji1) 芯片。

对于单通道和双通道，如果“Chip Country of Origin (21L) CCO:”字段显示 CHN，则说明这是 PCN #1 (Ji3) 芯片。

要确定使用的芯片，请忽略 (2P) REV: x 字段 (在上方已被划掉)。此字段是所用特定芯片的版本，不代表所使用的内核设计。在过去，这一信息曾让人感到混淆。

3.6.2 确定用于单通道 TL331 和双通道 LM293、LM393 和 LM2903 的芯片 — PCN #2 (TiB)

新的 PCN #2 (TiB) 芯片的晶圆制造厂所在地与 PCN #1 (Ji3) 芯片不同。这需要查看 20L 标签字段。

(1P) LM2903DR (Q) 100 (D) 2011-05 (31T) LOT: 0247425ML0 (4W) TKY(1T) 1721846206 (P) (2P) REV: B (V) 0247425ML0 (20L) CSO: SHE (21L) CC0: USA (22L) AS0: MLA (23L) AC0: MYS	(1P) LM2903DR (Q) 100 (D) 2011-05 (31T) LOT: 0247425ML0 (4W) TKY(1T) 1721846206 (P) (2P) REV: B (V) 0247425ML0 (20L) CSO: RFB (21L) CC0: USA (22L) AS0: MLA (23L) AC0: MYS
Line 20L = CSO:SHE = “classic” die	Line 20L = CSO:RFB = PCN #2 die

图 3-2. 包装标签示例 - 单通道 TL331 和双通道 LM293/LM393/LM2903

对于单通道和双通道，如果 “Chip Country of Origin (20L) CSO:” 字段显示 **USA**，则说明这是经典 (Ji1) 芯片。

对于单通道和双通道，如果 “Chip Country of Origin (20L) CSO:” 字段显示 **CHN**，则说明这是新 (TiB) 芯片。

要确定使用的芯片，请忽略 (2P) REV: x 字段 (在上方已被划掉)。此字段是所用特定芯片的版本，不代表所使用的内核设计。在过去，这一信息曾让人感到混淆。

3.6.3 确定用于四通道 LM139、LM239、LM339 和 LM2901 的芯片

由于经典芯片和新的四核芯片均在美国制造，因此现在必须注意特定的晶圆制造厂所在地 (20L) 字段。

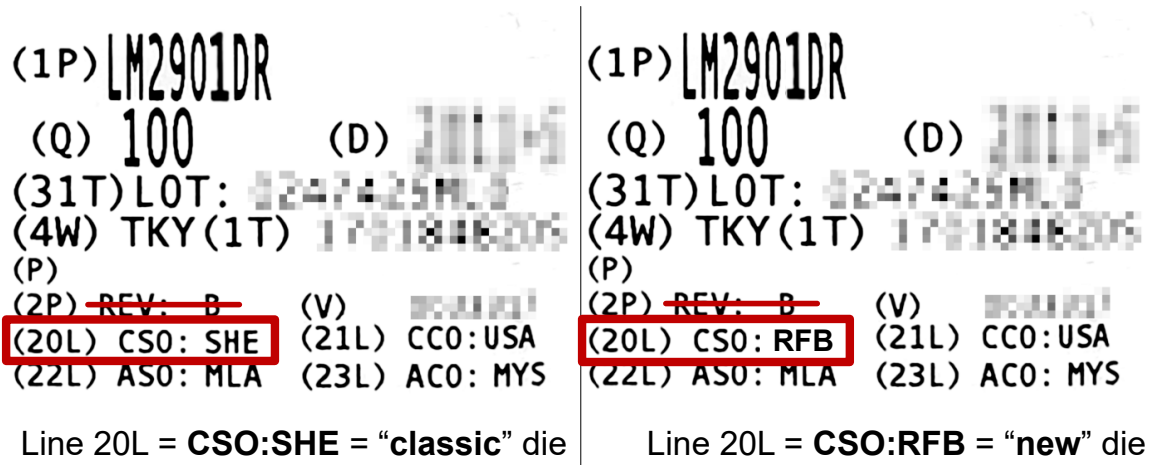


图 3-3. 包装标签示例 - 四通道 LM139/LM239/LM339/LM2901

对于四通道 LM139/239/339 或 LM2901，如果 “Chip Site of Origin (20L) CCO:” 字段显示 SHE，则说明这是经典 (SFAB) 芯片。

对于四通道 LM339 或 LM2901，如果 “Chip Site of Origin (20L) CCO:” 字段显示 RFB，则说明这是新 (RFAB) 芯片。

要确定使用的芯片，请忽略 (2P) REV: x 字段 (在上方已被划掉)。此字段是所用特定芯片的版本，不代表所使用的内核设计。在过去，这一信息曾让人感到混淆。

3.6.4 确定用于 PCN 之后 B 器件的芯片

新的 TiB 芯片由德克萨斯州理查森的晶圆制造厂 (RFB) 制造。之前的 Ji3 芯片是在我们的中国晶圆厂 (CU3) 中制造的。要确定位置，请查看标签上的 20L 和 21L 线条。

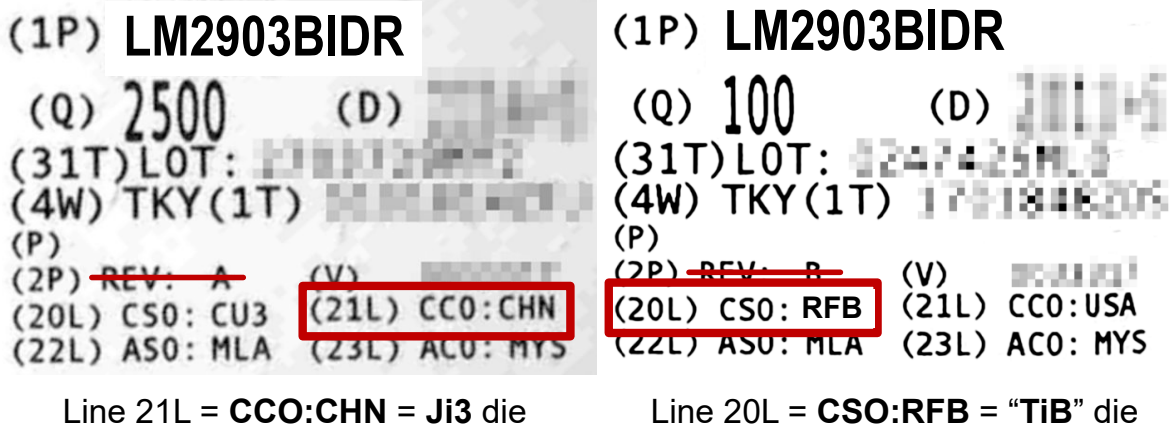


图 3-4. 包装标签示例 - “B” 器件

如果 “Chip Country of Origin (21L) CCO:” 字段显示 CHN，则说明这是之前的 Ji3 芯片。

如果 “Chip Site of Origin (20L) CSO:” 字段显示 RFB，则说明这是新型 TiB 芯片。

要确定使用的芯片，请忽略 (2P) REV: x 字段 (在上方已被划掉)。此字段是所用特定芯片的版本，不代表所使用的内核设计。在过去，这一信息曾让人感到混淆。

4 更改封装顶部标识

2022 年初，TI 在公司范围内对器件顶部标识进行了更改，而不仅仅是针对 LM339 系列。对于 LM339 系列的大多数产品，PCN# 20211123004 中都涵盖了此更改。

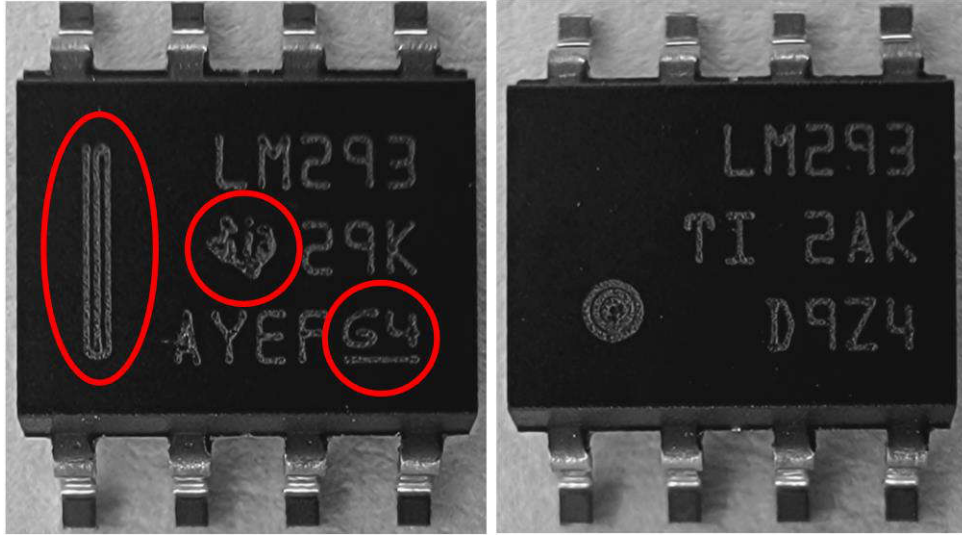


图 4-1. 封装标识变化比较

左图是之前的条形标识，右图是新的点形标识。

封装标识变化为：

1. 将引脚 1 的条形标识更改为一个点或圆。
2. TI 标识图形已替换为字母 **TI**。
3. 删除了带下划线的 *E* 类标识（通常是 G4 或 E4）。
4. 字体已更改为更适合光学字符识别 (OCR-A) 的字体。

这些标签变更已在整个 TI 逐步应用，大订单中可能会同时出现两种器件标识样式。标识变化并不直接显示使用的芯片，仍有可能获得采用新的顶部标识样式的经典芯片。

5 粗糙的引线框镀层

德州仪器 (TI) 正在采用新的单侧粗糙引线框。这些引线框在电镀之前被蚀刻，目的是使引线表面变粗糙。粗糙度改善了引线的焊接粘附 (可焊性)。

与传统的光滑镀层引线框架相比，这种粗糙化可以使引线看起来变色、腐蚀或采取灰色或绿色的外观。



图 5-1. 经典 (闪亮) 引线框

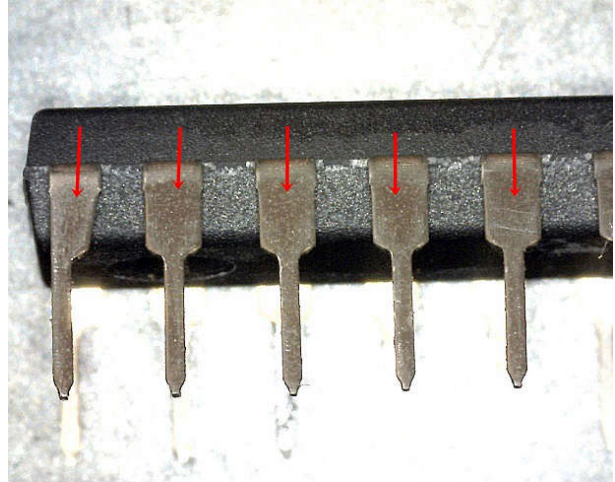


图 5-2. 粗糙 (变色) 引线框

较暗或“变色”的外观是由于光线在粗糙表面的折射，而不是传统的“闪亮”镜面般的光滑镀层。光的颜色和光谱纯度会影响外观。图 5-2 展示了一个相当粗糙的引线框的特写示例。

虽然 DIP 封装如示例所示，但多个封装系列 (SC-70、SOT-23、SOIC、SOP、MSOP、VSSOP、TSSOP 以及无引线封装) 正在发生粗化现象。

粗糙的引线框采用与平滑引线框相同的镀层工艺，并且已通过或超过所有必需的 JEDEC 和 AEC 封装鉴定。TI 产品中都在采用这些粗糙的引线框，而不仅仅是 LM339 系列所特有的。

6 输入注意事项

6.1 输入级原理图 - 经典 LM339 系列

图 6-1 所示为经典 LM339 系列比较器的内部简化版原理图。原理图减去了偏置电路中的一些器件，但能相当真实地揭示实际内部电路。

输入级由 PNP 达林顿输入对 Q1+Q2 和 Q3+Q4、提供工作尾电流的偏置镜 Q10 以及 Q5 和 Q6 的有源负载组成。输出级由 Q7、Q12 和输出晶体管 Q8 组成。当输入高于 V+ 时，二极管 D1 到 D4 起到保护输入器件的作用。

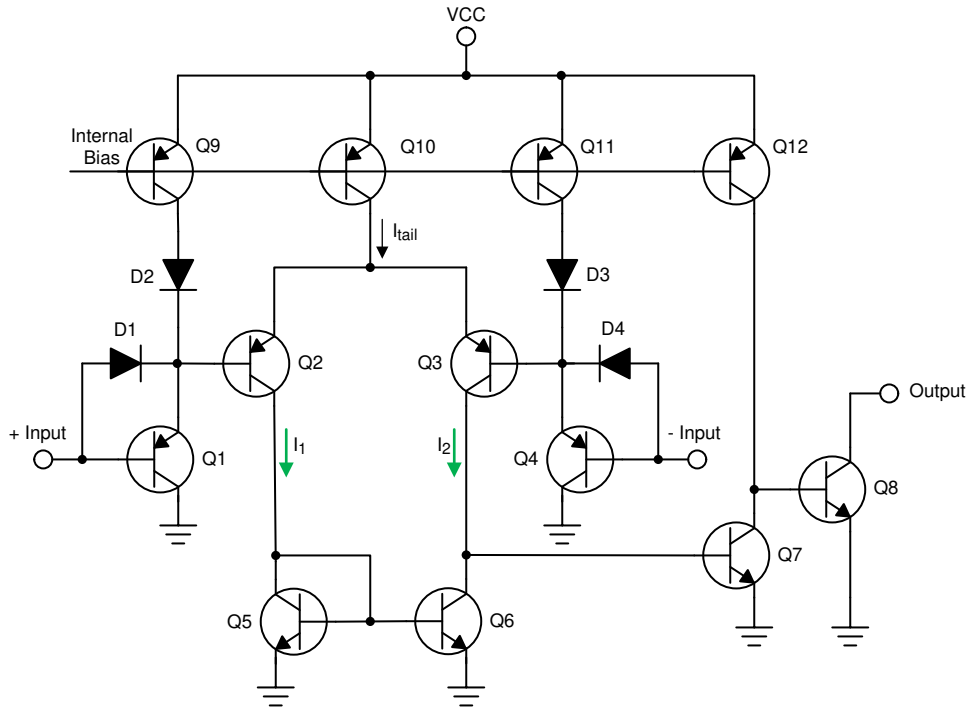


图 6-1. 具有所有电流源连接的输入级简化版原理图

原理图还包含额外的电流源线 (Q9、D2、Q11 和 D3)，数据表中的简化版原理图中未绘制这些线。达林顿输入级中的所有 PNP 发射器都有电流源连接。这些电流源可保持恒定的输入偏置电流不随差分输入电压变化，从而为输入电阻提供高效输入。如果没有这些辅助电流源，随着差分输入电压的变化，输入偏置电流可能会从零变化到正常偏置电流的两倍。

6.2 输入级原理图 — 新的“B”和 TiB 器件

对于新的 B、Ji3 和 TiB 器件，为了改善传播延迟和输出驱动能力，在经典 LM339 设计中添加了一个由 Q13 和 Q14 组成的额外增益级。

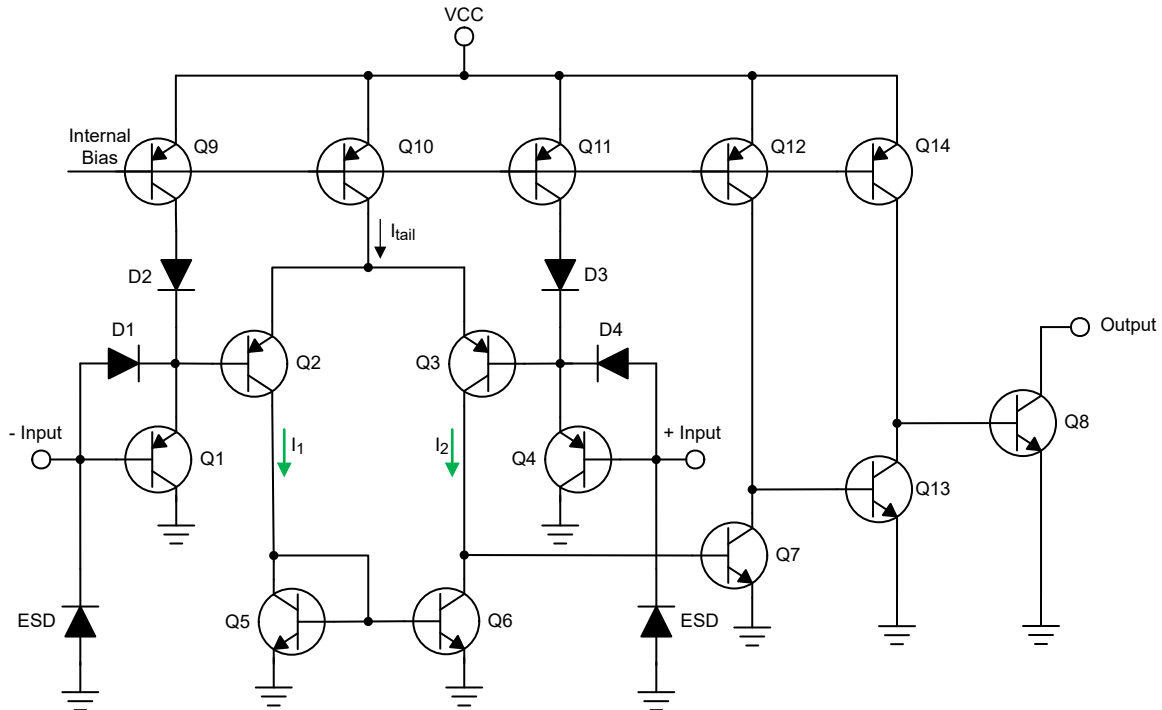


图 6-2. 简化版“B”内部原理图 - Ji3 和四通道 TiB (第一个 PCN)

虽然这个附加级确实改进了技术规格，但这个额外级确实反转了信号路径（请注意输入现在已反向）。该反相产生的一个影响是，节 6.8 中的特性发生了反转，从而使 B 器件输出变为高电平。此外，还添加了专用的 ESD 保护结构，可实现更强大的 ESD 性能。

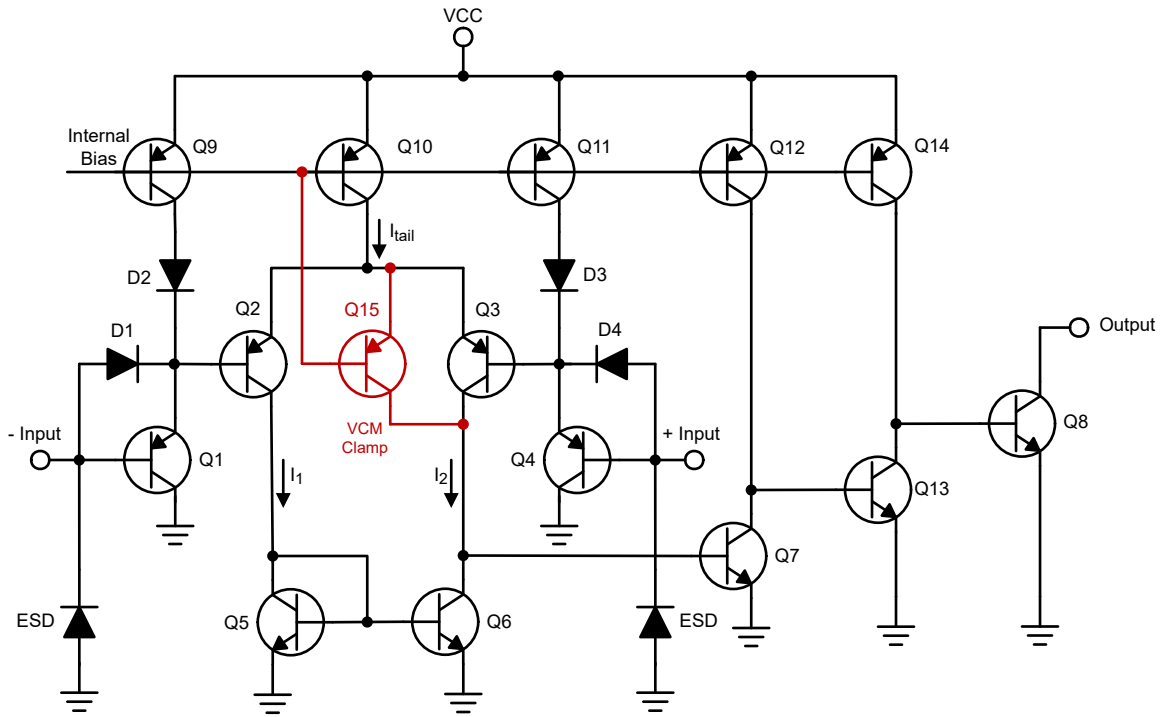


图 6-3. PCN 之后的简化版“B”和 TiB 内部原理图 (带钳位)

对于采用新的 TiB 工艺的全新四通道 LM139/239/339/2901 和 PCN 之后的单通道和双通道，在 Q3 附近添加了一个钳位晶体管 (Q15 以红色显示)，以确保在输入级处于截止状态时，输出变为低电平。

通常情况下，除非 Q2 和 Q3 切断 (当输入大于 $V_{CC}-1V$ 时)，否则 Q15 不会导通，然后 Q15 会导通并强制输出为低电平。最终，所有未来的器件和“B”器件都可以遵循此原理图。

6.3 经典、“B”和 TiB 芯片器件之间的差异

虽然我们已尽力让新的器件与经典器件直接兼容，但在超出数据表规格下运行时会有差异。

一个主要区别是节 6.8 中的特性发生了反转。当两个输入都高于 VCM 时，“B”和 Ji3 PCN#1 之后的单通道和双通道输出将变为高电平。

四通道和 PCN 之后的“B”器件具有不同的设计，添加了一个钳位，以模仿在两个输入都高于 VCM (输出变为低电平) 时经典芯片的行为。

由于新型设计速度更快一些且典型失调电压更低，因此比较器往往对噪声尖峰、振铃和闪烁更为敏感，而较慢的老式经典设计可能会忽略这些问题。具有过多地噪声、极度嘈杂的输入信号、噪声极大的电源或电源旁路不良的边缘化系统设计，现在可能会出现错误或多重触发。TI 建议在电源引脚之间直接实现适当的电源旁路 (最小 100nF)。可以对输入信号进行滤波，以更大限度地降低高频噪声和瞬变。

由于内部器件几何形状更小且结间距更紧，因此较新的 B 器件对负输入电压 (在 GND 引脚下方) 和负电源瞬态的敏感性往往稍高。更多有关防止负输入的信息，请参阅节 6.9。

6.4 输入电压范围

数据表中规定的输入电压范围表示正常指定操作时要施加到输入的最小和最大允许电压。在指定输入范围之外工作时，参数可能会发生变化，尤其是失调电压、偏置电流和传播延迟。

在室温下，指定的 LM339 系列输入电压范围 (V_{ICR}) 为 0V (相对于负电源引脚) 到 $V_{CC} - 1.5V$ 。但在低温下，实际的上限输入电压范围会减小 $-4mV/^\circ C$ 。因此，指定的 LM339 系列全温度范围共模范围为 0V 至 $V_{CC} - 2V$ ，以考虑这种减小。强烈建议在所有设计中使用 $V_{CC} - 2V$ 范围。

6.5 输入电压范围与共模电压范围间的关系

共模电压范围和输入电压范围这两个术语往往可以互换使用，但在讨论比较器时有一个重要差异。共模电压 (CMVR 或 CMR) 的通用定义是反相 (-IN) 和同相 (+IN) 输入电压的平均值。这个定义对于运算放大器 (由于负反馈，输入彼此之间保持小于 1 毫伏) 来说是可以接受的，但比较器输入很少保持相同的电位，并且在正常运行情况下可以看到几伏的差分电压。如果使用平均值，可能会出现一个输入电压略微超出输入范围规格的情况，并且两个输入的平均值仍然位于输入范围内，即使一个输入超出输入范围也是如此。平均值给人一种符合输入电压范围要求的假象。

备注

必须**根据输入**而非两个输入电压的平均值考虑输入电压限值。例如，如果计算出的输入电压限值为 3.5V，则两个输入都不能超过 3.5V。

6.6 输入范围余量限制的原因

LM339 系列是首个真正的单电源接地感测比较器，但它不是一种轨至轨输入器件，可感测的最大电压值比 V_{CC} 低约 1.5V。输入级需要为 V_{CC} 电源提供一些余量，以向输入器件 Q1 至 Q4 提供所需的尾电流和偏置。假设电源为 5V，图 6-4 显示了从电源电压降至输入端子的必要电压降。

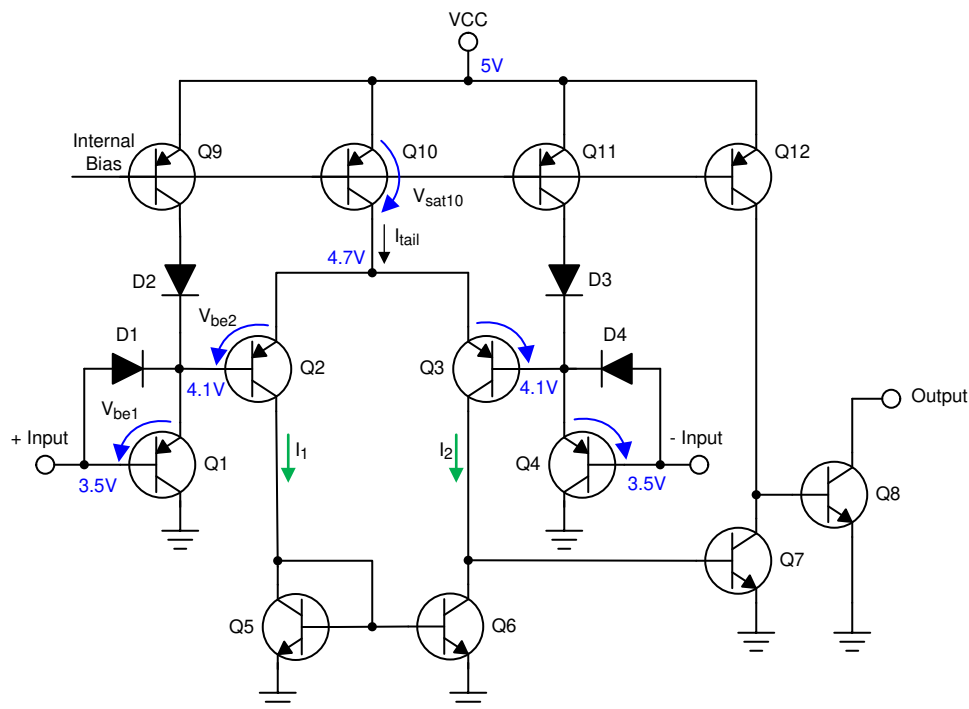


图 6-4. 输入级的 V_{BE} 和 V_{SAT} 占用的余量

直流偏置电流从 V_{CC} 向下流动，经过 Q10 电流源，经过输入对 Q2 和 Q1，并通过输入源电阻从输入引脚流向地面。

可通过计算 V_{BE} 来分析所需的余量，从 V_{CC} 轨开始一直到输入引脚。从 V_{CC} 开始，电流源 Q10 集电极-发射极结 (V_{SAT10}) 上的压降约为 250-300mV。在 Q2 (V_{BE2}) 和 Q1 (V_{BE1}) 的每个基极-发射极结上还有 600mV 的压降。通过将所有压降加在一起 ($V_{SAT10} + V_{BE1} + V_{BE2}$)，输入引脚和 V_{CC} 之间至少需要有 1.5V 的余量，输入级才能正确偏置。

如果输入超过输入限制，该输入晶体管开始关闭，并且该器件的尾电流 (I_1 或 I_2) 也被切断。

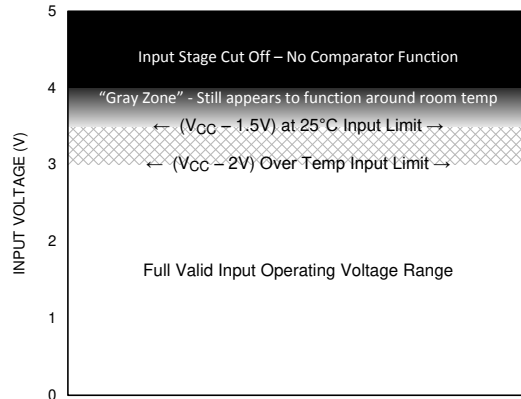


图 6-5. 使用 5V 电源时输入电压范围的可视化表示

图 6-5 显示了使用单个 +5V 电源时输入电压范围的可视化表示。

在 0V 和 3V ($V_{CC} - 2V$) 之间，器件可完全正常运行，并将在整个额定温度范围内按照数据表规格运行。 $V_{CC} - 2V$ 限值建议用于所有设计的输入范围上限。

0 到 3.5V ($V_{CC} - 1.5V$) 的输入范围在 25°C 及以上时有效。晶体管的 V_{BE} 以 $-2.1mV/^\circ C$ 变化，因此介于 3V 和 3.5V 之间的范围可能会随温度变化。这使得输入电压范围随温度以 $-4.2mV/^\circ C$ 变化 (注意负号!)，从而需要在整个温度规格内使用 $V_{CC} - 2V$ 。使用 $V_{CC} - 1.5V$ 限值可能会导致该设计在工作台上运行良好，但在低温条件下出现故障投诉。不要犯这个错误!

介于 3.5V 和 4V 之间的范围是灰色区域，在这个区域中，器件在 25°C 及更高温度下似乎仍能正常工作，但当输入级逐渐耗尽时，关键规格 (例如失调电压、偏置电流，尤其是传播延迟) 会不断恶化。这些影响不会立即显现。在低温下运行会导致出现故障。必须避免在这个区域中运行。

在 4V 和 5V 之间，甚至高达 36V，输入级被切断，输入偏置电流降至接近零。实际切断阈值取决于温度。比较器停止运行。不要在此区域中运行!

6.7 输入电压范围特性

LM339 系列 (仅适用于表 1-2 中列出的 LM339 系列器件) 具有一个出色的特性是，只需有一个输入在有效输入电压范围内，即可获得有效输出。另一个输入可以高于输入电压范围甚至高于 V_{CC} ，而输出将保持处于正确的状态。

备注

以下功能原本旨在向用户保证在故障或瞬态条件下提供预期行为。之所以在此介绍该功能，只是因为多年来数据表中一直提及该功能。TI 强烈建议保持在指定的输入电压范围限值内，而不要将以下特性视为正常运行条件的一部分。在此模式下，器件会不符合全部的数据表规格。

这是因为，只要其中一个输入仍在有效的输入电压范围内，该输入对尾电流 (I_1 或 I_2) 就仍在流动，并向有源负载 Q5 和 Q6 发出正确的输出极性信号。

虽然这是一个不错的功能，但该功能确实需要付出一定代价。当超出指定输入电压限值工作时，性能会下降并且不再符合数据表规格。失调电压、偏置电流和传播延迟等关键规格会受到不利影响。TI 仍建议保持在数据表输入电压范围规格内。

6.8 两个输入都高于输入范围的行为

如果两个输入都超过输入电压上限 ($V_{in} > V_{CC} - 1.5V$)， I_1 和 I_2 都会切断，因此 Q7 保持关断，从而使得 Q8 的基极被上拉并饱和，并将输出拉低。

对于经典 Ji1 器件，当输入超过输入范围上限时，输出变为低电平。由于节 6.2，在 Ji3 B 和 PCN 之后的单通道和双通道器件中，添加了反向，因此 B 和 PCN 之后的单通道和双通道器件输出会变为高电平。单通道和双通道 PCN #2 在 TiB 中添加了一个钳位来模拟经典输出低电平行为。

由于输入没有到达 V_{CC} 的内部钳位或 ESD 二极管，因此输入电压最高可达 36V。如果输入超过 $V_{CC}-1V$ 左右，由于输入 PNP 晶体管中的反向偏置基极-发射极结以及相关的阻断二极管 D2 或 D4，输入会阻断电流。即使 V_{CC} 等于 0V，电流流动也会受阻。如果任一输入或两个输入都超过最高 V_{CC} 等级 36V，则会发生结击穿。根据相应器件数据表绝对最大额定值表中的表注，这可能会导致器件损坏。

如果任一输入相对于负电源低于 $-0.3V$ ，过多的输入电流就会流入基板，输出可能会显示相位反转，也称为反相。有关详细信息，请参阅以下部分中的“负输入电压”。

6.9 负输入电压

LM339 系列有别于任何 I/O 引脚上的负输入电压，这在数据表中多次提及。LM339 系列采用结隔离式芯片工艺构建，所有单独的芯片器件都通过反向 PN 结与基板进行电气隔离。可将其视为每个电路节点下连接到公共芯片基板的反向二极管。这些结通常称为体二极管或基板二极管。为了使这种结隔离正常工作，基板 **必须** 保持在最低负电位。芯片基板与 GND 引脚电连接，因此 GND 引脚必须处于最低负电路电位才能正常工作。

如果任何引脚比 GND 引脚（基板）更低，这些不同的基板结和寄生晶体管可能会开始导电。反向电流现在流经并非为电流设计的路径，如果输入电流足够高，这可能会导致寄生器件出现，从而导致故障，或者在更糟的情况下导致门锁。

图 6-6 显示使用 +5V 电源时输入引脚的输入电流，使输入电压摆幅为从 -1V 至 +7V。当输入为 -0.3V 时，明显的纳安电流将开始流动，并会在二极管开始导电时增加到几十毫安。

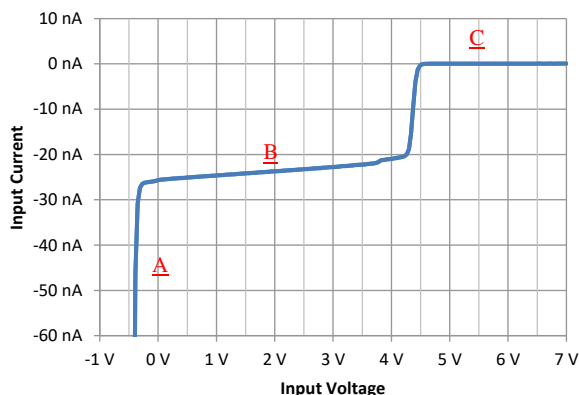


图 6-6. 5V 电源下的经典输入引脚 I/V 曲线

A 部分显示基板二极管拐点在 -400mV 时开始导通，随后随着负输入电压的增加，反向电流也增加。

B 部分显示了从 0V 到 3.5V 的正常工作输入偏置电流。灰色区域可以看作是在 4V 之后电流趋于零。

C 部分显示了接近零（皮安级）偏置电流，因为输入器件被反向和切断，没有基极电流流动。

LM339 系列最初在 70 年代初设计，当时由于这些旧工艺的击穿电压较高，静电放电 (ESD) 损坏并不普遍，因此 LM339 系列中不包含专用的 ESD 保护结构。如果没有专用的 ESD 结构，则没有定义的电流路径让反向电流返回到 GND 引脚。新的 B 器件在输入和输出引脚上添加了专用 ESD 结构，可实现更强大的 ESD 性能。

6.9.1 最大输入电流

一个经常被误解的规格是“绝对最大值”表中列出的最大输入电流或输入电流规格。对于该系列，规格可高达 50mA (通常列为 -50mA)。

该电流实际上是在不造成损坏的情况下可以通过反向偏置基板二极管的最大电流，但此时的规格值并不意味着可以正常运行。当向输入施加负电压并尝试将输入拉低至 GND 引脚 (-0.5V 至 -1V) 以下时，就会看到该电流。该规格设定了电流的限制，如上一节负输入电压所述。在 50mA 时，可能会出现不正常的运行和故障。TI 仍然建议将电流保持在低于 10mA 或更低。

该规格与最大输入偏置电流无关。当输入电压在适当的指定工作范围 (0V 至 $V_{CC}-2V$) 内时，输入电流可在电气规格表中的最大偏置电流 (<500nA) 范围内，并且在正常运行情况下绝不能接近毫安范围。

6.9.2 相位反转或反相

在某些条件下，输出端的极性可能会变得不正确。当比较器的输入偏离了负共模电压范围时，就会发生这种情况，称为“相位反转”或“反相”。如前所述，超过正共模范围往往会导致可预测的行为。但相对于 GND 引脚的负输入电压可能来自意外来源，例如直流/直流转换器中的开关噪声或接地反弹。负输入电压也可能来自交流电容耦合输入，此类输入会在输入端产生双极电压。

小于 -0.3V 的输入电压会导致寄生器件导通 (图 6-6, A 点)，从而导致不正确的输出行为。数据表中未定义该区域中的操作，因为这偏离了输入电压的绝对最大规格 -0.3V。输入电流打开内部寄生 NPN 晶体管，从其他内部节点窃取电流，导致输出相位反转。

不要试图凭经验确定相位反转性能，因为不同的单元可能在不同批次和工艺中具有不同的性能。必须避免负输入电压，并采用单电源配置，除非应用可在负输入期间接受 V_{OL} 或 V_{OH} 电平。

6.9.3 保护输入免受负电压的影响

6.9.3.1 简单电阻器和二极管钳位

在无法避免负输入电压的情况下，例如双极输出的电感源或直接耦合传感器的振铃，与输入串联的限流电阻器可以将电流限制在安全水平，如图 6-7 所示。二极管必须是肖特基型的，用以获得最低的正向电压。

必须计算电阻，将最高预期电压下的电流限制在 1mA 或更低。一种很好的方法是每伏预期过电压对应 1k Ω 。因此，如果最大预期负电压为 -5V，则电阻必须至少为 5k Ω 或更大。该电阻可以是分压器或其他电阻输入网络的一部分。可以将类似的电阻添加到另一个输入端以抵消偏置电流。在最小钳位电流、偏置电流误差和交流信号的最低额外延迟之间取得折衷后确定了电阻器的大小。

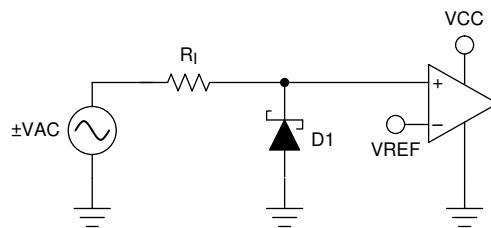


图 6-7. 串联电阻和二极管负电压保护

如果电阻值过高，与比较器输入偏置电流和二极管漏电流的相互作用会导致阈值点发生偏移。由于存在输入和杂散电容以及电阻的时间常数，高电阻值还会导致交流信号延迟。

如果电阻值太低，二极管的正向电压会由于钳位电流的提高而增加，并且在钳位时会降低源极的负载。由于延迟较低，较低的值对交流信号更好。

这种简单钳位方法的缺点是二极管的正向电压可能超过 -300mV 输入限值，即使使用低正向电压肖特基型二极管也是如此。

如果应使用较大的负输入电压（例如过零检测器或带有电感振铃的输入信号），这需要钳位输入信号的负向部分，则必须使用低比率分压器。请参阅节 6.9.3.2.1。

6.9.3.2 带钳位的分压器

测量双极高压的一种非常常见的电路是带有钳位二极管的电阻分压器，如图 6-8 所示。问题在于二极管直到达到 -600mV 时才开始钳位负电压，远远超过 -300mV 的负输入电压限值。

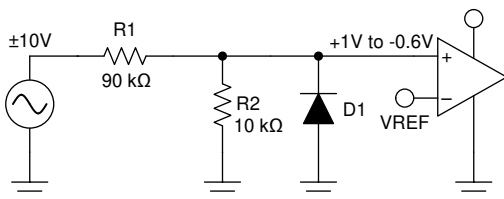


图 6-8. 带有钳位二极管的常用双电阻分压器

6.9.3.2.1 带钳位的分体式分压器

为了改进上述分压器，可以拆分上分压器电阻并在更高的抽头电压下应用钳位二极管，如图 6-9 所示。具体思路是，两个底部电阻器（ $R1B$ 和 $R2$ ）进一步分压二极管钳位电压，使钳位电压在输入端达到安全水平。

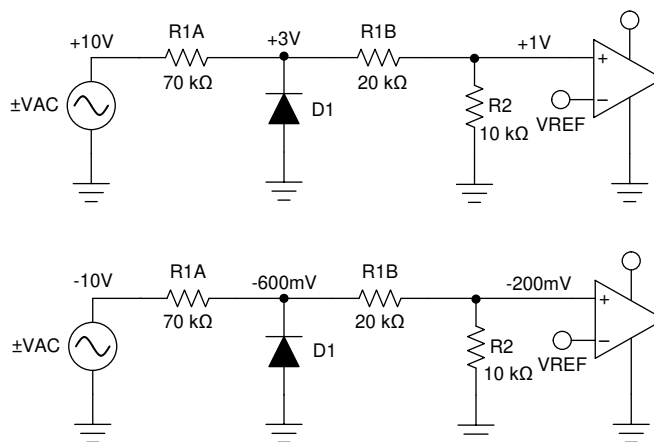


图 6-9. 分体式分压器负电压保护

上部公共分压电阻器 $R1$ 被分成两个电阻器 $R1A$ 和 $R1B$ ，为钳位二极管提供更高的电压抽头采样点。钳位二极管可保持随着输入电压进一步向负移动，抽头电压不会超过 -600mV 。

使用正输入电压时，二极管反向偏置并且不导通，从而有效地将其从电路中移除（少量漏电流除外）。分压器 $R1A + R1B$ 组合可相对于 $R2$ 创建上方 $R1$ 分压器电阻。

当输入电压为负时，二极管将 $R1A$ 和 $R1B$ 之间的节点钳位至 -600mV 。然后， $R1B$ 和 $R2$ 创建一个 $3x$ 分压器，从而在输入端产生更安全的 -200mV 电压。请注意， $R1A$ 现在具有通过电阻器的完整输入电压，并需要适当调整大小。

设计过程相当简单。全分压器按普通的双电阻分压器进行计算，得出所需的 $R1$ 和 $R2$ 值。然后，根据现有的 $R2$ 和所需的 $R1$ 部分计算所需的次级负 $R1B$ 分压器。

6.10 上电行为

上电时，当比较器电源 (V_{CC}) 低于最小电源电压 ($< 2V$) 时，根据在该时间点施加的电源电压和输入电压，可以在输出端看到转换。这可能导致需要已知启动状态的设计（例如锁存电路或振荡器）出现问题。一些现有的设计可能无意中依赖了这种行为。

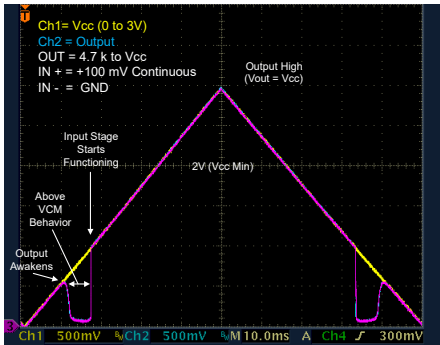


图 6-10. 经典芯片启动，输出设置为高电平

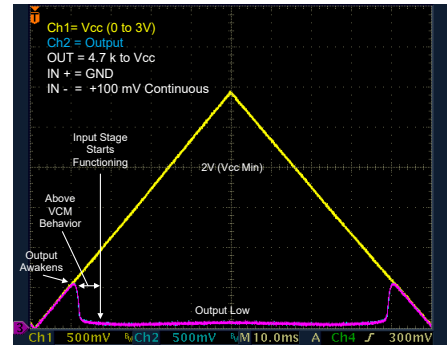


图 6-11. 经典芯片的启动行为，输出设置为低电平

从 $V_{CC} = 0V$ 开始直到大约 $0.55V$ ，输出为高阻抗，因为还没有足够的电源电压来偏置输出驱动器电流源 (Q12) 和输出晶体管 (Q8) 基极-发射极结。输出通过上拉电阻器跟踪上拉电源。

当电源电压达到 $0.55V$ 的范围时，输出级现在刚好有足够的偏置来激活，但输入级仍然没有足够的电压来运行。这在图 6-10 和图 6-11 中显示为输出唤醒。

当输出级正常工作而输入级仍不工作（切断）时，该区域中的输出行为类似于节 6.7 时的情形。这在图 6-10 和图 6-11 中显示为超出 VCM 行为。经典芯片输出变为低电平，且 B 版本将保持高阻抗（高电平）。

当 V_{CC} 电源达到 $1V$ 范围时，就有足够的电源电压对输入级进行弱偏置。此时，输出可以开始响应输入信号，但仍未指定正确的输出。这在图 6-10 和图 6-11 中显示为输入级开始工作。

一旦电源达到 $2V$ ，输入和输出级就会完全偏置，但输入电压范围基本为零 ($V_{CC}-2V$)。输入可以正确响应零伏左右的输入电压。输入电压范围现在会随着电源电压的增加而成比例增加。

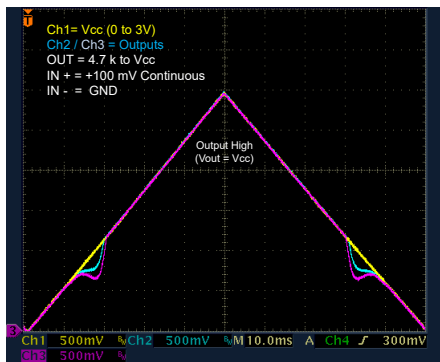


图 6-12. B 芯片启动，输出设为高电平

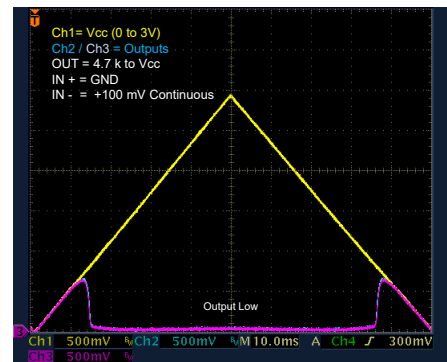


图 6-13. B 芯片启动，输出设为低电平

对于 B 器件，如图 6-12 和图 6-13 所示，行为类似，但在超出 V_{cm} 范围时输出会变为高电平。由于 B 版本工艺的差，输出唤醒的电压略高，为 $0.7V$ ，而输入级在 $1.2V$ 时开始工作。

对于电源启动斜升较慢的电路，保持较低的工作阈值电压，以确保在启动期间电压尽快处于适当的工作范围内。在断电期间会发生类似的情况，但顺序相反。补救措施类似于上电。

确保比较器在断电期间正常工作的一种方法是添加一个与比较器电路电源（包括任何基准分压器）串联的二极管，以及一个用于存储的大型比较器旁路电容器。这样，当主电源电压下降时，二极管会将比较器与主电源隔

离，并保持比较器电路电源，从而使比较器在电容器放电之前仍继续工作。由于 LM339 系列是集电极开路输出，因此无论输出状态如何，电源电流都是恒定的。需要考虑的一些事项是在断电期间的上拉和任何基准分压器电压源序列。

6.11 电容器和迟滞

设计人员通常会在输入中添加低容值电容器来提供滤波，既可以进行 EMI 滤波，也可以对输入信号进行滤波或清理。

一种常见的疏忽是向同相 (IN+) 节点添加电容器 (C_F)，同时使用迟滞 (正反馈)，如图 6-14 所示

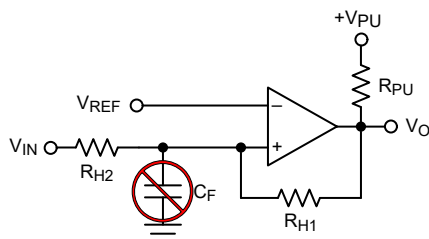


图 6-14. 使用迟滞功能时向 IN+ 添加电容器的示例

通过 R_{H1} 的迟滞反馈在输出第一次转换时略微改变阈值，从而抑制进一步的转换。添加电容器 C_F 会延迟迟滞反馈，从而可能允许在转换之前和之后进行多次转换 (突发)，甚至完全消除迟滞反馈操作。向输出端添加大电容器也可能具有类似的效果 (并且由于集电极开路输出的上升和下降时间不对称，可能会产生不对称的效果)。

可以在反相输入端添加电容器。当未使用迟滞 (无 R_{H1}) 时，可以将电容器添加到同相 (IN+) 节点。如果在使用迟滞时仍然需要滤波，电容需要放置在 R_{FB2} 左侧。

6.12 输出-输入串扰

为防止振荡和误触发，当源阻抗大于 $25k\Omega$ 时，输出和输入走线需要保持分离。快速的输出边沿速率 ($<200ns$) 可通过杂散电容耦合回高阻抗输入，特别是在高输出电压摆幅 ($>10V$) 下。这对于双通道 LMx93 (反相输入紧挨输出引脚) 来说很重要。输入和输出走线必须相互成直角，不能平行。

7 输出级注意事项

7.1 输出 V_{OL} 和 I_{OL}

输出电压与输出电流间的关系图对于输出而言非常重要，如图 7-1 所示。在该图中，输出低电压可以根据预期的灌电流负载电流确定。

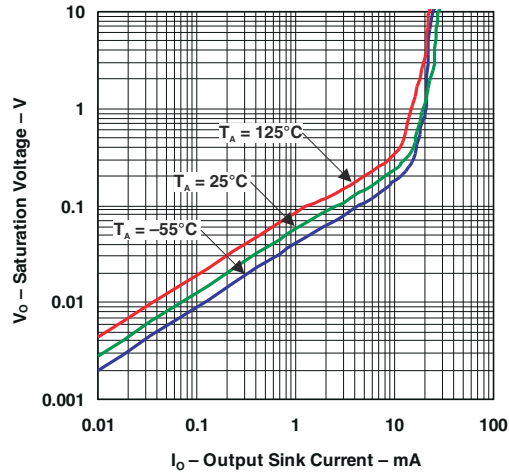


图 7-1. 典型输出低 (饱和) 电压与输出灌电流之间的关系

该图还显示了电流限值，其中输出电压在 10-20mA 区域急剧向上弯曲。必须避开该区域，因为指定的最小短路电流仅为 6mA (通常为 12-16mA)，并且可能因器件、批次和温度而异。TI 建议灌电流小于 5mA。

该图还必须用于确定所需输出低电压所需的上拉电阻值。

例如，如果在 3.3V 上拉电压上使用 3.3k Ω 电阻，则产生的灌电流为 1mA。在该曲线图中，1mA 会产生最坏情形 (125°C) 下的 V_{OL} 电压 90mV。但是，如果使用 330 Ω 的上拉电阻器，输出低电压现在为 350mV，也接近电流限值，这是很不利的。

7.2 上拉电阻器选择

集电极开路输出需要一个上拉电阻，以使输出变为高电平。一个经常被忽视的设计项是上拉电阻值。如果上拉电阻值过低，输出低上拉电流过高，导致输出低电压 (V_{OL}) 增加，从而导致输出功率耗散过大，并增加整个系统电源电流。

如果上拉电阻值过高，则会导致上升时间更长。由于上升时间取决于上拉电阻和负载电容的时间常数，因此上升时间可能会随容性负载而变化。其结果是上升时间呈现一个指数趋势而不是方形边沿，并且会影响整体传播延迟。下降时间不依赖于上拉电阻，因为输出晶体管会立即使输出短路，通过低阻抗快速对负载电容放电。

用以确定上升时间 (10% - 90%) 的公式，以 5k 和 15pF 为例：

$$r_{isetime} = 2.2 * (R_{PULLUP} * C_{LOAD}) = 2.2 * (5k * 15pF) = 165ns \quad (1)$$

如果上升时间不重要，则可采用更高的电阻值来进一步节省系统功耗。

TI 建议使用 100 μ A 至 1mA 范围内的上拉电阻灌电流，以实现输出摆幅和上升时间的最佳折衷。例如，使用 5V 上拉电压和 1mA 电流时，电阻值的计算公式为 $V_{PULL-UP} / 1mA = 5k\Omega$ 。4.7k 或 5.1k 的电阻可能就足够了，因为确切值并不重要。合适的上拉电阻可从图 7-1 中所示的输出饱和曲线得出。对于多通道器件，请务必在总封装功耗计算中纳入每个通道的功率损耗。

7.3 短路灌电流

NPN 输出晶体管具有基本的自限流功能。限流特性可保护器件免受直接损坏。在对 V_{CC} 长时间短路期间，器件会发生过热，尤其是当 V_{CC} 电压高于 5V 时。请注意，比较器中的功率损耗为 $(V_{CC} - V_{OUT}) \times I_{OUT}$ 。随着芯片温度的升高，电流限制幅度会降低。

比较器没有过热关断电路。因此，过度的功率耗散会导致非常高的内核温度。数据表绝对最大额定值表发出警告：短接到 V_{CC} ，即使是很短的时间，也会导致过度散热，并最终导致损坏。请注意，每个通道的功率耗散必须纳入总器件耗散计算中。

7.4 将输出上拉至高于 V_{CC}

输出可独立于电源电压被上拉至 36V (即使 $V_{CC} = 0V$!)。必须格外谨慎以确保输出不超过 -0.3V 至 +36V 的限制。如果输出非板载运行或者要经过会产生 EMI 的器件，则必须使用诸如齐纳二极管或 TVS 之类的保护器件。

7.5 施加到输出的负电压

与输入类似，施加到输出的任何负电压都可引起节 6.9 中所述的类似效果。驱动继电器、变压器或长电缆等电感负载时，注意电感反冲。

7.6 向输出端添加大型滤波电容器

通常，设计人员会在输出到接地端之间直接添加大型电容器 (100pF 至 $>10 \mu F$)，试图对输出端进行滤波，从而减少输出端或复位时序电路上的噪声。TI 不建议采用这种做法，因为这会导致几个问题。

带电的电容器可以提供几安培的峰值电流，因此当输出端变为低电平时，输出端必须将带电电容器短路，这会使输出端遭遇电流限制。长期来看，这会给输出端带来压力。如果需要通过输出端对电容器放电，如在计时应用中，必须使用串联限流电阻器将峰值电流保持在 10mA 以下。添加串联电阻器并适当调整电容器值，将使放电过程更加可控，因为电阻器会消除器件中轻微的短路电流变化。如果串联电阻器不可接受，则必须使用外部分立式导通晶体管或 MOSFET。

当然，增加输出电容会直接影响上升时间和下降时间，从而增加传播延迟。

添加大输出电容器可通过增加延迟和减慢输出边沿来影响所添加的任何迟滞反馈，从而使迟滞突发或完全消除。

不过，TI 建议对输入信号进行滤波并使用迟滞，而不是使用电容器对输出进行强力滤波。这些技术可以保持适当的传播延迟，同时最大限度地减少噪声信号上的抖动或错误触发。有关如何添加迟滞以滤除噪声的更多信息，请参阅 [AN-74 LM139/LM239/LM339 四通道独立运行比较器](#) 应用手册。

8 电源注意事项

8.1 电源旁路

为避免错误转换，电源必须消除噪声和瞬变。推荐使用的电源旁路电容器是 0.1 μF 的陶瓷电容器。该电容器必须尽可能靠近电源引脚以连接到实心地面。由于输出是集电极开路，电源引脚仅针对比较器静态电流提供电流，因此负载瞬态电流很小。如果上拉电阻器位于远处，则必须在上拉电阻器处进一步提供旁路。GND 引脚必须返回到实心地面，因为引脚可能包含快速输出负载瞬变。

8.1.1 低 V_{CC} 引导

对于此系列中的某些器件，最低 V_{CC} 为 2V。对于较低的电源电压，例如 2V 至 3V 范围内的电源电压，请特别注意输入电压范围。请注意，输入范围在器件的最低工作温度下尤其受到限制，特别是 -40°C 和 -55°C 的器件。电源为 2V 时，不同温度下的输入电压范围限制在 0V。电源电压低于 5V 时，TI 推荐针对低电压运行进行优化的器件，例如 TL331LV、LM393LV、LM339LV 或 TLV70x1 系列的低电压比较器。

8.1.2 双电源用法

LM339 系列可与双 ($\pm V$) 电源一起使用，其中，GND 引脚变为 V_{EE} 或 $V-$ (最高负电源电压)，前提是电源之间的差值 ($V_{CC} - V_{EE}$) 不超过规定的最大电源电压 (36V)。请注意，输出现在会摆动到负 V_{EE} 电源而不是公共接地端，因此对于接地参考逻辑电平，可能需要电平转换或外部导通器件。请注意低双电源电压下的正输入电压范围有限，+5V/-5V 双电源的输入范围只有 -5V 到 +2V !

9 比较器常规用法

9.1 比较器未使用通道的接线

9.1.1 禁止将输入端直接接地

对于已使用和未使用的比较器而言，输入端不得直接接地或连接至任何其他低阻抗节点。无论可能出现何种故障，务必要增加一些电阻以将电流限制在 10mA 以下。所有输入引脚都有一个二极管，从输入端连接至器件的 GND 或 V^- 引脚。在双电源应用中， GND 引脚为最大负值。但在上电、断电或电源故障期间， GND 引脚可能会变为正。如果发生这种情况，接地输入引脚将可能会因输入二极管而产生破坏性电流。即使 GND 引脚也接地，例如在单电源应用中，输入接地也可能会相对于运算放大器的内部接地节点为负。当布局不良或电流瞬变 $\Delta I/\Delta t$ 较高时，会出现接地电位差。在大多数应用中，向输入引脚添加 $1\text{k}\Omega$ 至 $10\text{k}\Omega$ 串联电阻是可以接受的。

9.1.2 比较器未使用输入的接线

有时，应用并不需要所有比较器都采用双通道或四通道封装。未使用通道的连接方式对未使用的放大器而言应是安全的，而且不影响已使用的比较器。理想连接方法是将比较器置于正常工作范围内，并且输入都未直接连接到低阻抗节点。比较器的输出必须保持开路且未连接。

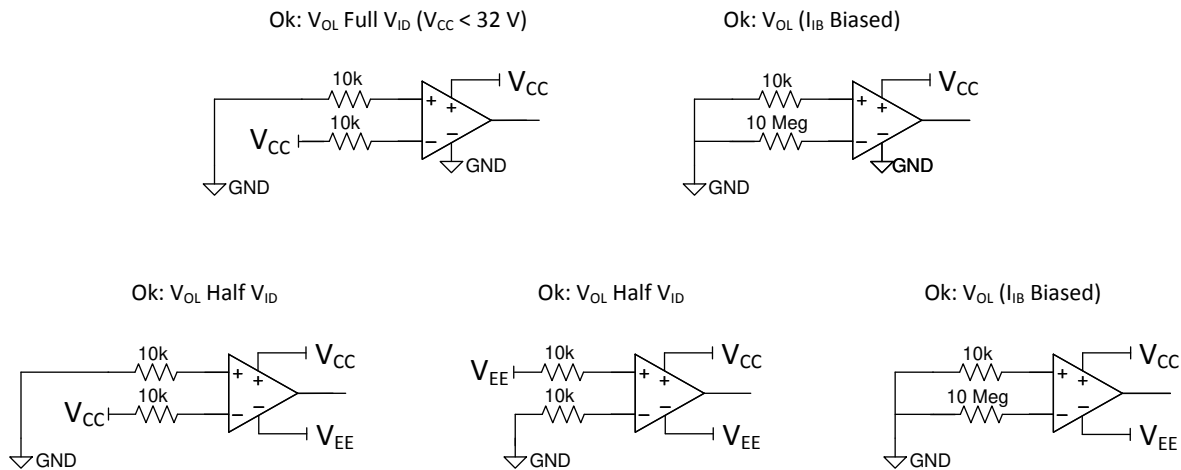


图 9-1. 单电源和双电源的最佳连接做法

将输入电阻增加到 $10\text{M}\Omega$ 将保持线性运行，因为输入偏置电流 (I_b) (从输入引脚流向地) 会使同相输入电压升高到超出输入失调电压范围。 V_{OL} 满 V_{ID} 更适合低电压应用，因为即使比较器允许这些较大的电压，也没有理由施加较大的输入电压差。 V_{OL} (I_{IB} 偏置) 方法使用输入偏置电流来提高反相输入端的电压。如果使用，请将 $10\text{M}\Omega$ 电阻器靠近反相输入引脚放置以减少噪声拾取。任何输入都不能直接连接到低阻抗节点，例如地、 V_{CC} 或 V_{EE} 。 V_{OH} 替代方法也可以接受；只需交换输入引脚即可。

不建议使用图 9-2 中的下一组连接方式，但这些配置并不视作终止未使用通道的不良方法。交换输入的 V_{OH} 替代方法也并非终止未使用通道的建议方法。

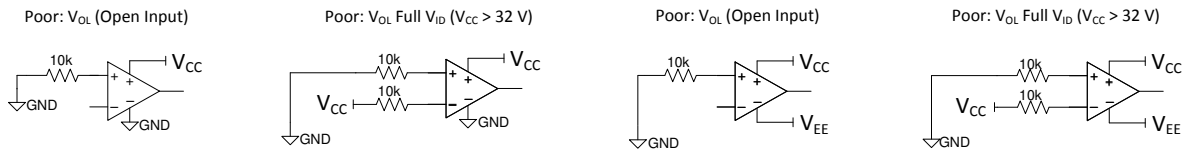


图 9-2. 不太理想的单电源和双电源连接做法

图 9-3 中所示的最后一组连接展示了不正确的设置，如果 GND 引脚相对于输入引脚变为正，则可能导致输出噪声颤动或器件损坏。

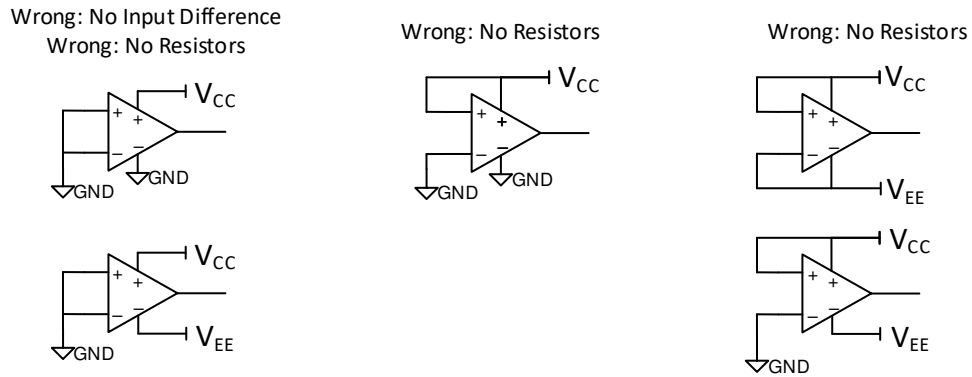


图 9-3. 可能不良的单电源和双电源连接做法

9.1.3 保持输出悬空

TI 建议使未使用的输出引脚保持悬空状态。虽然可以将输出接地，但因为输出不能拉取电流，在高温和高压下 $V+$ 可能会出现漏电流，正如前面针对输入所讨论的那样。为避免这些电流出现任何问题或出现其他瞬态条件，请让输出保持悬空。

9.1.4 原型设计

如果电路板是试验电路板或原型，则不对输入进行硬接线并让输出悬空，可在日后修复或扩展需要时使用未使用的通道。可以移除电阻器并将电线焊接到焊盘或引脚上以接入试验电路板。所有多通道比较器、放大器和逻辑门都是如此。

10 PSpice 和 TINA TI 模型

PSpice 模型适用于经典器件和新的 **B** 器件。这些模型位于相应产品文件夹中的 *Design & Development -> Design tools & simulation* 选项卡下。TINA 和 PSpice 模型的核心模型相同。

这些模型模拟了室温下的典型行为，并且该系列中的大多数器件在室温下具有类似的典型行为，因此该模型可用于该系列中的任何器件。

经典器件采用较旧的简单晶体管级模型，而 **B** 器件采用较新的模型。

备注

较新的 **B** 模型具有以下特性：在超出输入范围或电源电压范围时，无论上拉电压是多少，均可强制输出为比较器电源电压的一半 ($V_{CC}/2$)。这是专为提醒用户出现问题而设计的。实际器件将不会执行此操作，并会按照前几节中的所述做出反应。**B** 模型不会对一个输入在范围内功能进行建模，而是在违反任一输入范围时强制出现 $V_{CC}/2$ 输出错误。

11 结语

LM339、LM393、TL331 及其变体是备受青睐、具有成本效益且使用寿命长的标准型比较器。阅读本应用手册可了解此系列的优缺点及其与更为现代化的比较器间的区别，从而提高设计的成功率。尽管大多数模拟设计人员会继续使用这些器件，但随着过去 40 年来运算放大器设计和工艺技术方面的改进，以及我们对比较器应用的深入了解，已经有更好、更易于使用的比较器问世。

12 相关文档

12.1 相关链接

下面列出了快速访问链接。类别包括技术文档、支持和社区资源、工具和软件，以及申请样片或购买产品的快速链接。

- 德州仪器 (TI), [LMx39 \(TI 版\) 内核](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [LMx39-N \(National 版本\) 内核](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [LMx93 数据表 \(TI 版本\) 内核](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [LMx93-N \(National 版本\) 内核](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [TL331 内核](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [LM397 \(单通道 National 版本\)](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [AN-74 - 四通道独立运行比较器](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI), [TI 精密实验室 - 运算放大器：比较器应用 \(“比较器”部分\)](#)。
- 德州仪器 (TI), [模拟工程师电路设计指导手册：放大器 \(“比较器应用”部分\)](#)。
- 德州仪器 (TI), [比较器输入类型](#)

13 修订历史记录

Changes from Revision E (June 2024) to Revision F (December 2024) Page

• 为“B”器件添加了 PCN 部分.....	5
• 添加了确定 PCN “B” 器件的部分.....	10
• 添加了“引线框镀层”部分.....	12
• 添加了 PCN 之后的钳位示例原理图.....	14

Changes from Revision D (December 2023) to Revision E (June 2024) Page

• 更新了整个文档中的表、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 添加了针对单通道和双通道 (TL331 和 LMx93/LM2903) 的 PCN #1 部分.....	5
• 添加了针对单通道和双通道 (TL331 和 LMx93/LM2903) 的 PCN #2 部分.....	5
• 添加了针对四通道 (LMx39/LM2901) 的 PCN 部分.....	5
• 更新了器件 PCN 概要表.....	6
• 添加了确定使用的芯片版本部分.....	7

Changes from Revision C (April 2023) to Revision D (December 2023) Page

• 向 PCN 信息部分加了“四通道”.....	5
• 添加了器件 PCN 概要表.....	6
• 添加了确定用于单通道和双通道的芯片部分.....	7
• 添加了确定用于四通道的芯片类型.....	9
• 添加了更改封装顶部标识部分.....	11
• 将输入范围行为更新为单独的部分.....	18
• 删除了提及 LM339B 钳位的内容.....	18
• 添加了最大输入电流部分.....	19
• 添加了上电行为部分.....	21
• 添加了电容器和迟滞部分.....	22
• 添加了 PSpice 和 TINA TI 模型部分.....	27

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司