

无锡泰连芯科技有限公司

TLX706 型

带看门狗和手动复位功能的电压监控器

2024 年 06 月

带看门狗和手动复位功能的电压监控器

1 特性

- 工作电压范围：1.2V ~ 5.5V
- 低功耗：50μA (Max)
- 高精度监测电压：
2.63V, 2.93V, 3.08V, 4.00V, 4.65V
- 保证 RESET 在 V_{CC}=1.2V 有效
- 200ms 复位脉宽
- 独立看门狗计时器 (1.6 秒典型计时周期)
- 独立上电或低电压监测
- 工作温度范围：-55°C to 125°C
- 封装: SOP8

2 应用

- 计算机
- SOC、DSP 或微控制器
- 嵌入式系统
- 工业设备
- 智能仪表
- μP 电源监控
- 无线通信系统

3 概述

TLX706 微处理器 (μP) 监控电路降低了系统中监控电源和电池电压所需的复杂性和元件数量；与独立 IC 或分立元件电路相比，该芯片可以显著提高系统的可靠性和监测精度。

TLX706 提供以下四种功能：

- 1) 在上电、掉电和电源波动条件下提供复位动作，V_{CC} 低至 1.2V 下也能正常工作。
- 2) 独立看门狗功能，超过 1.6 秒 (TYP) 无喂狗信号将导致看门狗计时器溢出，看门狗输出低电平。
- 3) 1.2V 检测阈值的独立监测电路，检测上电、电池低电压或者其他供电电压。
- 4) 低电平有效的手动输入复位功能。

TLX706 采用 SOP8 封装，工作环境温度支持 -55°C 至 125°C。

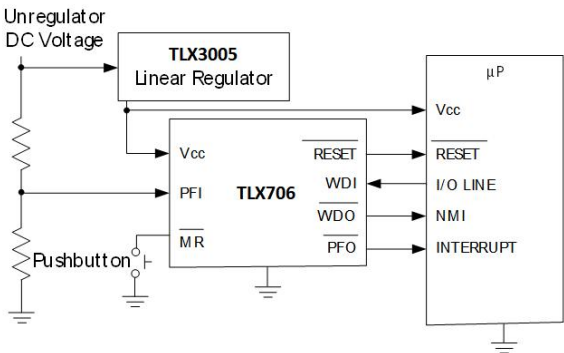
质量等级：军温级&N1级

器件信息 (1)

| 型号 | 封装 | 封装尺寸 (标称值) |
|--------|------|-----------------|
| TLX706 | SOP8 | 4.90mm x 3.90mm |

(1) 详细的订单型号说明，请参考数据表后的封装选项部分。

4 典型应用电路



目录

| | |
|--------------------------------|----|
| 1 特性 | 2 |
| 2 应用 | 2 |
| 3 概述 | 2 |
| 4 典型应用电路 | 2 |
| 5 修订历史 | 4 |
| 6 封装和订单说明 ⁽¹⁾ | 5 |
| 7 引脚定义 | 6 |
| 8 规格 | 7 |
| 8.1 绝对最大额定参数 | 7 |
| 8.2 ESD 等级 | 7 |
| 8.3 电气参数 | 8 |
| 8.4 典型参数曲线 | 10 |
| 9 功能框图 | 13 |
| 10 功能说明 | 14 |
| 10.1 Reset 输出 | 14 |
| 10.2 看门狗定时器 | 14 |
| 10.3 手动复位 | 14 |
| 10.4 PFI 比较器 | 14 |
| 11 应用与设计 | 15 |
| 11.1 确保 RESET 输出为低电平 | 15 |
| 11.2 监控其他直流输入电压 | 15 |
| 11.3 利用双向复位接到其他微控制器 | 16 |
| 12 封装规格尺寸 | 17 |
| 13 包装规格尺寸 | 18 |

5 修订历史

注意: 更新前的版本页码可能与当前版本不同。

| 版本 | 更新日期 | 变更项目 |
|-------|------------|--|
| A.1 | 2020/12/13 | 正式版 |
| A.2 | 2022/02/22 | 1.增加 t_{MD} 最大值Page 6@RevA.1 2.修正电气参数 |
| A.3 | 2022/06/27 | 1.更新工作温度范围: $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 2.更新典型电气参数 3.更新典型复位脉宽值 4.更新 V_{CC} 到 RESET 延迟时间 |
| A.4 | 2023/07/24 | 1.更新工作电压范围: $1.2 \sim 5.5\text{V}$ 2.更新 ESD 参数 3.更新典型复位脉宽值 4.增加 4.65V 阈值 |
| A.4.1 | 2024/02/26 | 修改包装命名 |
| A.5 | 2024/04/08 | 在 A.4.1 版本第 4 页添加 MSL |

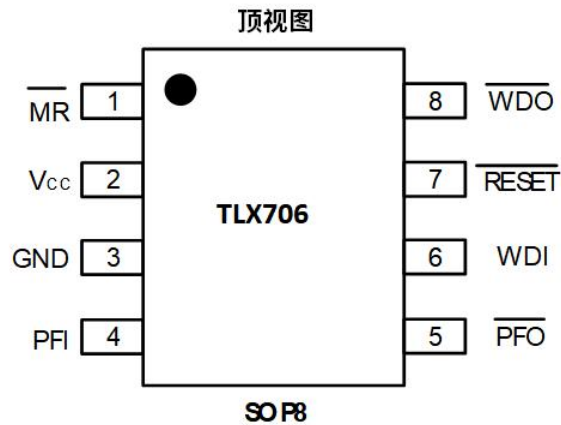
6 封装和订单说明 ⁽¹⁾

| 订购型号 | 温度等级 | 封装类型 | MSL | 质量等级 |
|----------------|-----------------|------|--------|--------|
| JTLX706-2.63YK | -55 °C ~+125 °C | SOP8 | MSL1/3 | N1/军温级 |
| JTLX706-2.93YK | -55 °C ~+125 °C | SOP8 | MSL1/3 | N1/军温级 |
| JTLX706-3.08YK | -55 °C ~+125 °C | SOP8 | MSL1/3 | N1/军温级 |
| JTLX706-4.00YK | -55 °C ~+125 °C | SOP8 | MSL1/3 | N1/军温级 |
| JTLX706-4.65YK | -55 °C ~+125 °C | SOP8 | MSL1/3 | N1/军温级 |
| TLX706-2.63YK | -40 °C ~+125 °C | SOP8 | MSL1/3 | 工业级 |
| TLX706-2.93YK | -40 °C ~+125 °C | SOP8 | MSL1/3 | 工业级 |
| TLX706-3.08YK | -40 °C ~+125 °C | SOP8 | MSL1/3 | 工业级 |
| TLX706-4.00YK | -40 °C ~+125 °C | SOP8 | MSL1/3 | 工业级 |
| TLX706-4.65YK | -40 °C ~+125 °C | SOP8 | MSL1/3 | 工业级 |

注意:

- (1) 该信息是当前版本的最新数据。这些数据如有更新，将及时更新到我司官网，恕不另行通知。
- (2) 丝印可能会有其他附加的代码，用于产品的内控追溯（包括数据代码和供应商代码）或者标志产地。
- (3) B, C, D, E, G 代表不同的阈值电压。
- (4) TLXIC 装配厂使用符合 JEDEC 工业标准 J-STD-20F 的通用预处理设置对 MSL 级别进行分类。如果您的最终应用对预处理设置非常关键，或者您有特殊要求，请与 TLXIC 技术支持联系。

7 引脚定义和功能



引脚功能

| 引脚 | 引脚名称 | 功能说明 |
|------|---------------------------|---|
| SOP8 | | |
| 1 | $\overline{\text{MR}}$ | 手动输入脚，当电压低于 $0.1 \cdot V_{\text{CC}}$ 触发复位动作。内置上拉电阻，可以由TTL或CMOS逻辑驱动，也可以用按键开关短接到地。 |
| 2 | V_{CC} | 电源输入脚 |
| 3 | GND | 电源地 |
| 4 | PFI | 电压监测输入脚，当PFI电压低于1.2V， $\overline{\text{PFO}}$ 输出低电平，如果不需要此功能，PFI接GND或者 V_{CC} 。 |
| 5 | $\overline{\text{PFO}}$ | 电压监测输出脚，当PFI电压低于1.2V， $\overline{\text{PFO}}$ 输出低电平，否则 $\overline{\text{PFO}}$ 保持高电平 |
| 6 | WDI | 看门狗输入脚。如果WDI维持高电平或者低电平超过1.6秒，内置的看门狗计时器会溢出并触发WDO输出低电平。将WDI悬空或将WDI连接到高阻抗三态缓冲器会禁用看门狗功能。每当reset被触发、WDI为三态或WDI出现上升沿或下降沿时，内部看门狗定时器清零。 |
| 7 | $\overline{\text{RESET}}$ | 复位触发时，RESET输出低电平并以脉冲形式保持低电平200ms，只要VCC电压低于复位阈值，输出就会保持低电平。在VCC升至复位阈值以上或 $\overline{\text{MR}}$ 从低电平变为高电平后，它会保持低电平200毫秒。除非 $\overline{\text{WDO}}$ 连接到MR，否则看门狗计时溢出不会触发复位。 |
| 8 | WDO | 看门狗输出脚，当内部看门狗定时器1.6秒计数结束时，看门狗输出拉低，直到看门狗清零后才再次变为高电平。当VCC低于复位阈值时WDO也会持续输出低电平，WDO没有最小脉宽限制，一旦VCC回升到复位阈值电压之上，WDO立即变为高电平。 |

8 规格

8.1 绝对最大额定参数

除特别注明，全部为开放空间、全温度范围⁽¹⁾⁽²⁾

| | | | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|------------------|--|-------------------|------|----------------------|------|
| V _{CC} | 工作电压范围 | | -0.5 | 6.0 | V |
| V _I | 输入电压范围 ⁽²⁾ | | -0.5 | 6.0 | V |
| V _O | 在高阻抗或断电状态下施加于任何输出的电压范围 ⁽²⁾ | | -0.5 | 6.0 | V |
| V _O | 高电平或低电平状态下施加于任何输出的电压范围 ⁽²⁾⁽³⁾ | | -0.5 | V _{CC} +0.5 | V |
| I _{IK} | 输入钳位电流 | V _I <0 | | -20 | mA |
| I _{OK} | 输出钳位电流 | V _O <0 | | -20 | mA |
| I _O | 持续输出电流 | | | ±20 | mA |
| | 持续通过 V _{CC} 或 GND 电流 | | | ±20 | mA |
| θ _{JA} | 封装热阻抗 ⁽⁴⁾ | SOP8 | | 110 | °C/W |
| T _J | PN 结温 ⁽⁵⁾ | | -65 | 150 | °C |
| T _{stg} | 储存温度 | | -55 | 150 | °C |
| T _A | 工作环境温度 | | -55 | 125 | °C |

(1) 这里只强调额定值，并不表示器件在这些条件下或者其他超出规格限定的参数条件下能够正常工作，超过上述绝对最大额定值所规定的范围将对芯片造成损害，无法预期芯片在上述标示范围外的工作状态，如果长期在标示范围外的条件下工作，可能影响芯片的可靠性。

(2) 测量输入/输出极限电流时可能会超过规格限定的最大值而损坏芯片。

(3) 参考推荐工作条件中的 V_{CC} 值。

(4) 封装热阻抗根据 JESD-51 标准计算。

(5) 最大功耗是有关 T_{J(MAX)}、R_{θJA} 和 T_A 的函数。任意环境温度下的最大功耗为 P_D = (T_{J(MAX)} - T_A) / R_{θJA}。适用于直接焊接到 PCB 上的封装。

8.2 ESD 等级

以下ESD信息仅针对在防静电保护区内操作的敏感设备。

| | | 标称值 | 单位 |
|-------------------------------|--|-------|----|
| V_(ESD) 静电放电 | 人体模型(HBM), 符合 MIL-STD-883K METHOD 3015.9 的规范 | ±4000 | V |
| | 机械模型(MM), 符合 JESD22-A115C (2010) 的规范 | ±200 | V |



防静电灵敏度

ESD损坏的范围可以从细微的性能下降到完全的设备失效。精密集成电路可能更容易受到损坏，因为非常小的参数变化有可能导致器件不符合其公布的参数规格。

8.3 电气参数

($V_{CC} = 2.74V$ to $5.5V$ for TLX706-2.63; $V_{CC} = 3.05V$ to $5.5V$ for TLX706-2.93; $V_{CC} = 3.21V$ to $5.5V$ for TLX706-3.08; $V_{CC} = 4.17V$ to $5.5V$ for TLX706-4.00; $V_{CC} = 4.84V$ to $5.5V$ for TLX706-4.65; $T_A = -55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$, 除其他说明, 典型值测试条件 $T_A = 25^{\circ}C$.)

| 参数 | 符号 | 测试条件 | 最小值 ⁽²⁾ | 典型值 ⁽³⁾ | 最大值 ⁽²⁾ | 单位 |
|-------------------------|--------------|---------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| 工作电压范围 | V_{CC} | | 1.2 | | 5.5 | V |
| 工作电流 | I_{SUPPLY} | | | 20 | 50 | μA |
| 复位阈值电压 | V_{RT} | TLX706-2.63 | 2.50 | 2.63 | 2.74 | V |
| | | TLX706-2.93 | 2.80 | 2.93 | 3.05 | |
| | | TLX706-3.08 | 2.94 | 3.08 | 3.21 | |
| | | TLX706-4.00 | 3.82 | 4.00 | 4.17 | |
| | | TLX706-4.65 | 4.44 | 4.65 | 4.84 | |
| 复位阈值电压迟滞 | | TLX706-2.63 | | 12 | | mV |
| | | TLX706-2.93 | | 14 | | |
| | | TLX706-3.08 | | 15 | | |
| | | TLX706-4.00 | | 20 | | |
| | | TLX706-4.65 | | 23 | | |
| 复位脉宽 | t_{RS} | | 100 | 200 | 460 | ms |
| 复位阈值温漂 ⁽¹⁾ | | | | 30 | | ppm/ $^{\circ}C$ |
| V_{CC} 到 RESET 延迟时间 | t_{RD} | $V_{CC}=3.3V$, TLX706-2.93 | | 33 | | μs |
| 看门狗定时周期 | t_{WD} | | 1.0 | 1.6 | 3.7 | s |
| WDI 脉宽 | t_{WP} | $V_{IL}=0.4V$, $V_{IH}=V_{CC}$ | 50 | | | ns |
| RESET 输出电压 | High | $I_{SOURCE} = 500 \mu A$ | $0.7 \times V_{CC}$ | | | V |
| | Low | $I_{SINK} = 1.2mA$ | | | 0.4 | |
| WDI 输入阈值 | High | $V_{CC}=5.0V$ | 4.0 | | | V |
| | Low | $V_{CC}=5.0V$ | | | 0.8 | |
| | High | $V_{RST(MAX)} < V_{CC} < 3.6V$ | $0.85 \times V_{CC}$ | | | |
| | Low | $V_{RST(MAX)} < V_{CC} < 3.6V$ | | | $0.1 \times V_{CC}$ | |
| WDI 输入电流 | | $WDI = V_{CC}$ | | 0.1 | 20 | μA |
| | | $WDI = 0V$ | -20 | -0.1 | | |
| WDO 输出电压 | High | $I_{SOURCE} = 800 \mu A$ | $0.7 \times V_{CC}$ | | | V |
| | Low | $I_{SINK} = 1.2mA$ | | | 0.4 | |
| \overline{MR} 上拉电阻 | | | 20 | 52 | 130 | $k\Omega$ |
| \overline{MR} 脉宽 | t_{MR} | | 150 | | | ns |
| \overline{MR} 输入阈值 | High | $V_{CC}=5.0V$ | 4.0 | | | V |
| | Low | $V_{CC}=5.0V$ | | | 0.5 | |
| | High | $V_{RST(MAX)} < V_{CC} < 3.6V$ | $0.8 \times V_{CC}$ | | | |
| | Low | $V_{RST(MAX)} < V_{CC} < 3.6V$ | | | $0.1 \times V_{CC}$ | |
| \overline{MR} 到复位输出延迟 | t_{MD} | | | 23 | 200 | ns |
| PFI 输入阈值 | | $V_{CC} = 5.0V$ | 1.1 | 1.20 | 1.3 | V |
| PFI 输入电流 | | | -10 | 0.01 | 10 | nA |
| \overline{PFO} 输出电压 | High | $I_{SOURCE} = 800 \mu A$ | $0.7 \times V_{CC}$ | | | V |
| | Low | $I_{SINK} = 1.2mA$ | | | 0.4 | |

(1) 该参数由设计和/或特性确定, 不在生产中进行测试。

- (2) 极限值是在**25°C**条件下进行的**100%**生产测试。通过使用统计质量控制（**SQC**）方法的相关性来确保工作温度范围的限制。
- (3) 典型值表示在表征时确定的最可能的参数范数。实际典型值可能随时间变化，也将取决于应用和配置。

8.4 典型参数曲线

注意：本说明后面提供的图表和表格是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

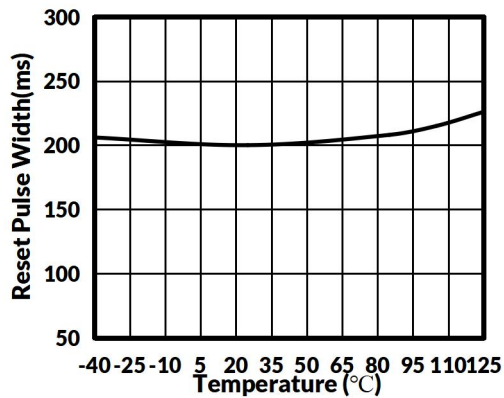


图 1. 复位脉宽与温度曲线

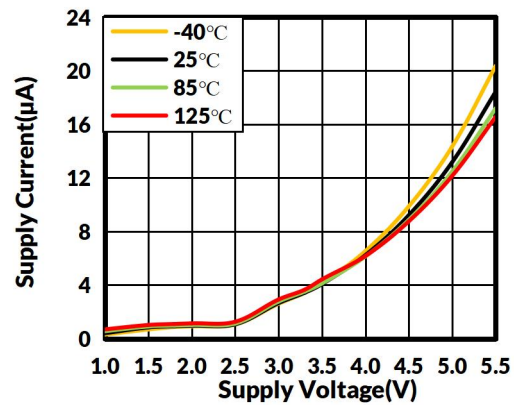


图 2. 工作电压与工作电流曲线

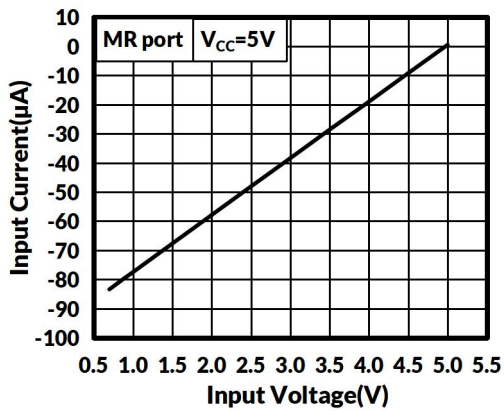


图 3. 输入电压与输入电流曲线

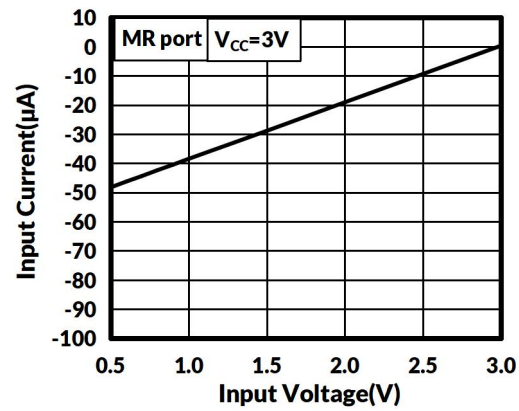


图 4. 输入电压与输入电流曲线

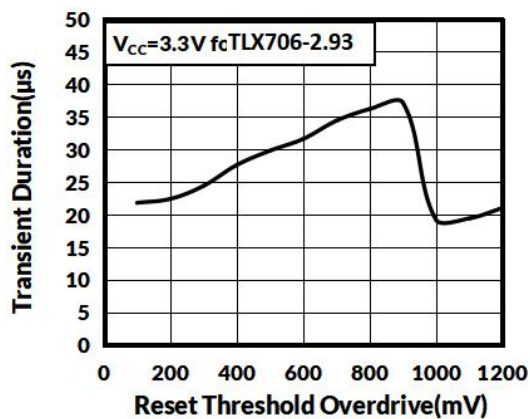


图 5. 响应时间与复位阈值差值曲线

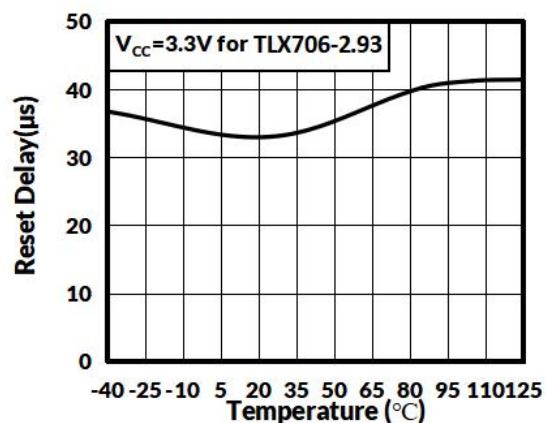


图 6. 复位延迟与温度曲线

典型参数曲线

注意：本说明后面提供的图表和表格是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

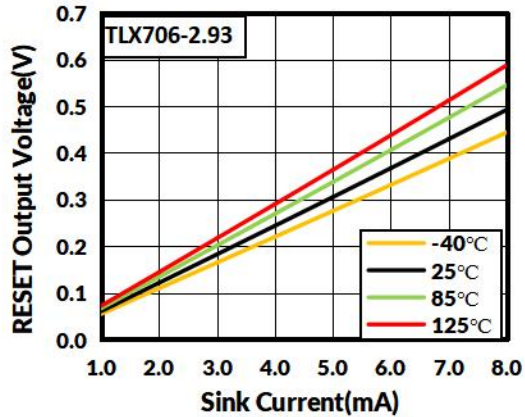


图 7. 复位输出电压与灌电流曲线

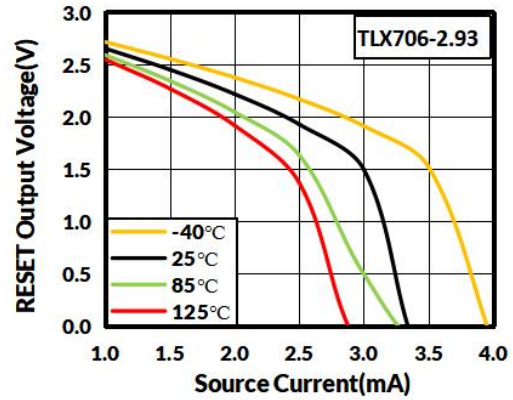


图 8. 复位输出电压与源电流曲线

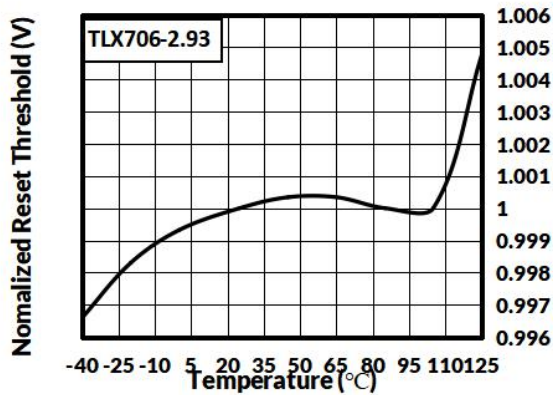


图 9. 归一化复位阈值与温度曲线

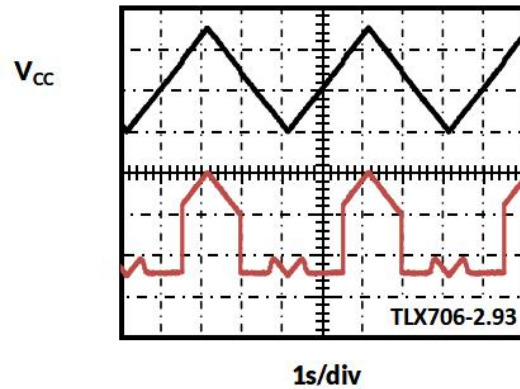


图 10. RESET 输出电压与工作电压曲线

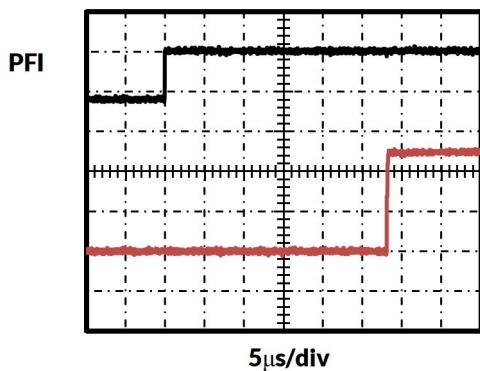


图 11. PFI 比较器去抖动响应时间

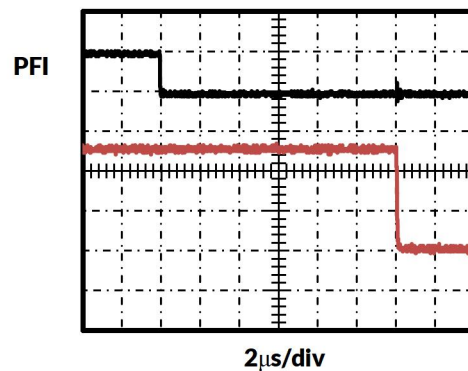


图 12. PFI 比较器触发响应时间

典型参数曲线

注意：本说明后面提供的图表和表格是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

$\overline{\text{WDO}}$

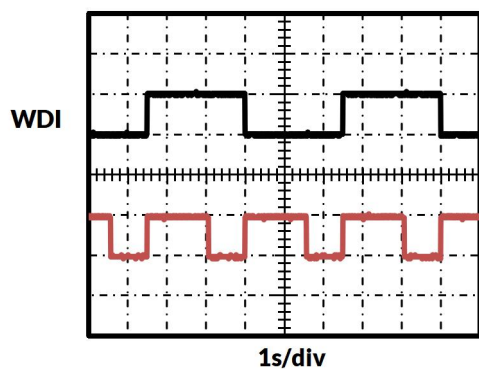


图 13. 看门狗时序

$\overline{\text{WDO}}$

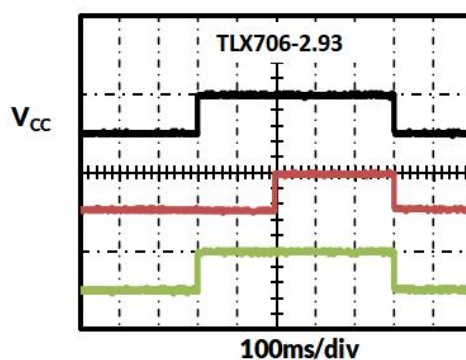


图 14. RESET 和 WDO 时序

RESET

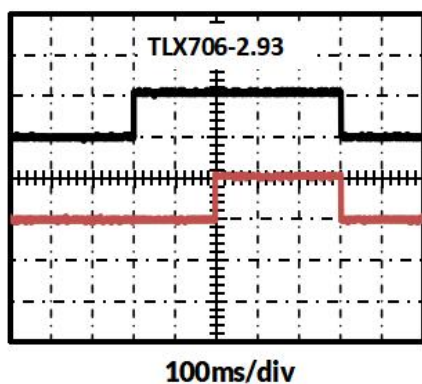


图 15. RESET 时序

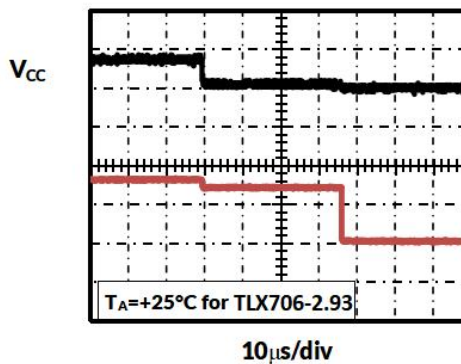
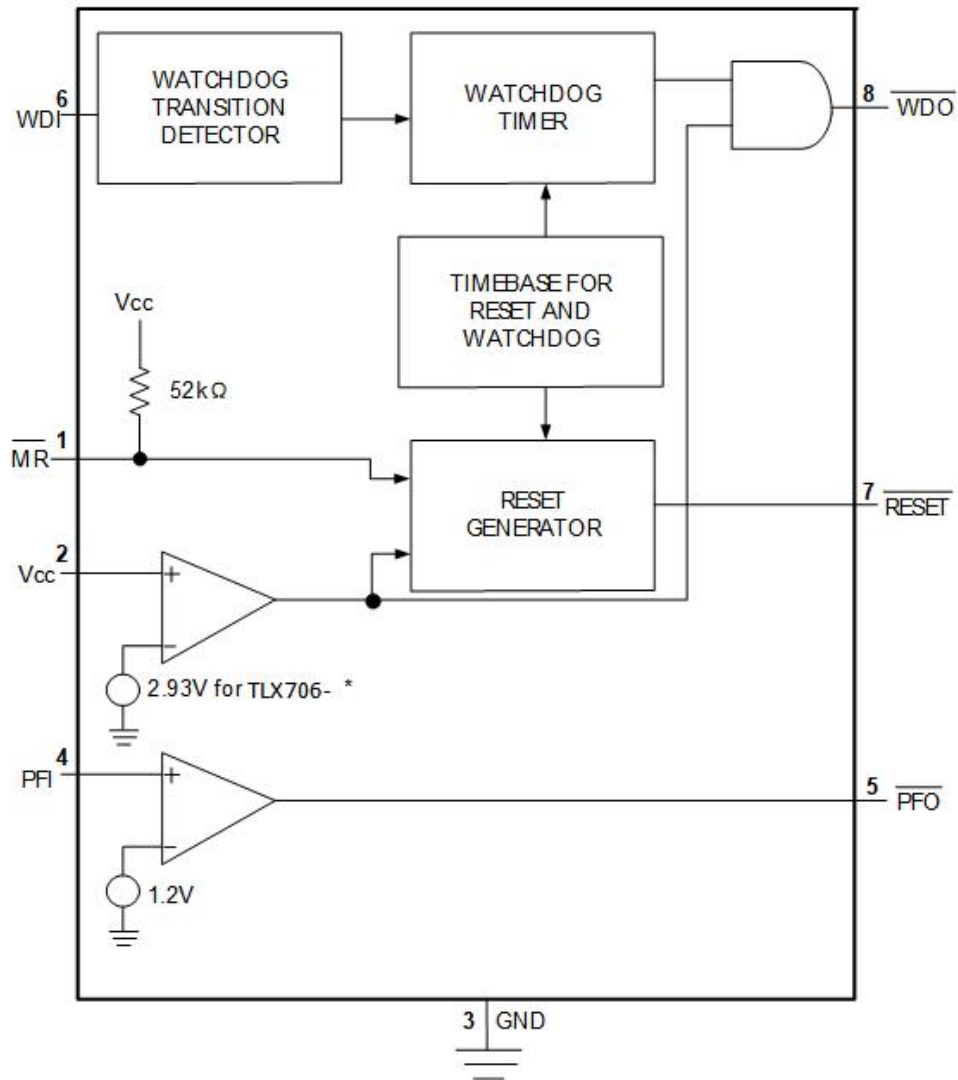


图 16. RESET 响应时间

9 功能框图



2.63V for TLX706-B
 * 2.93V for TLX706-C
 3.08V for TLX706-D
 4.00V for TLX706-E
 4.65V for TLX706-G

10 功能说明

10.1 Reset 输出

微控制器 (μP) 的复位输入在确定状态下启动 μP 。每当 μP 处于未知状态时，系统都应保持为复位状态。

TLX706 在上电时复位系统，并在掉电或者电压波动条件下防止系统程序执行错误。

上电时，一旦 V_{CC} 达到 **1.2V**，RESET 保证其逻辑输出低电平为 **0.4V** 或者更低。随着 V_{CC} 的上升，RESET 保持低电平。当 V_{CC} 升至复位阈值以上时，内部计时器将在大约 **200** 毫秒后释放 RESET。每当 V_{CC} 降至复位阈值电压以下时，RESET 输出变为低电平。如果掉电发生在先前启动的复位脉冲中间，该脉冲至少会再持续 **100** 毫秒。系统掉电时，一旦 V_{CC} 降至复位阈值电压以下，RESET 就会保持低电平，并保证电压为 **0.4V** 或者更低，直到 V_{CC} 降至 **1.2V** 以下。

10.2 看门狗定时器

TLX706 的看门狗电路监控微控制器 μP 的工作。如果 μP 在 **1.6** 秒(最短 **1.0** 秒)内没有翻转看门狗输入 (**WDI**)，并且 **WDI** 不是三态， \overline{WDO} 则变为低电平。只要 RESET 触发或者 **WDI** 输入为三态，看门狗定时器就会保持为清零状态，并且不会计数。一旦复位被释放，并且 **WDI** 被设置为高电平或低电平，定时器就开始计数。**WDI** 输入逻辑电路可以检测短至 **50** 纳秒的脉冲。

通常 \overline{WDO} 并不连接到 μP 的不可屏蔽中断输入(**NMI**)，当 V_{CC} 降至复位阈值电压以下时，无论看门狗定时器是否超时， \overline{WDO} 都会变为低电平。通常这将触发 **NMI** 中断，但 RESET 同时变为低电平，从而覆盖 **NMI** 中断。如果 **WDI** 悬空， \overline{WDO} 可用作低压线路输出，因为悬空 **WDI** 将禁用内部定时器，只有当 V_{CC} 降至复位阈值电压以下时， \overline{WDO} 才会变为低电平，因此可以用作低压线路输出。

10.3 手动复位

手动复位输入(**MR**)允许通过按钮开关触发复位；它可以由外部逻辑控制。只需连接 **MR** 到 \overline{WDO} ，就可以用 **MR** 强制看门狗溢出，以使 **TLX706** 产生复位脉冲输出。

10.4 电源故障比较器

电源故障比较器可用于多种用途，因为其输出和同相输入没有内部连接；反相输入内部连接到 **1.2V** 的基准参考电压。

要搭建电源故障预警电路，可以将 **PFI** 引脚连接到电阻分压上。选择分压比时，应使 **PFI** 处的电压在 **5V** 时分压到 **1.2V** 或者以下。用 \overline{PFO} 输出中断 μP ，使其为有序关闭系统做好准备。

11 应用与设计

11.1 确保 RESET 输出为低电平

当 V_{CC} 下降至 **1.2V** 时，TLX706 的 RESET 输出脚不能再灌入电流，其变成开路状态，如果不外部给驱动电压，高阻抗的 CMOS 逻辑输入可能漂至不确定的电压。如果在 RESET 引脚上增加一个下拉电阻，如图 17 所示，任何杂散电荷或漏电流都会被泄放到地，RESET 保持为低电平。电阻值(R1)并不重要，可以选用 **100k Ω** ，或者更大的阻值以不增加 RESET 的负荷。

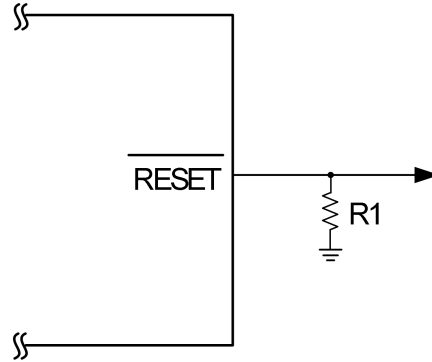


图 17. RESET 确保为 GND 电平

11.2 监控其他直流输入电压

直流电压通过分压电阻连接到 PFI 并适当调整分压比率，可以监控系统上的其他电压。如果需要，可以在 PFI 和 PFO 之间连接一个滞回电阻(电阻值约为分压网络中两个电阻之和的 **10 倍**)来增加迟滞。PFI 和 GND 之间的电容可以降低检测电路对被监控电压上高频噪声的敏感度。除 **5V V_{CC}** 电压波动外，RESET 还可以在其他电压下被触发。当 PFI 降至 **1.2V** 以下时，连接 PFO 至 MR 即可以触发 RESET 输出复位脉冲，图 18 显示了 TLX706 配置为当 **5V** 电源降至复位阈值以下或当 **12V** 电源降至约 **11V** 以下时触发 RESET 输出。

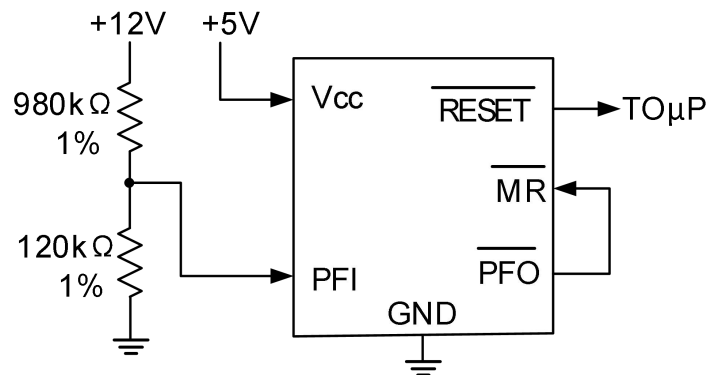


图 18. 监控 5V 和 12V 应用电路

11.3 利用双向复位接到其他微控制器

有些微控制器具有双向复位引脚，可能会与 TLX706 的 $\overline{\text{RESET}}$ 输出逻辑不匹配。例如，如果 $\overline{\text{RESET}}$ 输出为高电平，而微控制器想要将其拉低，则可能导致不确定的逻辑电平。为了满足这种应用场景，应在 $\overline{\text{RESET}}$ 输出与微控制器的复位 I/O 之间连接一个 $4.7\text{K}\Omega$ 的电阻，如图 19 所示。将输出缓冲到其他系统。

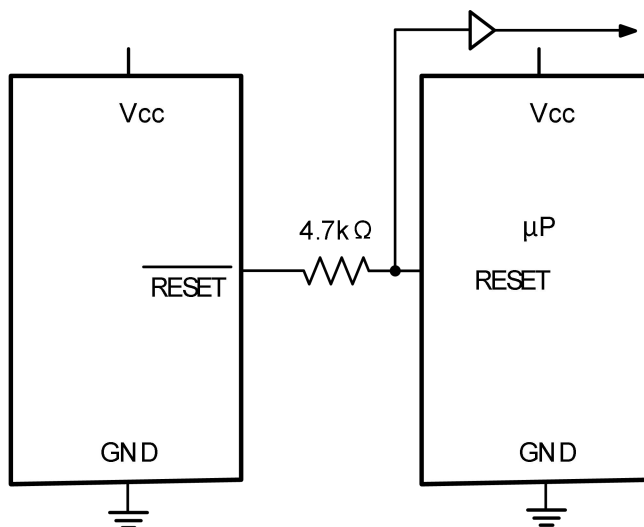
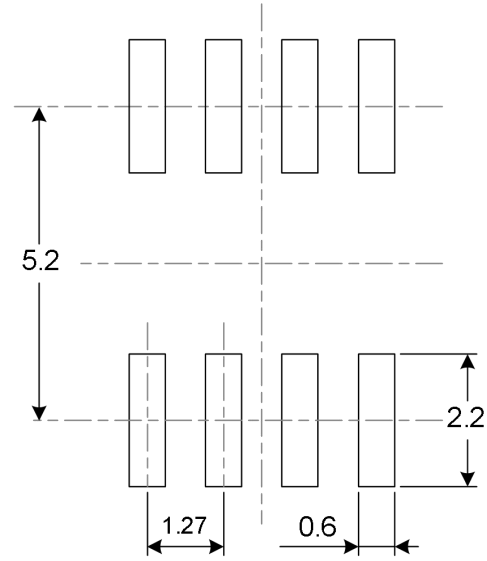
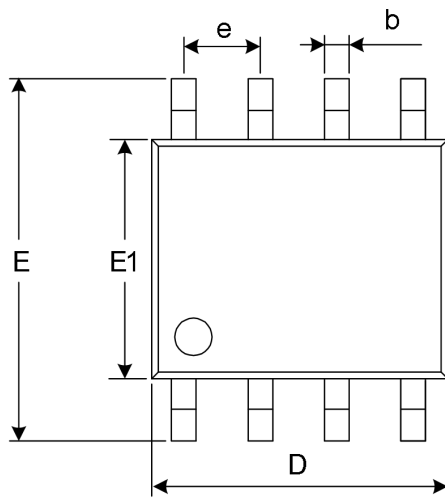
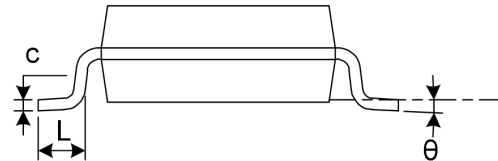
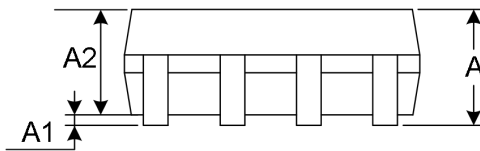


图 19. $\overline{\text{RESET}}$ 输出缓冲接到其他系统单元

12 封装规格尺寸

SOP8 ⁽³⁾

RECOMMENDED LAND PATTERN (Unit: mm)



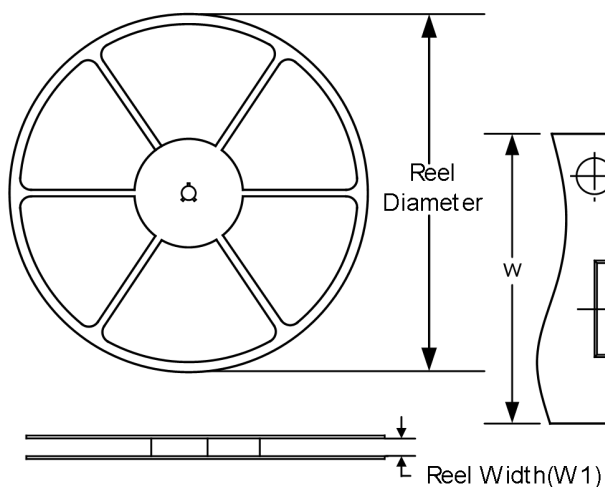
| Symbol | Dimensions In Millimeters | | Dimensions In Inches | |
|-------------------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
| | Min | Max | Min | Max |
| A ⁽¹⁾ | 1.350 | 1.750 | 0.053 | 0.069 |
| A1 | 0.100 | 0.250 | 0.004 | 0.010 |
| A2 | 1.350 | 1.550 | 0.053 | 0.061 |
| b | 0.330 | 0.510 | 0.013 | 0.020 |
| c | 0.170 | 0.250 | 0.007 | 0.010 |
| D ⁽¹⁾ | 4.800 | 5.000 | 0.189 | 0.197 |
| e | 1.270(BSC) ⁽²⁾ | | 0.050(BSC) ⁽²⁾ | |
| E | 5.800 | 6.200 | 0.228 | 0.244 |
| E1 ⁽¹⁾ | 3.800 | 4.000 | 0.150 | 0.157 |
| L | 0.400 | 1.270 | 0.016 | 0.050 |
| θ | 0° | 8° | 0° | 8° |

注意:

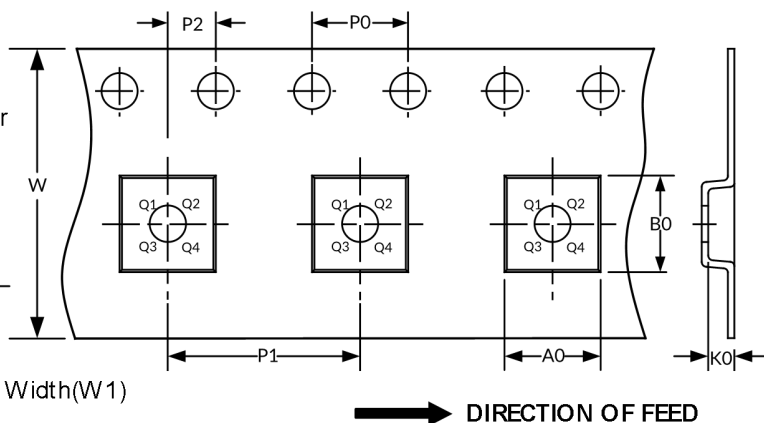
1. 不包括每侧最大 0.15mm 的塑料或金属突起。
2. BSC (基本中心间距), “基本”间距为标称间距。
3. 本图如有更改, 恕不另行通知。

13 包装规格尺寸

REEL DIMENSIONS



TAPE DIMENSION



注意：图片仅供参考。请以实物为标准。

关键参数表

| Package Type | Reel Diameter | Reel Width (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P0 (mm) | P1 (mm) | P2 (mm) | W (mm) | Pin1 Quadrant |
|--------------|---------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------|
| SOP8 | 13" | 12.4 | 6.4 | 5.4 | 2.1 | 4.0 | 8.0 | 2.0 | 12.0 | Q1 |

注意：

1. 所有尺寸均为标称尺寸。
2. 不包括每边最大 0.15 毫米的塑料或金属突起。