

使用单个比较器实现独立于内核的电压窗口信号检测

简介

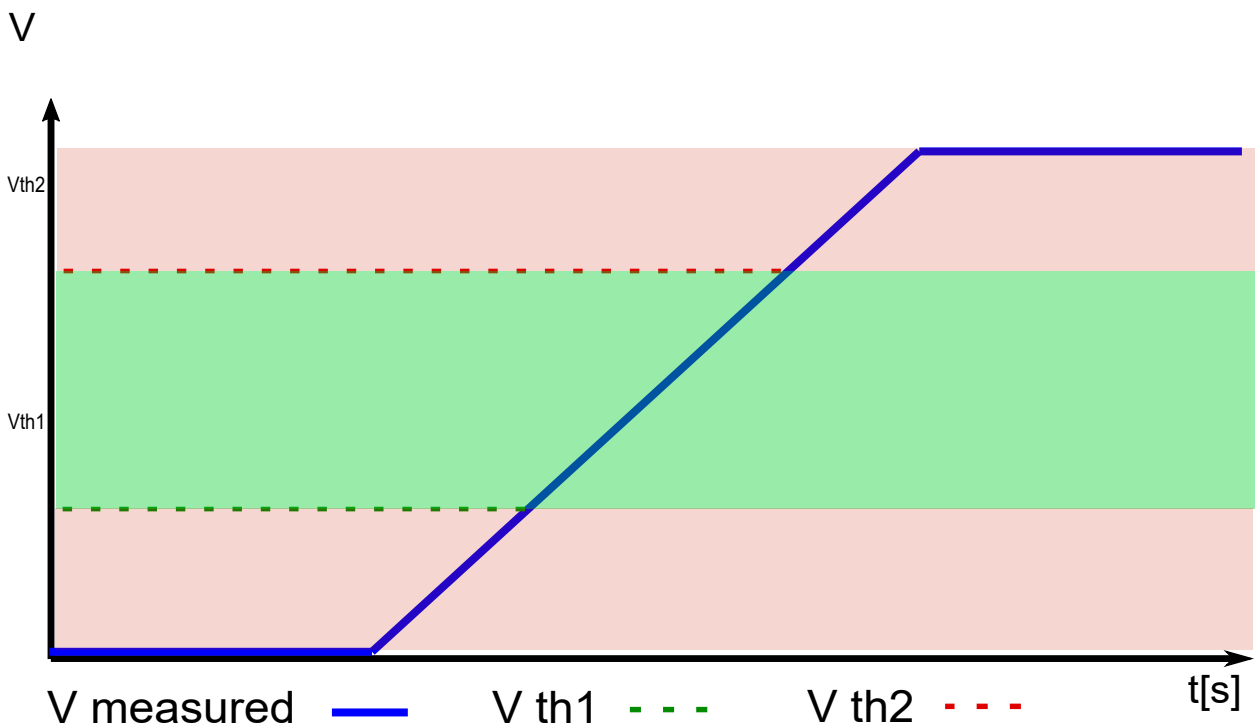
用单个比较器就可以确定测量信号是低于还是高于特定值/参考值。但是，如果所需间隔在欠压保护和过压保护这两个值之间怎么办？

最快捷的解决方案就是使用两个比较器和两个参考值。通过对结果进行分析，可确定三个间隔中哪一个包含测量信号。使用模数转换器（Analog-to-Digital Converter, ADC）和内核后处理功能可获得相同的结果，但内核后处理功能速度较慢，且取决于内核可用性。

本技术简介介绍了一种实现独立于内核的电压窗口信号电平检测（无需软件内核监控，与ADC的情况相同）的替代方法，该方法使用单个比较器以及PIC®单片机的独立于内核的外设（Core Independent Peripherals, CIP）。例如，该方法可用于实现欠压保护（Undervoltage Protection, UVP）和过压保护（Overvoltage Protection, OVP）。两个阈值之间的所需电压窗口信号电平如下图所示。

该解决方案的优势在于只需使用CIP，而无需使用内核，它的速度明显比ADC测量更快，并且仍可为用户提供所有的可配置性优势。

图1. 测量信号的电压窗口间隔



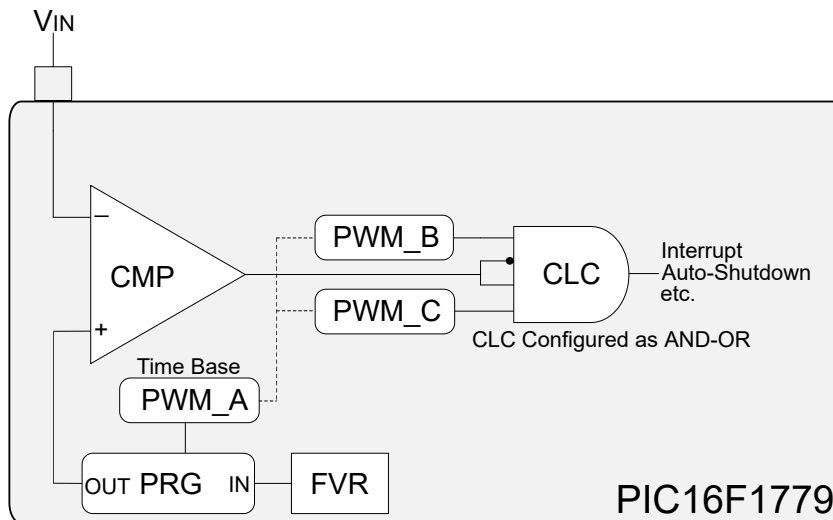
目录

简介	1
1. 详细说明	3
2. 测试设置	5
3. 结果	9
4. 结论.....	11
Microchip网站.....	12
产品变更通知服务.....	12
客户支持.....	12
Microchip器件代码保护功能.....	12
法律声明.....	12
商标.....	13
质量管理体系.....	14
全球销售及服务网点.....	15

1. 详细说明

本文介绍的解决方案借助可编程斜坡发生器（Programmable Ramp Generator, PRG）CIP为参考电压，使用单个比较器将电压值转换为脉宽调制（Pulse-Width Modulated, PWM）信号。然后，所获得的信号用作可配置逻辑单元（Configurable Logic Cell, CLC）CIP的两个输入，且CLC CIP配置为用作PWM信号比较器的四输入“与或”逻辑。当测量信号在所需间隔范围内，每当发生欠压或过压事件并输出逻辑“0”时，CLC都会输出一个逻辑“1”。CLC输出连接至互补输出发生器（Complementary Output Generator, COG）CIP的自动关断，从而保护COG CIP免受OV和UV影响。内部CIP连接如下图所示，而信号在接下来的图中所示。

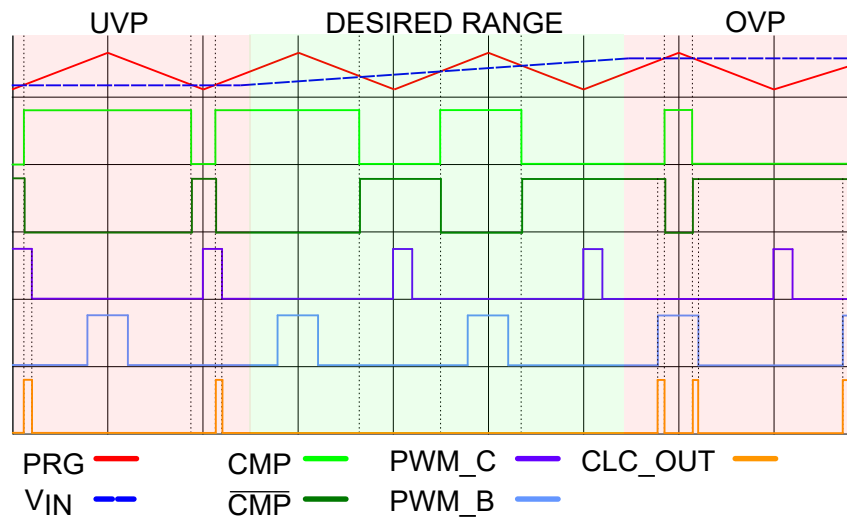
图1-1. 1CMP输入UV和OV保护原理图



这种情况下，该解决方案的预期用途是使用CIP实现开关电源（Switched Mode Power Supply, SMPS）控制系统的输入欠压和过压保护，这样所需CIP之外的其他CIP将被作为参考电压。

比较器的反相输入是测量电压 V_{IN} ，同相输入是配置为锯齿或三角波的PRG输出信号。比较器输出将目标测量电压值转换为PWM的占空比。

图1-2. 1CMP输入UV和OV保护信号



PRG三角波形信号频率决定了比较器输出信号周期，因此可将其视为采样速度。用户可控制斜率、上升时间和下降时间，从而决定采样频率和测量电压的可接受幅值。

固定参考电压（Fixed Voltage Reference, FVR）用于生成三角波。

CLC配置为“与或”逻辑，并用作PWM信号比较器。无论被监控的输入电压值是低于还是高于所需限值，都将输出逻辑“1”，而当电压值在所需范围内时，则将保持输出逻辑“0”。

第一个“逻辑与”包含作为输入的PWM_C信号和CMP信号，所以，只有在测量输入电压值低于所需值时，输出才会生成逻辑“1”。第二个“逻辑与”包含作为输入的非CMP信号和PWM_B信号，所以，只有在测量输入电压值高于所需值时，输出才会生成逻辑“1”。

PWM_C用于设置所需最低可接受的输入电压值（UVP电平，或低于阈值参考），并且与比较器输出PWM信号同步。用户可通过更改PWM_C占空比来控制限值。

PWM_B用于设置所需最高可接受的输入电压值（OVP电平，或高于阈值参考），并且与比较器输出PWM信号同步。用户可通过更改PWM_B占空比来控制限值。

2. 测试设置

以下硬件用于测试该功能：

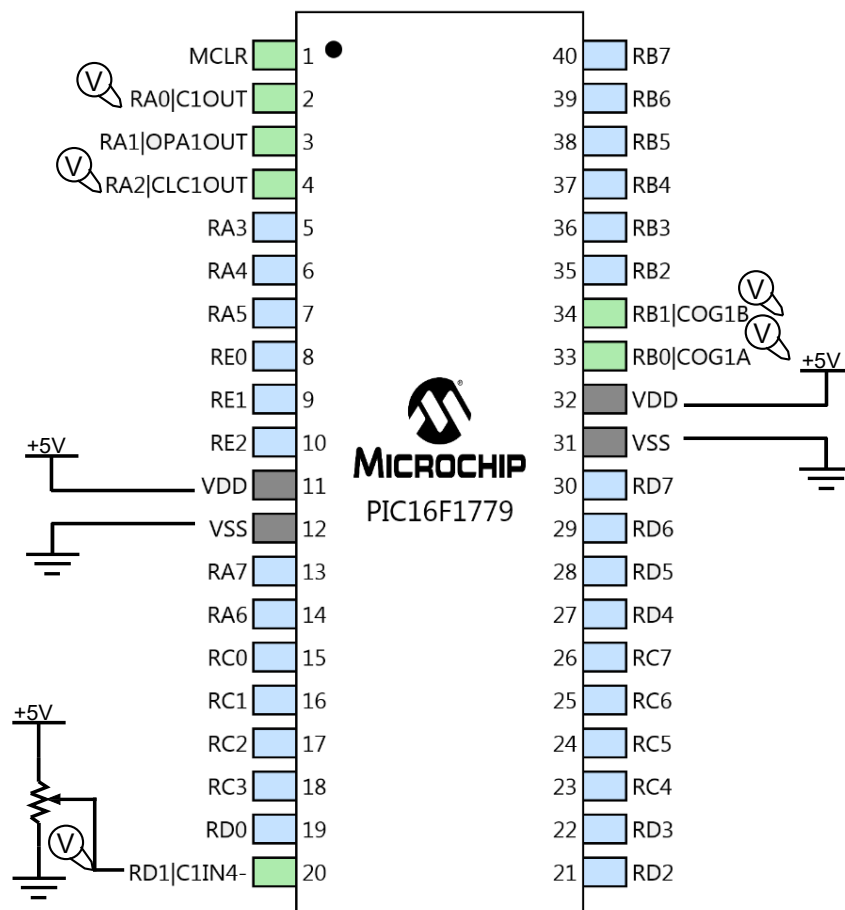
- 一个PICDEM™ LAB II 板（或原型制作板）
- 一个PIC16F1779（也可以使用任何PIC16F176X/7X）
- 一个用于模拟可变输入电压的电位器、电线和MPLAB® PICKit™ 4（任何其他PIC器件编程器均可使用）
- 一个用于验证信号的示波器

测试时使用的软件包括：

- MPLAB® X IDE v5.15
- MPLAB® 代码配置器v3.75
- MPLAB® XC8编译器v2.05

下图显示了测试设置，其中V_{DD}和GND由PICKit 4提供。若要通过PICKit 4为电路板供电，请右键单击当前项目，然后选择Properties/PICKit 4/Option categories: Power（属性/PICKit 4/选项类别：电源），并勾选Power target circuit from PICKit 4（通过PICKit 4 为目标电路供电），然后选择OK（确定）。

图2-1. 测试设置



使用MPLAB X中的MPLAB代码配置器插件来设置配置，并输入少量代码以启动PRG。配置完成后，这些功能将独立于内核工作，无需内核干预。

PIC MCU配置:

- 系统模块: 系统时钟选择 — F_{OSC} , 内部时钟 — 8 MHz_HF和PLL使能

使用的CIP:

- **TMR2:** 时钟源 — $F_{OSC}/4$, 周期 — 2 us (500 kHz 开关频率) — 决定了SMPS开关频率。
- **COG1:** 模式—半桥; 时钟源— F_{OSC} ; COGA PIN引导—波形; COGB PIN引导—波形; 上升事件PWM3—电平触发; 下降事件PWM3—电平触发; PWM3低电平跳变至高电平触发COG上升事件, 而高电平跳变至低电平触发下降事件, 演示中设置的死区延时为812.5 ns—该值用于控制高阈值和低阈值, 因此必须根据用户需求进行调整。
- **FVR:** FVR_buffer1和FVR_buffer2 – 4x; 4.096V用作PRG源。
- **PRG:** 斜坡发生器模式—交替斜坡发生器; 电压输入源—FVR_buffer1; 斜率—2.5 V/us; 斜坡上升时序源—PWM3_输出/电平敏感/高电平有效, 斜坡下降时序源—PWM3_输出/电平敏感/低电平有效, PRG配置为交替斜坡发生器; 斜率: 2.5 V/us。
- **PWM3:** 选择定时器—Timer2, 占空比50%, 用作PRG的启动斜坡上升和启动斜坡下降, 以及COG的信号源。
- **CMP1:** 同相输入 — PRG1; 反相输入 — CIN4, 反相输入连接到输入电压或测量信号的同等输入, 而同相输入则连接到PRG输出。比较器的输出代表占空比与测量电压值相等或成比例的PWM信号。
- **CLC1:** 模式—与或; 逻辑与1输入为非C1_OUT和COG1A; 逻辑与2输入为C1_OUT和COG1B。CLC输出可直接连接到用于SMPS环的COG自动关闭 (建议在MCC中检查COG自动关闭选项卡, 查看接受哪个CLC作为输入)。如果想要在出现异常输入时停止器件, 可实现中断程序, 以便在保护期间处理系统。采用布尔符号的输出表达式为:

$$CLC1_OUT = \overline{C1OUT} \cdot COG1A + COG1B \cdot C1OUT$$

- **OPA1:** 通道选择: 同相通道—PRG1_OUT, 反相通道—“任何”, 因为已禁止; 设置为“单位增益”, 用于通过示波器监控内部PRG信号。

有关CIP的更多信息, 请参阅PIC16F176X/7X产品数据手册。

下图显示了所使用的MCC外设, 而最后一张图显示了MCC中的CLC连接。

添加的代码行允许PRG时间初始化并在准备就绪时启动。项目示例可在[此处MPLAB® Xpress](#)中找到。

```
while (!PRG1_IsReady());
PRG1_StartRampGeneration();
```

图 2-2. 代码和PIN配置

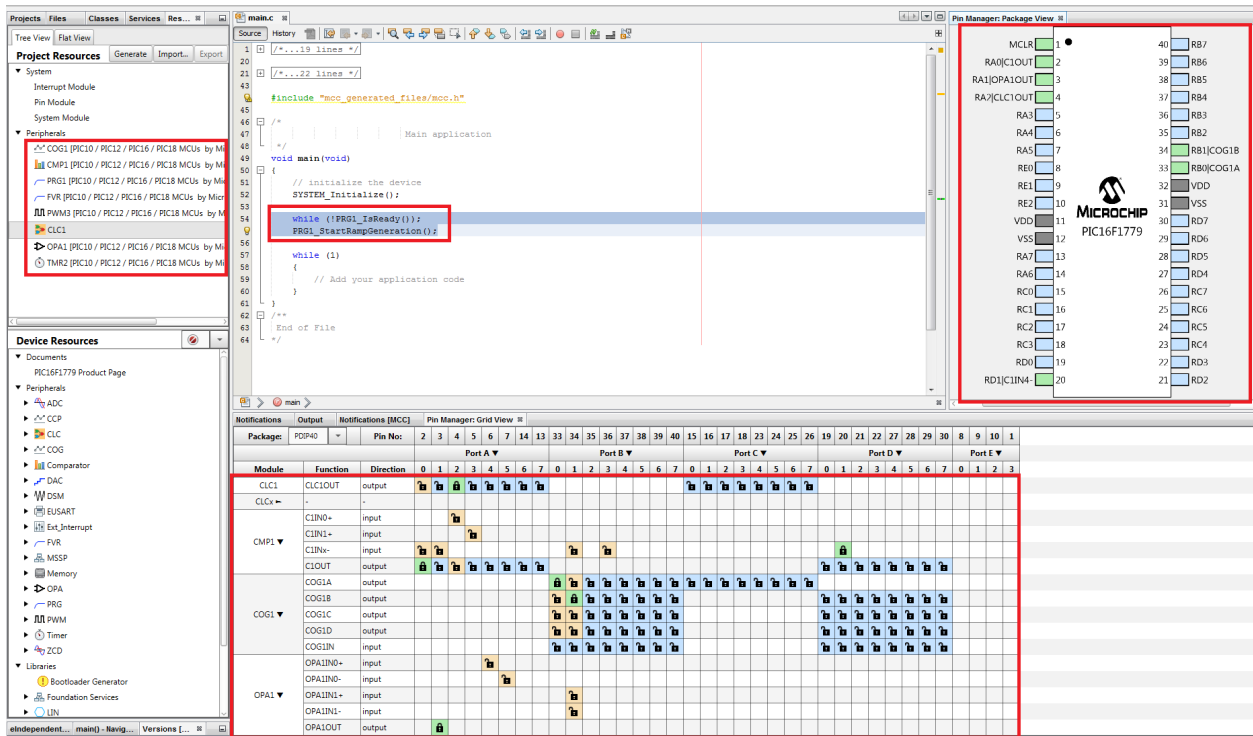
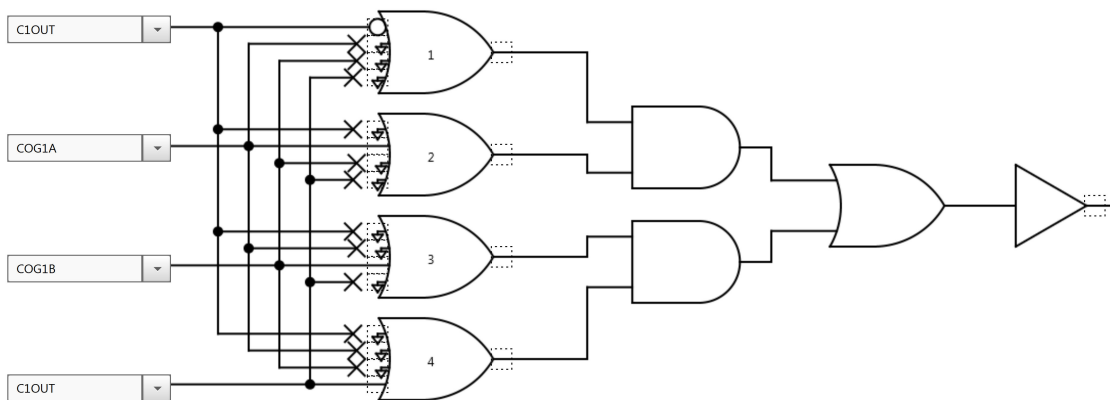


图2-3. CLC配置



如何设置UV值和OV值

置实际OV和UV电平时，必须考虑许多变量。首先，用户必须决定输入电压分压器，这样测量电压就能够兼容采样斜坡最大电压。如果要计算PRG达到的最大电压，则使用下述公式：

$$VPRG_{max} = PRG_{slope} \times (T2Period \div 2)$$

该公式仅在启动和停止斜坡的PWM设置为50%占空比，并通过Timer2供电时有效。PRG必须配置为交替斜坡发生器。在VPRGmax已知的情況下，用户可选择在公式中用作子单元常数“k”的电压分压器。

之后，用户必须计算达到所需限值时，比较器输出的占空比值。为此，请使用下述公式：

$$C1OUT_DC = (V_{IN} \times k) \div (VPRG_{max}) \times 100\%$$

UV条件下的C1OUT_DC值（进一步用作DC_UV）和OV条件下的C1OUT_DC值（进一步用作DC_OV）将有助于计算COG1中所需的死区延时。死区上升（Dead-Band Rising, DBR）表示OV限值，而死区下降（Dead-Band Falling, DBF）则表示UV限值。可使用下述公式计算所需值：

$$DBF = (T2Period \div 2) \times (1 - DC_UV \div 100)$$

$$DBR = (T2Period \div 2) \times (DC_OV \div 100)$$

示例

V_{in}: 7-20 V_{DC}

T2 周期: 2us

PRG_{slope}: 2.5V/us

使用第一个公式时，VPRGmax = 2.5V。这意味着，测量的输入电压不得超过2.5V。当V_{IN}为7-20V时，将OV设置为21V、UV为6V，同时必须在输入引脚前放置一个至少为1:10（k = 0.1）的分压器，这意味着UV电平为0.6V，OV电平为2.1V。使用第二个公式时，DC_UV = 24%，且DC_OV = 84%。

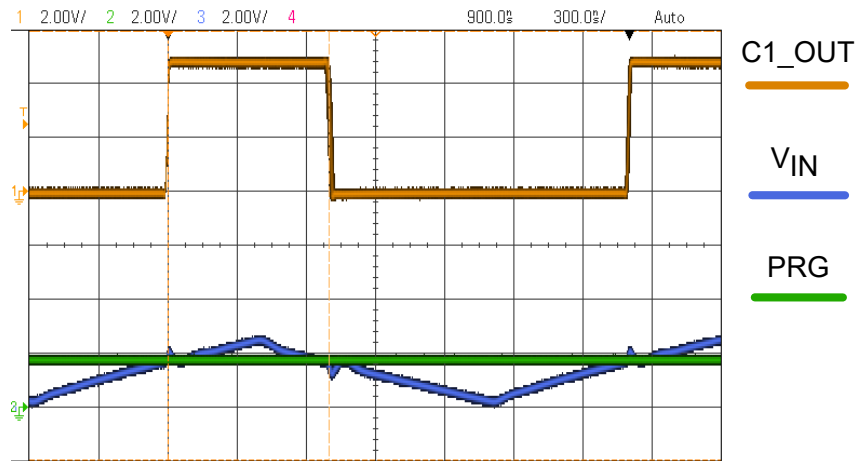
最后，通过使用最后两个公式DBR = 840 ns和DBF = 760 ns，可获得死区延时值。

3. 结果

使用示波器测量图2.1和图2.2中所示引脚上的所需信号，可获得以下结果。这些结果可证明解决方案功能正确。Timer2是PWM3的频率源，而PWM3是COG1和PRG1的上升和下降源。这样就可实现所有比较信号之间的同步。

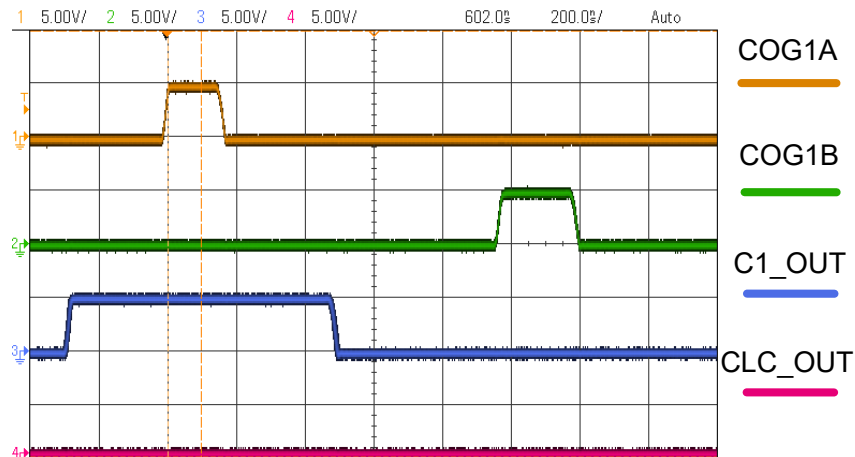
下图显示了输入电压（采样电压）与PRG斜坡（采样信号）之间比较所产生的比较器输出。

图3-1. 基于VIN的比较器输出



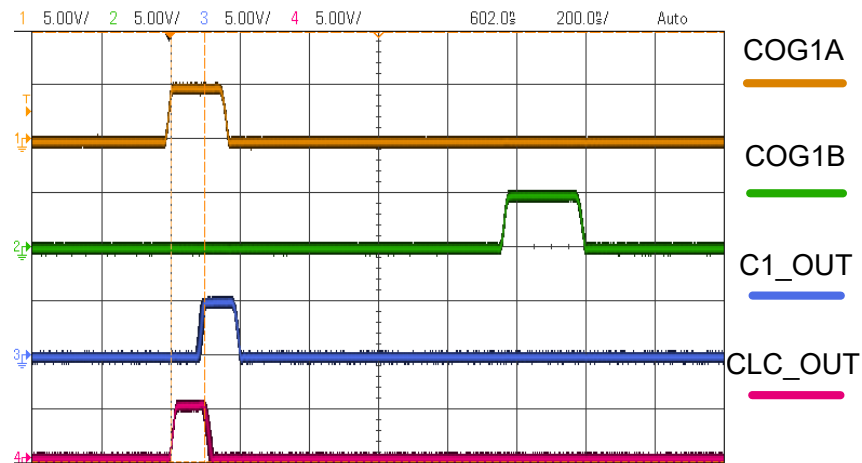
下图显示了CLC1输出，此时测量输入电压在所需电压窗口中。对于SMPS应用，这相当于安全的输入电压操作。

图3-2. 在电压窗口内的操作



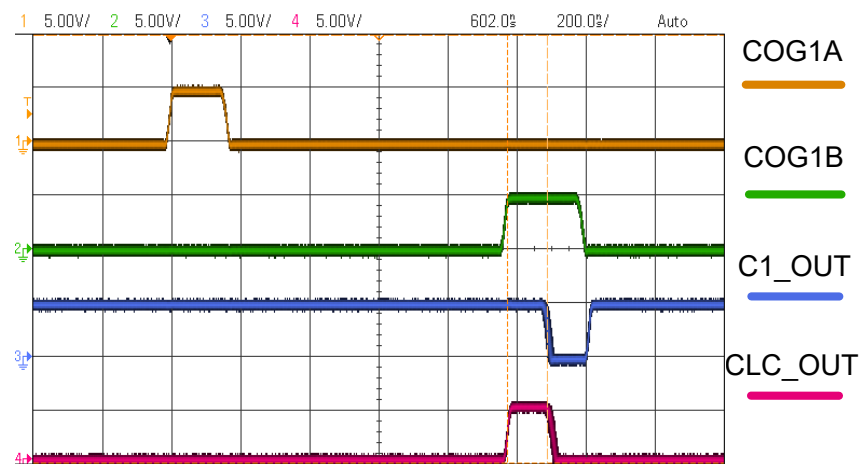
下图显示了CLC1输出，此时测量输入电压高于所需电压窗口。对于SMPS应用，这相当于输入过压检测。

图3-3. 在电压窗口外的操作OVP



下图显示了CLC1输出，此时测量输入电压低于所需电压窗口。对于SMPS应用，这相当于输入欠压检测。

图3-4. 在电压窗口外的操作UVP



4. 结论

本技术简介中介绍的解决方案解决了使用单个比较器进行电压窗口检测的问题。测量信号转换为PWM信号，其中占空比等于电压值，且阈值检测通过比较PWM信号与逻辑单元实现。由此实现的功能比ADC方法更快速，且操作期间无需进行内核监控。该功能可实现阈值配置、更改和采样速度选择。

在实际演示中，我们设想了UVP和OVP示例。该方法表明，如果设计人员将四个电压信号之间的比较转变为四个PWM信号之间的比较，就可以使用单个比较器来实现通常需要两个比较器和两个参考电压的UV和OV保护功能。

Microchip 网站

Microchip 网站 (www.microchip.com/) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。我们的网站提供以下内容:

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持**——常见问题解答 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 设计伙伴计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

产品变更通知服务

Microchip 的产品变更通知服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时, 收到电子邮件通知。

欲注册, 请访问 www.microchip.com/pcn, 然后按照注册说明进行操作。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助:

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (ESE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或 ESE 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 www.microchip.com/support 获得网上技术支持。

Microchip 器件代码保护功能

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点:

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信: 在正常使用的情况下, Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前, 仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知, 所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿意与关心代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下, 能访问您的软件或其他受版权保护的成果, 您有权依据该法案提起诉讼, 从而制止这种行为。

法律声明

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分, 因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中提供的信息仅仅是为方便您使用 **Microchip** 产品或使用这些产品来进行设计。本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。

MICROCHIP“按原样”提供这些信息。**Microchip** 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或间接的损失、损害或任何类型的开销，**MICROCHIP** 概不承担任何责任，即使 **MICROCHIP** 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，**MICROCHIP** 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 **MICROCHIP** 直接支付的金额（如有）。如果将 **Microchip** 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 **Microchip** 免于承担法律责任。除非另外声明，在 **Microchip** 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、**Microchip** 徽标、**Adaptec**、**AnyRate**、**AVR**、**AVR** 徽标、**AVR Freaks**、**BesTime**、**BitCloud**、**chipKIT**、**chipKIT** 徽标、**CryptoMemory**、**CryptoRF**、**dsPIC**、**FlashFlex**、**flexPWR**、**HELDO**、**IGLOO**、**JukeBlox**、**KeeLoq**、**Kleer**、**LANCheck**、**LinkMD**、**maXStylus**、**maXTouch**、**MediaLB**、**megaAVR**、**Microsemi**、**Microsemi** 徽标、**MOST**、**MOST** 徽标、**MPLAB**、**OptoLyzer**、**PackeTime**、**PIC**、**picoPower**、**PICSTART**、**PIC32** 徽标、**PolarFire**、**Prochip Designer**、**QTouch**、**SAM-BA**、**SenGenuity**、**SpyNIC**、**SST**、**SST** 徽标、**SuperFlash**、**Symmetricom**、**SyncServer**、**Tachyon**、**TempTrackr**、**TimeSource**、**tinyAVR**、**UNI/O**、**Vectron** 及 **XMEGA** 均为 **Microchip Technology Incorporated** 在美国和其他国家或地区的注册商标。

APT、**ClockWorks**、**The Embedded Control Solutions Company**、**EtherSynch**、**FlashTec**、**Hyper Speed Control**、**HyperLight Load**、**IntelliMOS**、**Liberio**、**motorBench**、**mTouch**、**Powermite 3**、**Precision Edge**、**ProASIC**、**ProASIC Plus**、**ProASIC Plus** 徽标、**Quiet-Wire**、**SmartFusion**、**SyncWorld**、**Temux**、**TimeCesium**、**TimeHub**、**TimePictra**、**TimeProvider**、**Vite**、**WinPath** 和 **ZL** 均为 **Microchip Technology Incorporated** 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、**AKS**、**Analog-for-the-Digital Age**、**Any Capacitor**、**AnyIn**、**AnyOut**、**BlueSky**、**BodyCom**、**CodeGuard**、**CryptoAuthentication**、**CryptoAutomotive**、**CryptoCompanion**、**CryptoController**、**dsPICDEM**、**dsPICDEM.net**、**Dynamic Average Matching**、**DAM**、**ECAN**、**EtherGREEN**、**In-Circuit Serial Programming**、**ICSP**、**INICnet**、**Inter-Chip Connectivity**、**JitterBlocker**、**KleerNet**、**KleerNet** 徽标、**memBrain**、**Mindi**、**MiWi**、**MPASM**、**MPF**、**MPLAB Certified** 徽标、**MPLIB**、**MPLINK**、**MultiTRAK**、**NetDetach**、**Omniscient Code Generation**、**PICDEM**、**PICDEM.net**、**PICKit**、**PICtail**、**PowerSmart**、**PureSilicon**、**QMatrix**、**REAL ICE**、**Ripple Blocker**、**SAM-ICE**、**Serial Quad I/O**、**SMART-I.S.**、**SQI**、**SuperSwitcher**、**SuperSwitcher II**、**Total Endurance**、**TSHARC**、**USBCheck**、**VariSense**、**ViewSpan**、**WiperLock**、**Wireless DNA** 和 **ZENA** 均为 **Microchip Technology Incorporated** 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 **Microchip Technology Incorporated** 在美国的服务标记。

Adaptec 徽标、**Frequency on Demand**、**Silicon Storage Technology** 和 **Symmcom** 均为 **Microchip Technology Inc.** 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 **Microchip Technology Inc.** 的子公司 **Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG** 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2020, **Microchip Technology Incorporated** 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-6624-6

质量管理体系

有关 **Microchip** 的质量管理体系的信息，请访问 www.microchip.com/quality。

全球销售及服务中心

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
公司总部 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 电话: 480-792-7200 传真: 480-792-7277 技术支持: www.microchip.com/support 网址: www.microchip.com	澳大利亚 - 悉尼 电话: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 电话: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 电话: 86-28-8665-5511 中国 - 重庆 电话: 86-23-8980-9588 中国 - 东莞 电话: 86-769-8702-9880 中国 - 广州 电话: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 电话: 86-571-8792-8115 中国 - 香港特别行政区 电话: 852-2943-5100 中国 - 南京 电话: 86-25-8473-2460 中国 - 青岛 电话: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 电话: 86-21-3326-8000 中国 - 沈阳 电话: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 电话: 86-755-8864-2200 中国 - 苏州 电话: 86-186-6233-1526 中国 - 武汉 电话: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 电话: 86-29-8833-7252 中国 - 厦门 电话: 86-592-2388138 中国 - 珠海 电话: 86-756-3210040	印度 - 班加罗尔 电话: 91-80-3090-4444 印度 - 新德里 电话: 91-11-4160-8631 印度 - 浦那 电话: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 电话: 81-6-6152-7160 日本 - 东京 电话: 81-3-6880-3770 韩国 - 大邱 电话: 82-53-744-4301 韩国 - 首尔 电话: 82-2-554-7200 马来西亚 - 吉隆坡 电话: 60-3-7651-7906 马来西亚 - 槟榔屿 电话: 60-4-227-8870 菲律宾 - 马尼拉 电话: 63-2-634-9065 新加坡 电话: 65-6334-8870 台湾地区 - 新竹 电话: 886-3-577-8366 台湾地区 - 高雄 电话: 886-7-213-7830 台湾地区 - 台北 电话: 886-2-2508-8600 泰国 - 曼谷 电话: 66-2-694-1351 越南 - 胡志明市 电话: 84-28-5448-2100	奥地利 - 韦尔斯 电话: 43-7242-2244-39 传真: 43-7242-2244-393 丹麦 - 哥本哈根 电话: 45-4485-5910 传真: 45-4485-2829 芬兰 - 埃斯波 电话: 358-9-4520-820 法国 - 巴黎 电话: 33-1-69-53-63-20 传真: 33-1-69-30-90-79 德国 - 加兴 电话: 49-8931-9700 德国 - 哈恩 电话: 49-2129-3766400 德国 - 海尔布隆 电话: 49-7131-72400 德国 - 卡尔斯鲁厄 电话: 49-721-625370 德国 - 慕尼黑 电话: 49-89-627-144-0 传真: 49-89-627-144-44 德国 - 罗森海姆 电话: 49-8031-354-560 以色列 - 若那那市 电话: 972-9-744-7705 意大利 - 米兰 电话: 39-0331-742611 传真: 39-0331-466781 意大利 - 帕多瓦 电话: 39-049-7625286 荷兰 - 德卢内市 电话: 31-416-690399 传真: 31-416-690340 挪威 - 特隆赫姆 电话: 47-72884388 波兰 - 华沙 电话: 48-22-3325737 罗马尼亚 - 布加勒斯特 电话: 40-21-407-87-50 西班牙 - 马德里 电话: 34-91-708-08-90 传真: 34-91-708-08-91 瑞典 - 哥德堡 电话: 46-31-704-60-40 瑞典 - 斯德哥尔摩 电话: 46-8-5090-4654 英国 - 沃金厄姆 电话: 44-118-921-5800 传真: 44-118-921-5820
亚特兰大 德卢斯, 佐治亚州 电话: 678-957-9614 传真: 678-957-1455 奥斯汀, 德克萨斯州 电话: 512-257-3370 波士顿 韦斯特伯鲁, 马萨诸塞州 电话: 774-760-0087 传真: 774-760-0088 芝加哥 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 630-285-0071 传真: 630-285-0075 达拉斯 阿迪森, 德克萨斯州 电话: 972-818-7423 传真: 972-818-2924 底特律 诺维, 密歇根州 电话: 248-848-4000 休斯顿, 德克萨斯州 电话: 281-894-5983 印第安纳波利斯 诺布尔斯特维尔, 印第安纳州 电话: 317-773-8323 传真: 317-773-5453 电话: 317-536-2380 洛杉矶 米慎维荷, 加利福尼亚州 电话: 949-462-9523 传真: 949-462-9608 电话: 951-273-7800 罗利, 北卡罗来纳州 电话: 919-844-7510 纽约, 纽约州 电话: 631-435-6000 圣何塞, 加利福尼亚州 电话: 408-735-9110 电话: 408-436-4270 加拿大 - 多伦多 电话: 905-695-1980 传真: 905-695-2078			