



设计指南：
何时、何处、为何、如何使用微处理器
监控电路？

2017年

摘要

微处理器监控电路为保证系统正常运行提供了一种低成本、高成效保障；通过监测工作电压及软件操作，在发生故障时提供系统复位，这是当今复杂电子系统的一个重要特性。凭借过去多年积累的设计经验，Maxim的监控电路拥有低功耗、低成本等有优势，并在非常小的封装内集成各种功能。本设计指南简要介绍这些电路，帮助系统开发者诊断可能发生的各种故障，并快速、高效地解决问题，使重要的系统设计无障碍推进。

监控电路的重要性

外部世界为微处理器系统设计者带来了各种各样的问题，比如：电源上电顺序不对、上升或稳定时间太慢；供电电压受外部元件负载的影响而产生正向和负向尖峰脉冲；外围元件和电路板不能根据处理器的需求正确上电和通信等等。作为系统设计师，我们在预算范围内竭尽所能避免此类事件发生，但最成功的工程师应保证其系统安全工作，即使在发生问题的情况下。我们希望基于微处理器的系统每次都能正确启动，能够检测到已经或将要发生的系统错误，并且最大程度减小此类故障的影响，在无需或极少人为介入的情况下从故障状态安全恢复。

现代微处理器监控电路是监测和保证此类系统工作的低成本、高效方案。凭借过去多年积累的经验，Maxim监控电路可提供微处理器系统所需的保障，拥有低功耗、低成本优势，并在非常小的封装内集成各种功能。

我们接下来了解一些标准的监控电路器件，更好地理解为什么，以及如何利用这些器件解决实际问题，并介绍微处理器系统相关的方案。

监控电路的作用

电压检测

系统为什么需要电压监测器或复位IC？如果某路电源电压超出容限，电路就可能工作异常、停止工作甚至损坏设备(众所周知的产品召回事件证明了此类问题的影响和成本)。电压监测器能够监控电源电压，防止此类问题发生。电压检测器和上电复位电路能够及早发现电源电压偏差，从而保护系统。电压检测器仅仅指示电压高于或低于门限值，并不提供任何定时延迟，抗噪性较弱。

MAX16012为单路电压检测器，可配置为监测过压或欠压。被监测电压超出(高于或低于)预设门限时，则触发开漏输出报警；被监测电压恢复到正常工作范围时，解除报警输出。

上电复位IC(下文讨论)用于监测电源电压，并在电压较低时复位或关断另一器件，例如微处理器。此类器件通常具有可编程超时延迟，防止系统在电源电压稳定之前释放复位状态。电压检测器和复位IC拥有不同的特性和参数，很难根据具体应用选择正确的器件。使用可自定义的监控电路[选型表](#)，有助于简化选型过程；可根据常见指标选

择，包括功耗、封装尺寸、门限精度、最低监测电压门限、电源电压上限以及IC温度范围。选择电压监控电路的关键是知道自己需要的指标，然后根据需求进行选择。

多电源监测

新型处理器及其它许多系统要求多路电源供电。多电源供电趋势在高速、小尺寸数字信号处理器中尤其明显，这些器件采用3.3V为系统I/O供电提供标准接口逻辑，处理器核则采用2.5V或更低电压供电。这些系统通常也必须与具有不同I/O逻辑的传感器进行通信。通常要求在完成上电复位(POR)之前，两路电源都在处理器的容限范围之内。同样，复杂系统可能监测4、5路电源电压(例如：12V、5V、-5V、3.3V和2.5V)，以支持各种模拟和数字单元供电。

其中任何电压发生电压跌落都会造成系统故障。简单的处理方法是RC电路。尽管成本较低，但RC网络不能同时监测多路电源并产生一路系统复位逻辑控制电平。

多电压监测IC为多路电源电压提供监测，有些采用工厂预设门限电压，有些则利用外部引脚选择门限电压。为实现最大灵活性，有些监测器件利用SMBus™或JTAG接口设置门限电压。

从简单的双路电压监测电路到多门限、完全集成的12路电压监测器件，例如整合了ADC、温度传感器和电流检测放大器等各种功能的多电压监测器，为用户提供灵活选择。有些监测器具有附加选项，包括内置看门狗定时器、电容可调节复位超时，以及独立的比较器输出等。

MAX6351–MAX6360系列多路复位监控电路是为双路及三路电源应用设计的，提供多种工厂校准的标准复位门限(比如与3.3V和2.5V电源监测门限)。可调节的检测器允许用户监测第三路电源电压(例如5V模拟外设)，在所有电压均处于容限范围之内以前禁止处理器启动。现代化的封装和工艺允许在SOT23封装内提供多电压复位监控并集成附加功能，例如，延长启动周期的看门狗定时器和手动复位输入。

上电复位

微处理器系统首选也是最常用的保护是POR功能。几乎每个计算机和嵌入式处理器都包括保证系统正确启动的机制。大多数处理器的数据资料都提供最小复位周期，器件在此期间保持不工作，直到本地电源稳定达到规定时间(典型值为200ms)。如果太快退出复位状态，处理器不能

保证正确工作。复位期间，处理器时钟能够达到稳定，内部寄存器有充足时间正确装载。大多数处理器的数据资料规定最小复位时间，但很少提供关于实现这一延时的指导。一种廉价但有风险的方法是在微处理器的复位输入引脚上使用电阻-电容(RC)低通滤波器提供复位延迟。用户可根据RC时间常数选择元件值，提供较宽范围的复位延时。由于电容从地电位充电到V_{CC}，当电压越过门限时，微处理器识别为有效(高电平)输入电压(V_{IH})。该动作使处理器解除复位状态，开始正常工作(理想情况下)。遗憾的是，这种方法存在多种缺陷。

当电源电压上升速度相对于处理器复位周期比较缓慢时，将发生第一个上电问题。低摆率下，电容电压紧随V_{CC}变化，所以在V_{CC}达到器件的规定容限之前，处理器的复位输入电压会达到有效的V_{IH}。例如，对于容限为±10%的3.3V电源，应该在V_{CC} > 2.97V之前保持复位状态。然而，在电源远远不能满足处理器工作时，系统达到2.31V(大多数处理器为0.7V_{CC})最小V_{IH}电平。也就是说，电源仍然比其标称工作电平低20%或更多时，处理器即解除了复位状态。

RC复位电路的第二项缺点是大多数处理器要求的复位延迟时间较长(典型值为200ms)，使得处理器复位输入压摆率较小。复位逻辑输入通常设计为检测从V_{IL}到V_{IH}的快速跳变数字信号。延迟后的复位信号滤波会具有非常低的μV/μs摆率，为处理器数字输入提供驱动不足，造成复位状态不稳定。RC滤波器和处理器输入之间的施密特触发器将提高摆率，但其自身会引起上电问题(另外也存在附加成本和元件面积问题)。

如何实现监控电路

微处理器复位

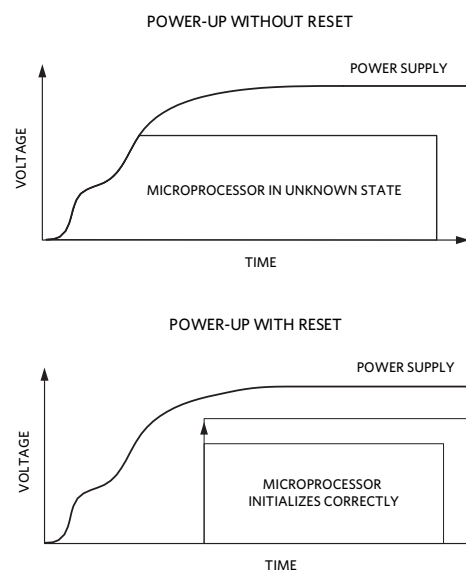


图1. 带与不带复位的监控电路。

上电期间，微处理器要求复位脉冲初始化内部寄存器并防止意外执行程序。如果没有复位，即使时钟振荡器或VCC未达到稳定，处理器也会尝试工作，从而引起不可预知的操作。微处理器复位通过确保微处理器在任何外部条件下都能正确初始化，提高稳定性。

设计技巧：何时使用集成微处理器复位电路

集成复位电路将高精度电压监测与精密定时电路组合在一起。

下图电路所示为一种廉价、分立方案，为需要低电平有效复位的微处理器增加复位功能。尽管成本较低，但该电路存在局限性——即电压和定时精度不高。

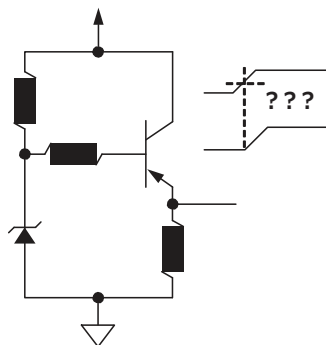


图2. 分立方案的缺点是电压和定时精度不高。

集成复位IC解决了分立电路存在的问题。无论是应用要求系统电压在正常工作之前达到较窄的容限范围，还是需要通过延时使时钟振荡器启动，均可使用集成IC。这些电路包括多种复位输出类型、高精度复位门限、门限滞回以及高精度复位超时周期。

MAX16072、MAX16073和MAX16074等复位IC集成手动复位(MR)输入、看门狗定时器以及附加比较器输入和输出。这些复位IC可将关键功能集成到超小尺寸、1mm x 1mm、芯片级封装内，使其非常适合电路板空间受限的应用。

特色技术

MAX16053等复位IC集成高精度电压监测器和精密定时电路。

业界领先的门限精度提供出色的电压保护

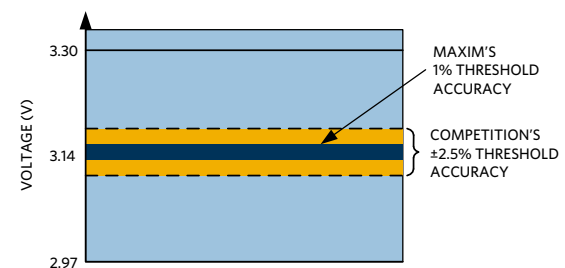


图3. 门限精度决定微处理器复位电路的最佳保护。

在为设计寻求最佳选项时，应考虑具有多种复位输出类型、高精度复位门限、门限滞回以及高精度复位超时的微处理器复位电路。

延伸阅读

1. 上电复位与相关监控功能
2. 选择正确的监控电路输出
3. 确保系统正确运转——微处理器监控电路以小尺寸封装提供强力保护
4. CPU监控电路：常见问题指南(FAQ)
5. 监控电路确保微处理器完全受控

带按键控制器和开关去抖的手动复位

手动(按键)复位输入是简单复位电路的补充。手动复位允许用户或外部系统触发微处理器复位，同时电源电压保持在容限范围之内。如果某种未知原因造成处理器锁死，手动复位无需关断系统电源即可重启。该功能对于从不间断运转处理器产品非常有用，即使处于“关闭”模式；对于调试以及最终系统测试也非常有用。无论何种情况，手动复位都能保证处理器在复位期间拥有必要的超时周期。

手动复位往往由低成本按键开关启动。MAX6335–MAX6337系列等复位器件一般包括输入去抖电路，防止开关触点闭合引起的振铃效应。由于开关可远离处理器(往往位于背部面板或隐藏在电池或电源部件中)，最佳的手动复位电路能够抑制瞬态(典型值100ns)干扰脉冲，从而支持较长的电路板走线。为保证复位输入有效性(典型值为1 μ s)，也有最小输入脉宽要求。手动复位可作为监控电路的独立输入，或者作为双功能引脚，既作为复位输出又作为手动复位输入。

现在有些微处理器将上电复位电路与其电源管理功能集成在一起。尽管这些嵌入式复位电路优于RC延时方案， μ PIC工艺针对高速或低功耗数字性能进行优化，而非优化于高精度、可靠的模拟测量及定时。所以，内部复位在正常工作条件下可提供合理的上电定时，但处理不当可能导致处理器错误的电压瞬变和掉电。为了可靠操作，大多数处理器提供附加复位输入，可由外部、专用的复位监控电路驱动。

MAX16122–MAX16125等器件中的按键控制器和开关去抖是最简单、最高效的方案，适用于微处理器监控和手动复位。ESD保护、低功耗以及小封装等特性使其理想用于恶劣环境和便携式应用。MAX16122/MAX16123具有独特的双按键控制器，允许通

过两个软件控制开关使用硬复位功能。MAX16124/MAX16125为单按键控制。此外，这些器件提供引脚可编程及电阻可调节的按键延时，工作在-40°C至+125°C汽车级温度范围，采用超小尺0.86mm x 1.27mm WLP封装。

长延时按键控制器

带有软关断功能的便携式和消费电子设备通常使用主处理器控制设备的电源。这种方式没有问题，除非软件错误导致微处理器挂起，此时需要硬复位。用户一般接触不到电池，所以在外壳上提供一个针孔，可以接触到内部硬复按键。

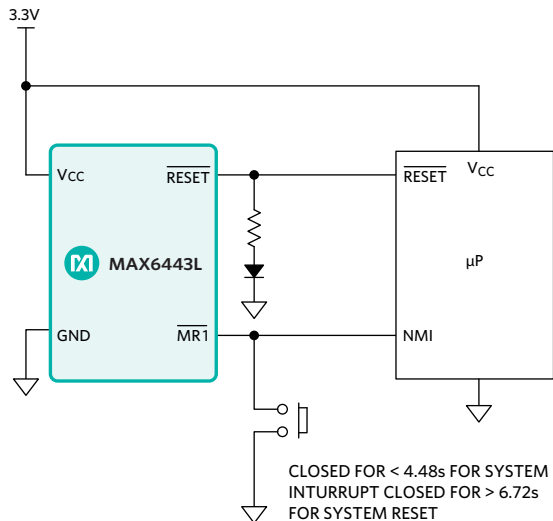


图4. 按键复位器件允许将已有按键作为硬复位功能。

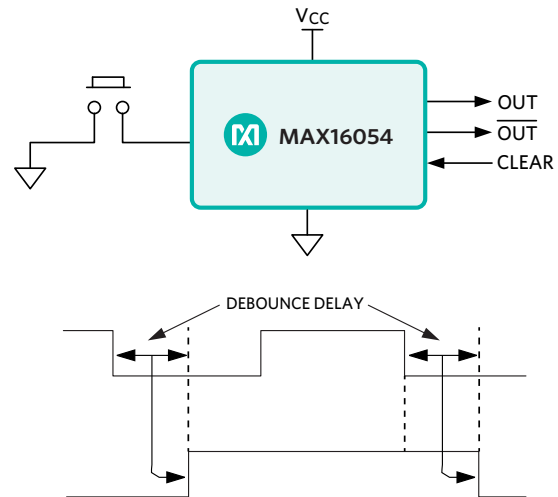


图5. 按键通/断控制器节省功耗、提高电源可靠性。

设计技巧：何时使用长延时按键IC。

长延时按键IC允许最终用户通过按下按键执行硬复位。按键复位器件允许将已有按键作为硬复位功能。长延时按键控制器提供较长的建立延时，用户必须按下下一个或两个按键并保持6s以上，以触发硬复位。

设计技巧：何时使用按键通/断控制器。

按键通/断控制器IC允许使用低成本瞬态按键代替电源开关，而非已有的微处理器或微控制器产生软件关断功能。

例如，MAX16054等带有去抖电路的按键通/断控制器可以节省功耗，提高电源可靠性。该器件允许通过按键

触发OUT和/OUT输出，消除开关断开和接通时的接触抖动。相应输出可以控制MOSFET开关或LDO使能输入，以控制其余电路的电源上电。微处理器可通过输出脉冲CLEAR，将自身关断(软关断)。

延伸阅读

1. 超小尺寸去抖开关IC
2. 开关去抖器IC创建长周期定时器
3. 开关抖动及潜在问题
4. 单按键通/断电源控制

看门狗定时器

即使设计最好的系统也容易受电源波动以外因素的影响。程序代码中的漏洞、不正确的时钟信号或响应较差的外设都可能强制处理器退出正常的程序运行或进入死循环。当处理器偏离预期执行路线时，可能并不知道自身操作不正确或需要重启。

为解决这一问题，许多监控IC (例如MAX823标准器件和较新的MAX6316–MAX6318器件)包括看门狗定时器，是一种确保处理器正确执行代码的低成

本方案。要求处理器在规定的最小时间间隔内连续更新看门狗逻辑输入，送入“喂狗”信号；否则，监控电路将触发系统报警。

常见的标准看门狗超时周期为1.6s，但供应商提供1ms至1分钟选项。由于看门狗更新需要耗费处理器操作周期，所以在选择看门狗周期时，应该考虑：“在发起复位之前，允许系统在多长时间内工作不正常？”有些器件支持较长的启动超时(例如1分钟)，然后再恢复到常规的1.6s短超时周期模式。这种双超时周期允许系统在启动时执行较长时间的装载过程，然后再较快定期更新看门狗。

看门狗输出有时可连接至非屏蔽处理器中断输入，使监控电路在不丢失易失存储器数据的情况下将处理器恢复到正常工作。为了在检测到错误时完全初始化系统，看门狗可与POR/掉电检测输出连接在一起。

设计技巧：何时使用外部看门狗定时器。

许多微处理器集成看门狗定时器，是一种确保处理器正确执行代码的低成本方案。然而，由于看门狗使用的电源电压和时钟输入与处理器相同，往往也容易受瞬态故障的影响。这些设

计也容易受软件故障的影响，例如失控代码，会禁用内置定时器。

外部看门狗定时器在软件挂起时可自动复位微处理器，提高系统可靠性。设计者应利用外部看门狗定时器保证处理器的每路输入、每次操作都正确。所以，最可靠的系统包括独立的看门狗，保证处理器的每路输入、每次操作都正确。

设计技巧：何时使用看门狗作为可编程振荡器

MAX16056–MAX16059等带看门狗定时器的监控电路也可用作可编程振荡器，可实现节能，因为其功耗远远低于集成振荡器。通过将WDI连接到地，将重复触发看门狗操作，在输出产生周期循环脉冲，定时由两个外部电容设置。

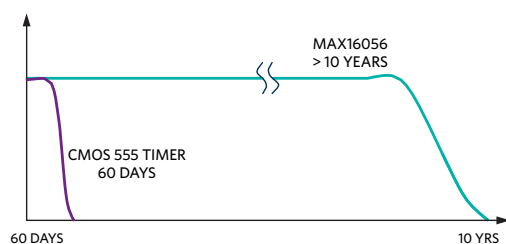


图6. 使用看门狗作为可编程振荡器，延长电池寿命。

与业界标准CMOS 555定时器结构类似的电路可提供50 μ A电流。典型CR2016纽扣电池的容量80mAh。555

定时器电路可持续大约60天。相比之下，MAX16056电路的耗流仅为0.125 μ A，持续时间远远长于电池的10年保质期。

延伸阅读

1. 使用MAX6369系列看门狗定时器的不同方式
2. 利用看门狗提高系统可靠性——如何选择正确器件
3. 窗式看门狗增强 μ P监控电路
4. 看门狗定时器支持测试模式

过压保护器和集成复位功能的高压稳压器



图7. 过压保护IC确保恶劣环境下可靠工作。

所有工程设计都需要克服外部环境的影响。工厂、加工设施和汽车等恶劣环境为硬件带来巨大挑战，包括瞬态电压、高温和污染物。过压保护IC可防止瞬态电压、过压以及电池反接，理

想用于汽车和工业应用。无论输入的瞬态如何，高压稳压器都能提供清洁、稳定的输出电压。

简单电路通过使用带有瞬态电压抑制器(TVS)二极管的串联保险丝，在瞬态过压、持续过压和电池反接条件下提供保护。

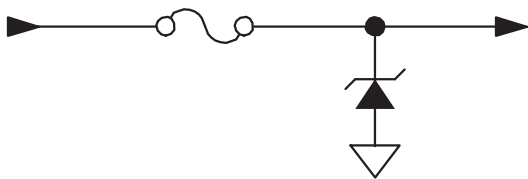


图8. 低成本电压瞬态保护方案性能较差。

简单电路尽管成本较低，但具有许多局限性：保护门限随温度变化较大；过压、电池反接或较大瞬态条件发生后，需要更换保险丝；较大瞬态造成TVS的功耗较大；在许多情况下，TVS二极管占用较大面积的电路板空间。

过压保护IC可提供瞬态高压、过压和电池反接保护。这些IC可保护电路在高达72V瞬态电压、过压或电池反接条件不被损坏。这些器件控制MOSFET开关，在故障条件下立即断开电路。故障条件消除后，MOSFET重新导通，所以电路可继续工作。

延伸阅读

1. 一键式开关处理器
2. 低成本交流电源
3. 电池切换电路支持3V系统
4. 低功耗电路提供自动关断和低电池电压锁定
5. 锁定稳压器，防止电池过度放电

总结

本指南中，我们回顾了监控电路对系统设计的重要性。从电源排序故障或外设元件、电路板失效，到系统代码隐藏漏洞，我们重点讨论了许多造成微处理器系统故障的因素。对于每种问题，我们都提供了能够最大程度防范故障的方案，并介绍了现代微处理器监控电路这一监测、维持系统正确工作的低成本、有效方案。最后，我们希望读者能够更好地理解如何通过 μP 监控电路大大改善设计质量和可靠性，在产品的有效期内节约维护时间和费用。

更多信息请访问：

www.maximintegrated.com/cn/products/supervisors