

---

---

## 适用于电压模式控制的独立于内核的前馈功能

---

---

### 简介

---

为了正确关闭环路并调节开关电源（Switched Mode Power Supply, SMPS）的输出，人们想到的第一种方法是电压模式控制（Voltage Mode Control, VMC）。但电压模式控制对线路和负载变化的响应速度慢，因此 SMPS 设计人员考虑使用电流模式控制（Current Mode Control, CMC），电流模式控制能够立即响应并消除了延迟和增益变化。

通过增加电压前馈可改善 VMC，从而消除了线电压变化的影响。

PIC16F176X/7X 系列混合信号单片机配备独立于内核（Core Independent Peripheral, CIP）的模拟外设，能够实现电压模式和电流模式控制，但不具有前馈专用功能。

本文介绍一种连接 CIP 并获得所需前馈功能的方法。该方法无需内核介入，只需借助 MPLAB® X IDE 和 MPLAB 代码配置器（MPLAB Code Configurator, MCC）插件设置配置位即可实现。

---

## 目录

---

简介.....	1
1. 详细说明.....	3
2. 测试设置.....	6
3. 结果.....	9
4. 结论.....	12
Microchip 网站.....	13
产品变更通知服务.....	13
客户支持.....	13
Microchip 器件代码保护功能.....	13
法律声明.....	13
商标.....	14
质量管理体系.....	14
全球销售及服务网点.....	15

## 1. 详细说明

在用于 VMC 的传统电压前馈方法中，锯齿信号的斜率受输入电压的影响。输入电压的变化将会影响同一个开关周期或下一个开关周期的 PWM 占空比，这种调整可以使 SMPS 转换器更快地响应输入电压变化并通过输入电压变化补偿 SMPS 增益变化。PIC16F176X/7X 中的可编程斜坡发生器（Programmable Ramp Generator, PRG）允许仅通过外设寄存器来更改斜坡斜率，从而可获得可靠的经典方法内核和代码。

另一种替代方法是保持斜率恒定不变，但改变斜坡的下限起点，同时确保斜率的上部在“导通”时间结束之前不会达到限制。这反过来会对 PWM 的占空比产生类似影响，并在一个开关周期内补偿输入电压变化，从而使 SMPS 更快地响应。但是，此解决方案不能补偿增益变化。

此内部外设配置如图 1-1 和图 1-2 中所示，有两种方法可实现这种方案：

1. 将  $V_{IN}$  连接到 5 位数模转换器（Digital-to-Analog Converter, DAC）的负基准电压并将寄存器设置为 0
2. 将  $V_{IN}$  连接到 5 位 DAC 的正基准电压并将寄存器设置为 63（或者如果使用另一个 DAC，则将寄存器设置为最大值）。

可以在运行期间更改 DAC 基准电压以便调整或改善前馈功能对 PWM 占空比的影响。 $V_{IN}$  可以通过 IO 引脚直接连接到 PRG 的输入，但由于 PRG\_IN 与 OpAmp\_OUT 共用 IO 引脚且运算放大器变得不可用，采用此解决方案会很麻烦。用户还丧失了微调代码中的电压值的能力。但是，其余 VMC 配置保持不变。

图 1-1. 用于前馈功能的内部 CIP 连接， $V_{IN}$  至 DAC 的 REF-

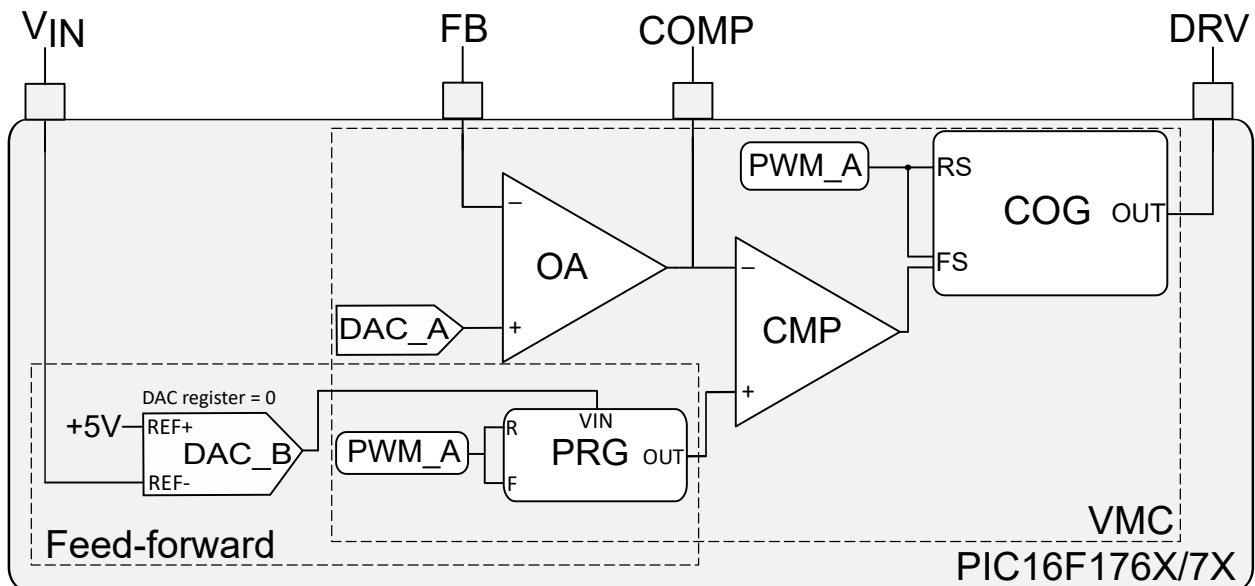


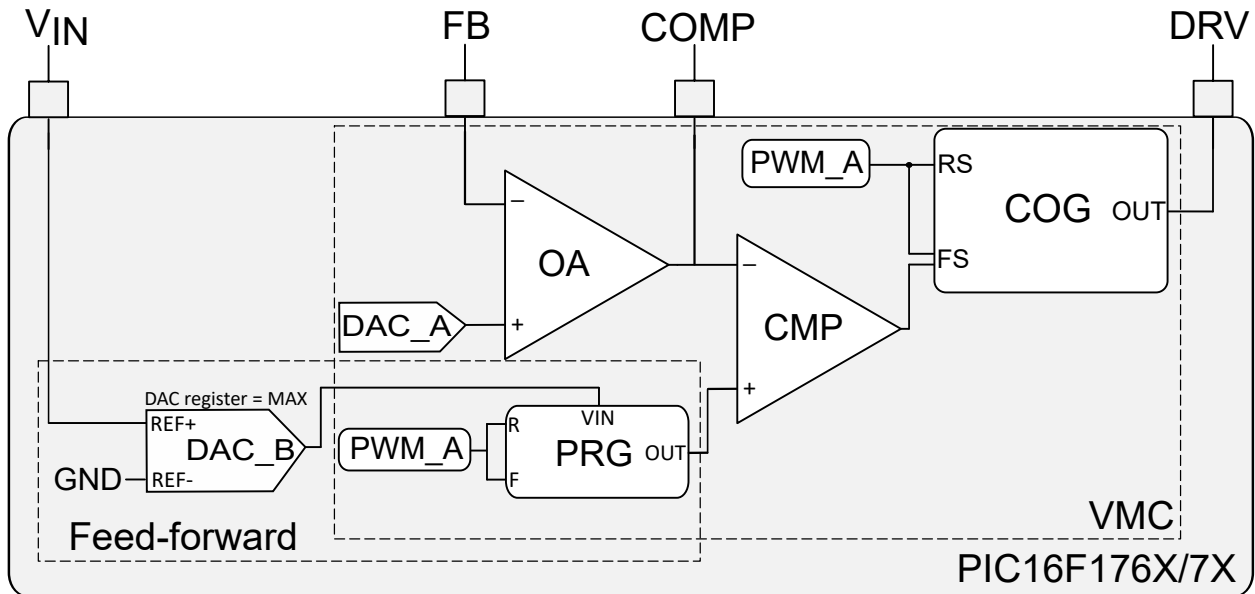
图 1-2. 用于前馈功能的内部 CIP 连接,  $V_{IN}$  至 DAC 的 REF+

图 1-3 中可直观看出如何通过信号促进实现前馈功能。

若要查看输入电压变化对 PWM 占空比的影响，OA\_OUT 信号（输出电压反馈误差）必须保持恒定。

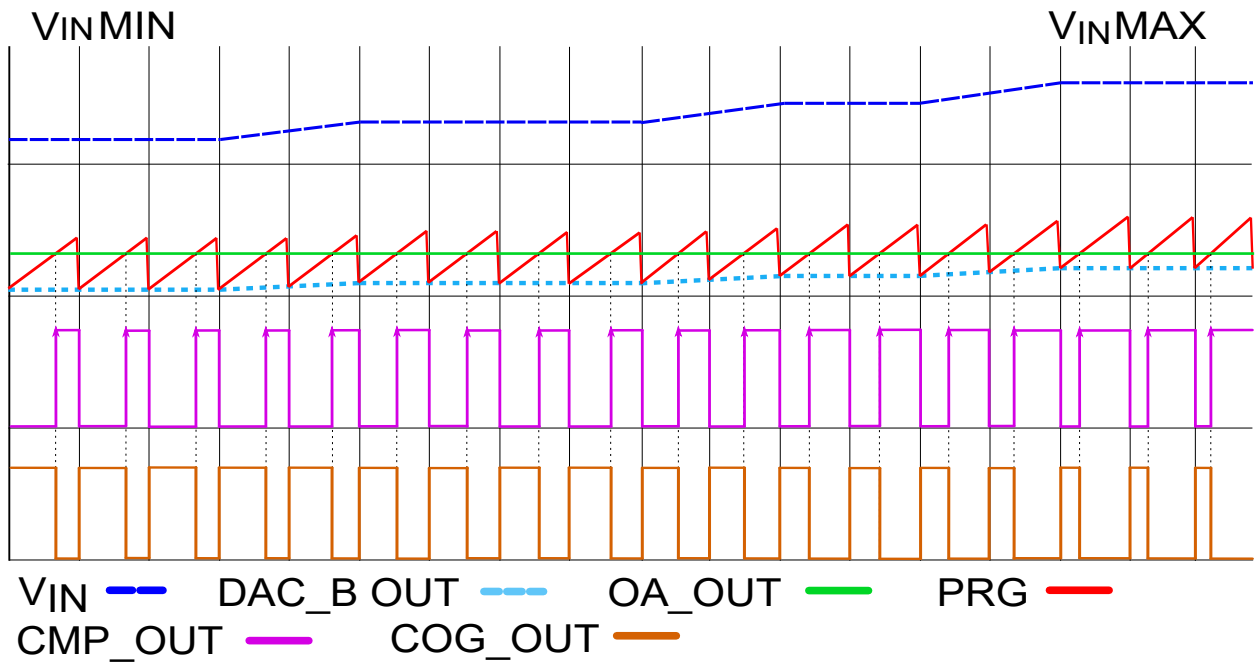
当输入电压值增加时，采用恒定斜率上升斜坡配置的 VMC 斜坡将从更高的初始电压开始，SMPS 控制 PWM（COG\_OUT）占空比将降低。当输入电压下降时，情况相反。该功能修正了同一开关周期的输入电压变化，从而实现前馈。

为了防止 PRG 饱和并限制占空比范围，用户必须对斜率和输入范围进行相应的设置，如下面的公式所示。

$$V_{PRG} < (MCU_{V_{DD}} - V_{IN} * k) / \text{TimerPeriod}$$

如果最大输入电压为 20V，并且输入分压器设置为 1:10，则可以断定最大 DAC 输出为 2V。这为 PRG 保留了 3V 裕量。如果周期为 2  $\mu$ s，为了在周期结束之前不让斜坡达到 5V，必须将斜率配置为小于 1.5 V/ $\mu$ s。

图 1-3. 用于前馈功能的内部信号



## 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（可以使用任何 PIC16F176X/7X）
- 一个电位器，用于模拟可变输入电压
- 一个电位器，用于模拟电压反馈
- 电线，MPLAB® PICKit™ 4（任何其他 PIC® MCU 编程器均可使用）
- 一个示波器，用于验证信号

测试时使用以下软件：

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

图 2-1 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“属性/PICKit 4/选项类别：电源”。勾选“通过 PICKit 4 为目标电路供电”，然后选择“确定”。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。

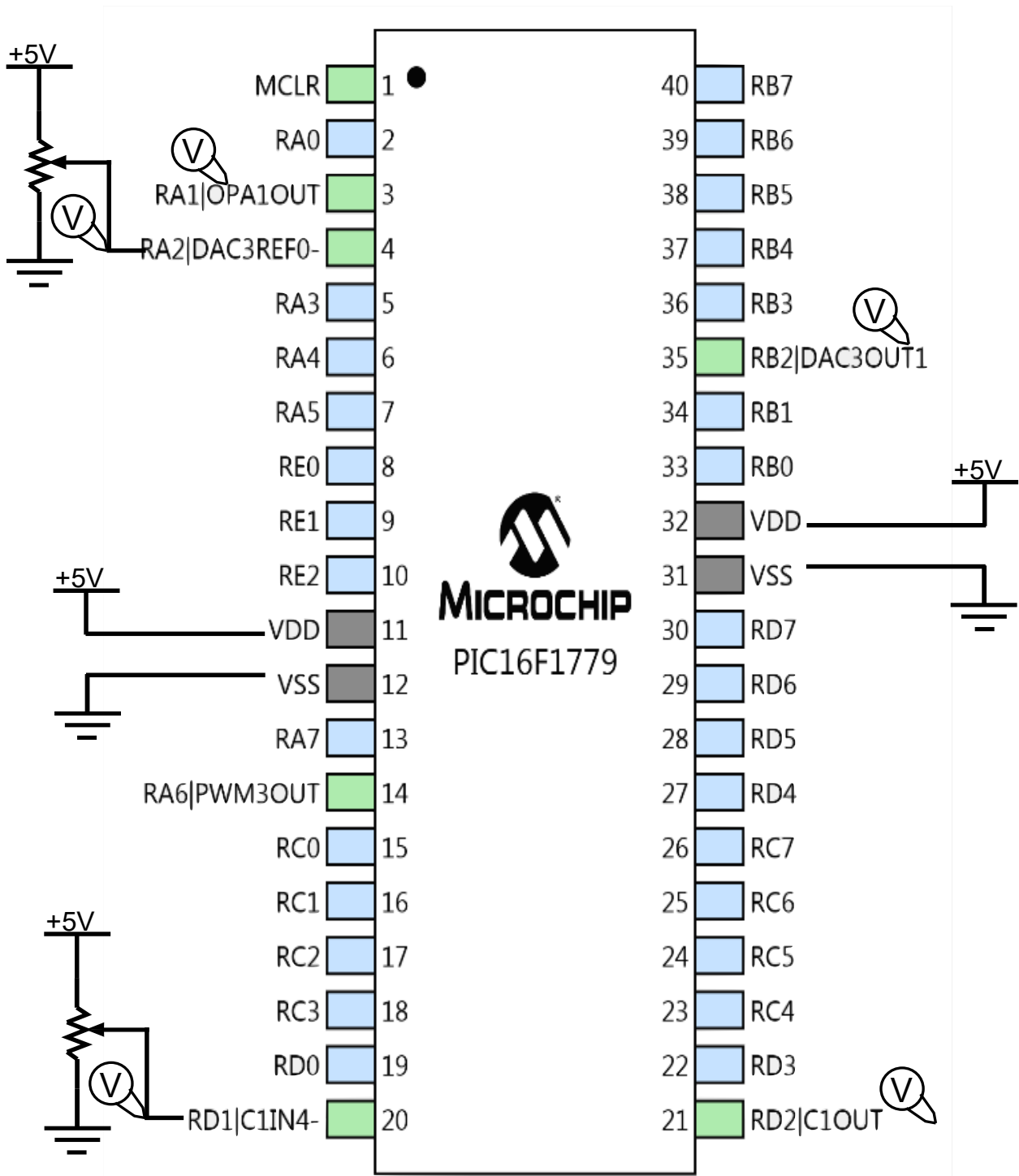
MCU 配置：

- PIC MCU 内部振荡器 32 MHz（8 MHz x 4 PLL）

使用的 CIP：

- **TMR2**：周期 2 us—将用于确定 SMPS 和 PRG 开关频率。
- **PWM3**：95% DC，TMR2 用作 PRG 的启动斜坡上升和启动斜坡下降源。PWM3 输出连接到 I/O 引脚，用于监视和测量。
- **DAC3（5 位）**：正基准电压— $V_{DD}$ ，负基准电压—DAC3REF0-，所需基准电压—0。在 DAC 的负基准电压下连接电位器，该电压表示输入电压。DAC3 输出仅在测试阶段连接到 I/O 引脚，用于监视和测量。在正常工作期间，DAC3 OUTPUT 不应连接到 I/O 引脚。
- **PRG**：PRG 配置为上升斜坡发生器，电压输入源：DAC3\_output，斜率：1.5 V/us，斜坡上升时序源：PWM3\_output，上升事件极性：active\_high，斜坡下降时序源：PWM3\_output，下降事件极性：active\_low。
- **CMP1**：同相输入：PRG1，反相输入：CIN4-，输出极性：不反转。反相输入连接到提供输出反馈误差信号的电位器，比较器输出将提供 PWM 信号，其占空比受输入电压变化的影响。
- **OPA1**：设置为单位增益，PRG1 设置为输入；它用于通过示波器监控内部 PRG 信号。

图 2-1. 用于前馈功能的 IC 引脚连接



有关 CIP 的更多信息，请参阅 PIC16F176X/7X 产品数据手册。

图 2-2 显示使用的 MCC 外设、PRG 配置、引脚排列以及在 main.c 文件中添加的代码行。

以下是添加的代码行：

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

允许 PRG 时间初始化并在准备就绪时启动。有关此应用 MPLAB® Xpress 示例，请点击[此处](#)查看。

采用 VMC 配置时，也可以将前馈功能应用于 [CIP 混合入门工具包](#)。

图 2-2. 使用的 MCC CIP 和 MCU 引脚排列

The screenshot displays the MPLAB Xpress IDE interface. On the left, the MCC configuration for PRG1 is shown, with settings for Ramp Generator Mode (rising ramp generator), Enable PRG, Voltage input source (DAC3\_output), Slope rate (1.50 V/us), and timing sources (PWM3\_output). The central code editor shows the main.c file with a highlighted initialization loop: `while (!PRG1_IsReady()); PRG1_StartRampGeneration();`. On the right, the Pin Manager shows the package view for PIC16F1779 with pins RA0 through RD2 and their functions. At the bottom, the Pin Manager Grid View table shows the connection of various modules to the MCU pins.

Module	Function	Direction	Port A					Port B					Port C					Port D					Port E							
			0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	
CMP1	C1IN0+	input																												
	C1IN1+	input																												
	C1INx-	input																												
DAC3	C1OUT	output																												
	DAC3OUT1	output																												
	DAC3OUT2	output																												
	DAC3REF0-	input																												
OPA1	VREF+	input																												
	OPA1IN0+	input																												
	OPA1IN0-	input																												
	OPA1IN1+	input																												
OPA1	OPA1IN1-	input																												
	OPA1OUT	output																												



### 3. 结果

使用示波器和 5V 电压源获得以下结果。测量点如图 2-1 中所示。

第一个测量信号为比较器 1 输出，可以看出输入电压变化对 SMPS PWM 占空比的影响。请注意，比较器的上升事件将触发 SMPS PWM (COG) 中的下降事件。

第二个测量信号为比较器反相输入，该输入表示 VMC 控制中的反馈误差信号，在这种情况下，调节电压来自电位器。该信号保持恒定以模拟反馈环路的延迟输出响应。

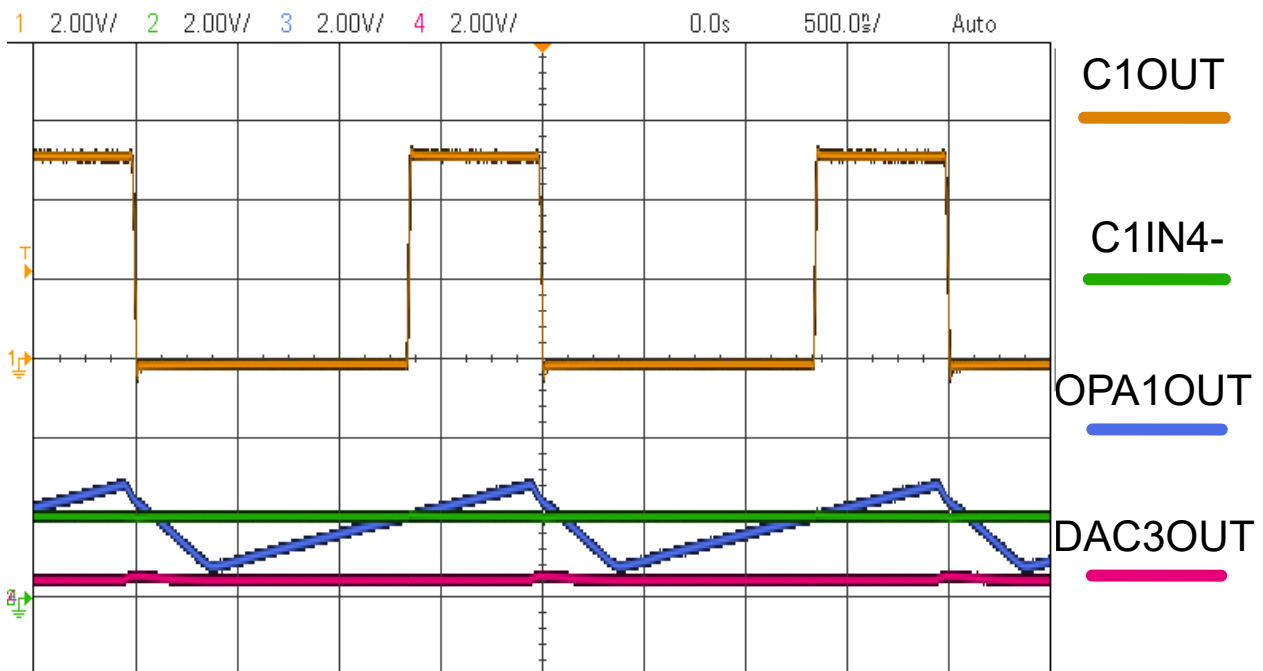
第三个测量信号为运算放大器输出，该输出表示 PRG 输出和比较器同相输入。该信号有助于看清比较器同相和反相输入之间的比较情况，并显示了当输入电压变化时 PRG 的起始值如何变化。

第四个测量信号为 DAC 输出，该输出表示 SMPS 的输入电压以及第二个电位计的输出（在这种情况下）。DAC 输出为 PRG 的输入电压，因此很容易注意到 PRG 输出信号如何跟随 DAC 输出信号。

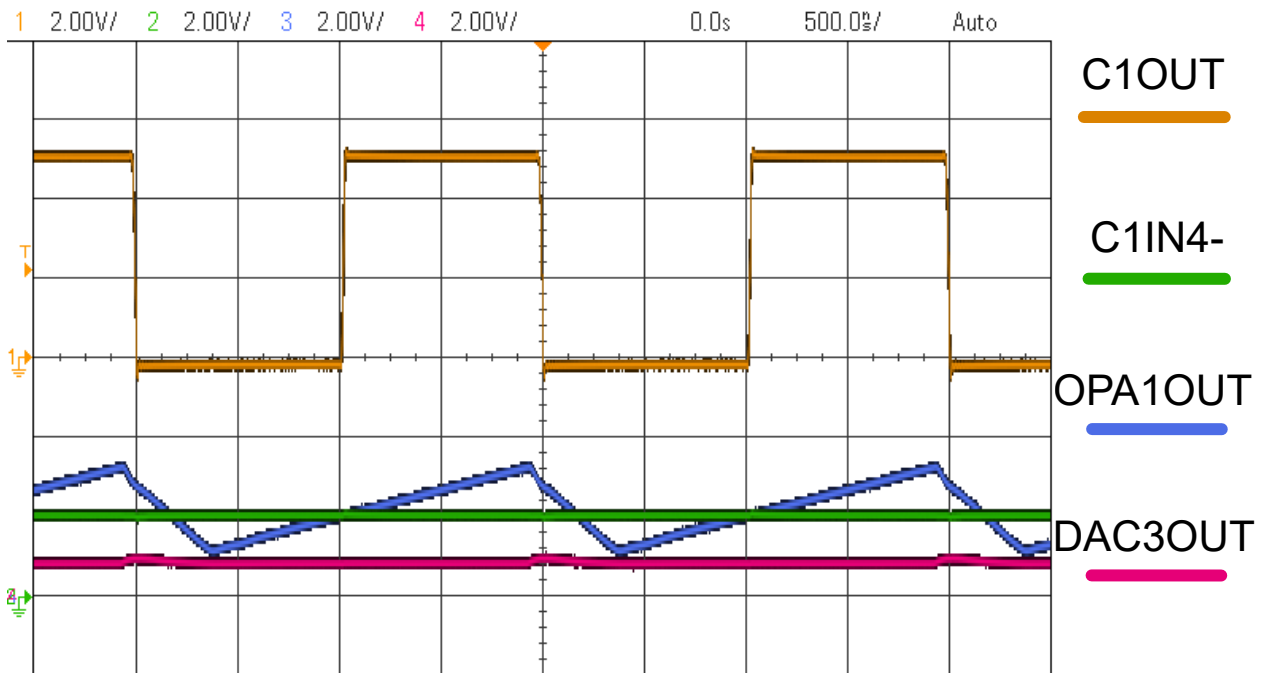
为了测试输入电压变化对前馈功能的影响，将连接到 DAC3REF 的电位器从最小值改为最大期望值，从而模拟输入变化。

之前讨论的信号如图 3-1 中所示。当输入电压为最小值时，观察比较器的上升事件如何造成启动延迟，这意味着 SMPS PWM 上具有高占空比。

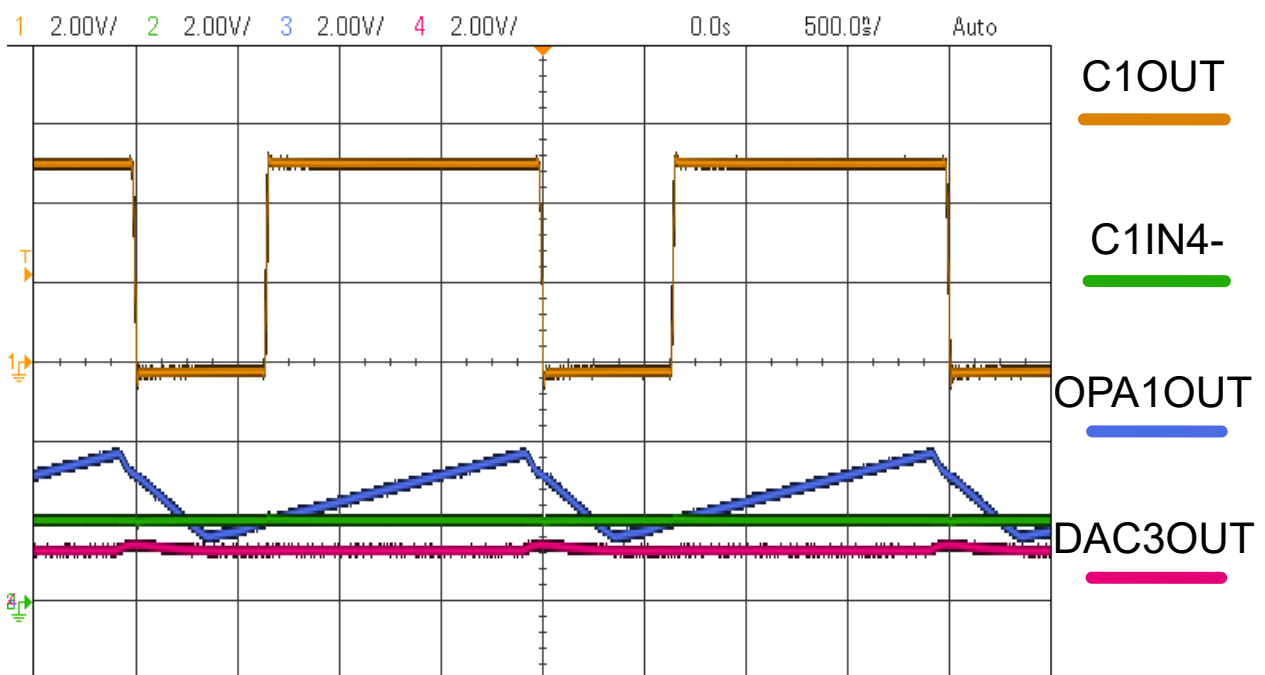
图 3-1. 当  $V_{IN}$  接近其最小值时的比较器输出



当输入电压为中值时的信号如图 3-2 中所示。观察比较器的上升事件如何比之前更早启动，这意味着 SMPS PWM 上具有中等占空比。占空比在反馈信号 (C1IN-) 未变化的情况下发生变化，此时意味着前馈适配。

图 3-2. 当  $V_{IN}$  为中值时的比较器输出

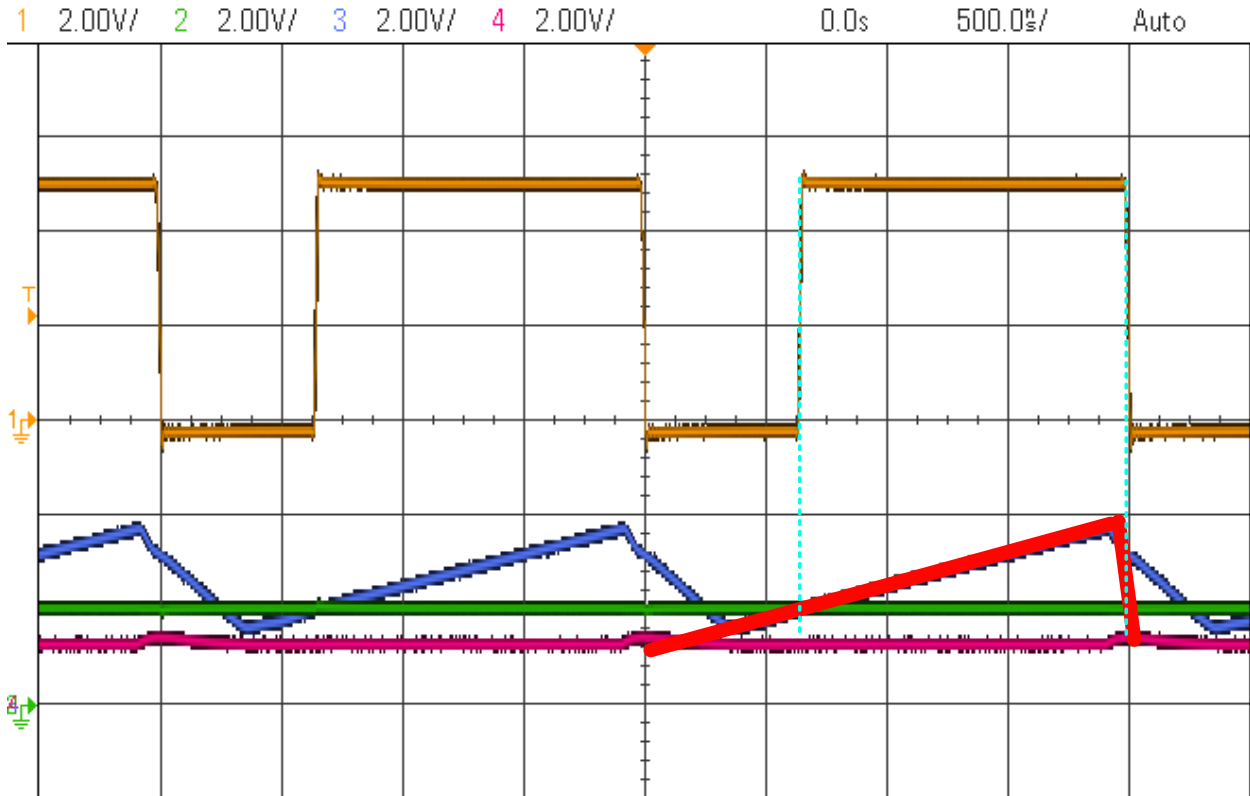
当输入电压为最大值时的信号如图 3-3 中所示。观察比较器的上升事件如何甚至比之前更早启动，这意味着 SMPS PWM 上具有较小的占空比。占空比在反馈信号（C1IN-）未变化的情况下发生变化，此时意味着前馈适配。

图 3-3. 当  $V_{IN}$  接近最大值时的比较器输出

为了解决测量带宽限制问题：

PRG 没有与 I/O 引脚直接在内部连接，因此运算放大器可用作单位增益以便查看信号，但是在测量过程中可看到内部信号带宽限制。图 3-4 中可看到，实际 PRG 信号叠加在 OPA1OUT 测量信号上，同时输入 PRG 和 FB 信号时也可在比较器结果中注意这一点。

图 3-4. 内部带宽限制



---

---

## 4. 结论

本文介绍了一款解决方案，并借助该解决方案说明如何在 SMPS 应用中使用 PIC16F176X/7X 实现 VMC 的前馈功能。

PIC16F1 系列中的 PRG 外设不能依赖于外部信号实现斜率变化，因此新的前馈方法是保持斜坡斜率不变，但改变锯齿信号的起始点和输入电压。采用这种方法能够获得与改变 SMPS PWM 占空比相同的结果，与输入电压变化成反比，无需等待反馈信号反应。

将该方法应用于 VMC 可以针对输入电压变化更快地响应控制系统。

---

## Microchip 网站

---

Microchip 网站 ([www.microchip.com/](http://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](http://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](http://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 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，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。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伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，否则在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中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、PacTime、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、Libero、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:

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