

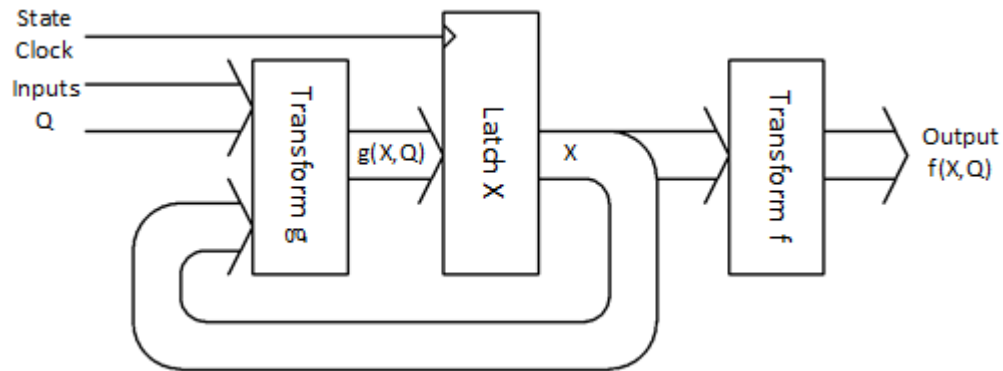
使用独立于内核的外设（CIP）构建硬件状态机

简介

作者：Keith Curtis, Microchip Technology Inc.

状态机是逻辑单元、存储器单元和反馈的组合。状态机的输入与状态机的当前状态组合在一起，确定下一个状态。当出现状态时钟时，下一个状态成为当前状态，状态机的输出由当前状态决定。通用框图请参见图 1。

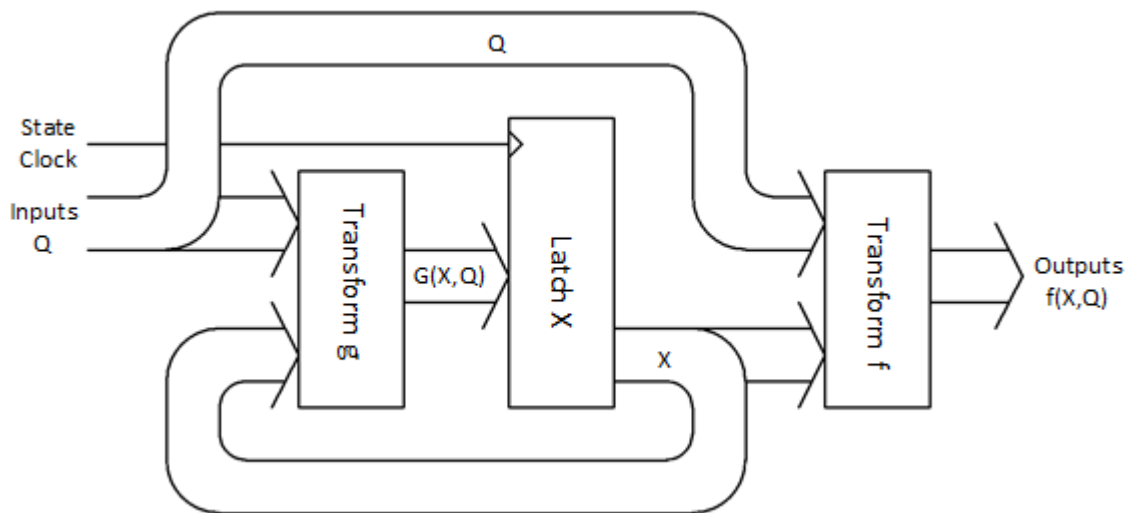
图 1. 通用状态机框图



在框图中，输入 Q 与锁存器 X 的当前输出组合。其结果 $g(X,Q)$ 为下一个状态，并锁存在系统时钟的有效边沿。锁存器 X 的输出也可以经过其他逻辑（变换 f ）来生成输出。这种配置通常称为 Moore 型状态机。

另一种配置是利用输入到输出（不经锁存器同步）的前馈。通用框图请参见图 2。

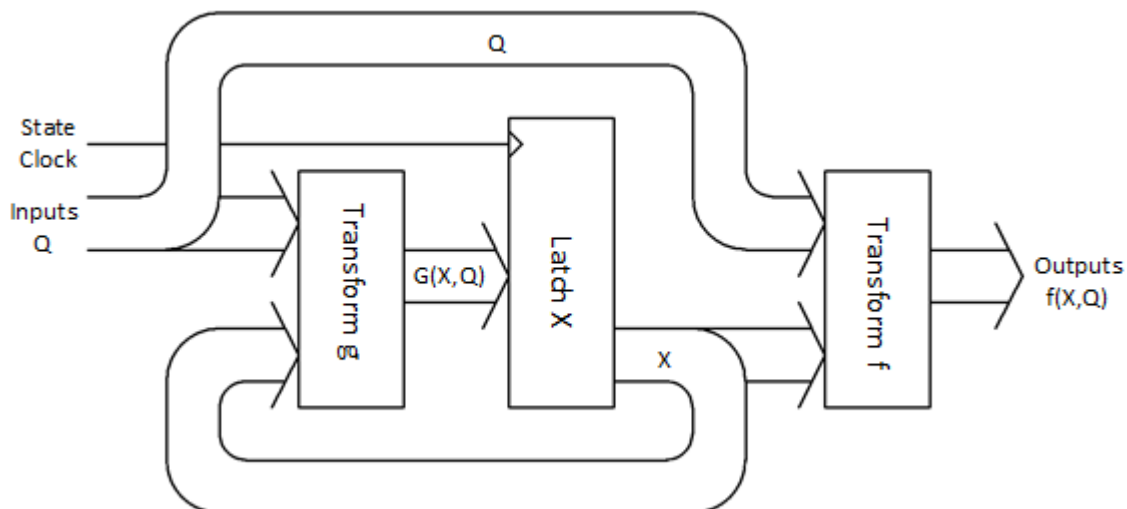
图 2. 通用状态机框图



在此框图中，输入 Q 与锁存器 X 的当前输出组合。其结果 $G(X,Q)$ 为下一个状态，并锁存在系统时钟的有效边沿。锁存器 X 的输出也可以经过其他逻辑（变换 f ）来生成输出。这种配置通常称为 Moore 型状态机。

另一种配置是利用输入到输出（不经锁存器同步）的前馈。其通用框图请参见图 3。

图 3. 带前馈的通用状态机框图



在此框图中，各单元与 Moore 型设计相同，只是增加了从输入到输出的前馈路径。这种配置通常称为 Mealy 型状态机。

通常，因为单个状态可以通过前馈路径提供多个不同的输出，所以 Mealy 型状态机的状态少于 Moore 型设计。通常认为 Moore 型设计更安全，因为其输出与状态时钟同步，从而减少了状态机输出上出现逻辑条件竞争的可能。但是，Mealy 型状态机对输入变化的响应比 Moore 型状态机更快。

目录

简介.....	1
1. 概述.....	4
2. Moore 型状态机（无输入变换 G）.....	5
3. Moore 型状态机（带输入变换 G）.....	7
4. 使用 CLC 和端口的 Moore 型状态机设计.....	9
5. 使用定时器外设作为状态机.....	11
5.1. 使用 TMR2 和 CCP 的状态机.....	11
5.2. 使用 TMR1、CCP 和 CLC 的状态机.....	11
5.3. 使用水平同步时序的状态机.....	13
6. 结论.....	15
Microchip 网站.....	16
产品变更通知服务.....	16
客户支持.....	16
Microchip 器件代码保护功能.....	16
法律声明.....	16
商标.....	17
质量管理体系.....	17
全球销售及服务网点.....	18

1. 概述

本应用笔记将探讨几种使用 DMA 的可行设计，这些设计将采用上述任一配置来实现。

DMA 外设是一个以字节为单位传输数据的外设，可以通过软件或选定的硬件事件来触发。此应用使用 DMA 将数据从一个寄存器传输到另一个寄存器，其作用如下：

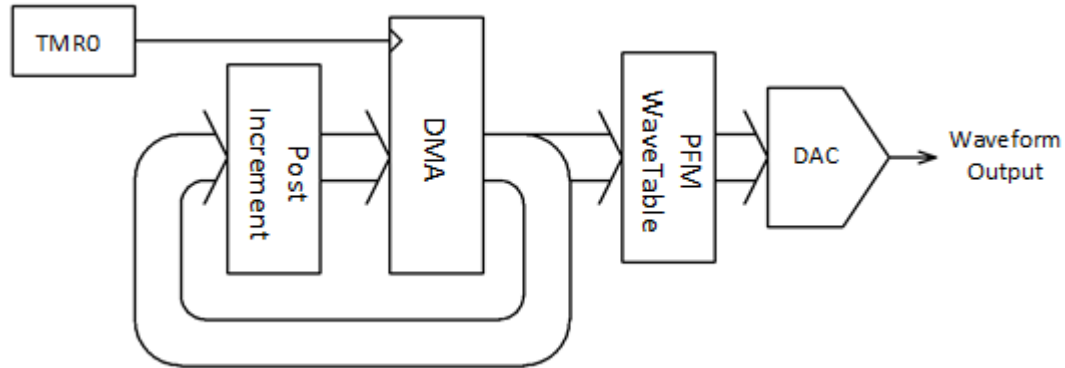
1. 状态机的锁存器单元，将锁存输入变换 G 发送的数据，并传输至输出变换 F。
2. 通用传输机制，用于将状态数据从锁存器的输出移至变换 G 的输入。
3. 通用传输机制，用于将状态数据从锁存器的输出移至输出变换 F。
4. 通用传输机制，可以即时重新配置状态机。

虽然 DMA 是本应用笔记的重点，但本笔记将不会深入探讨 DMA 的配置。有关 DMA 配置的更多信息，请参见“*Configuring the DMA Peripheral*”技术简介（DS90003242）。

2. Moore 型状态机（无输入变换 G）

以下是一个简单的任意波形发生器，我们用它来演示简单的 Moore 型配置。波形的波表按顺序存储在可编程闪存（Programmable Flash Memory, PFM）中，输出是数模转换器（Digital-to-Analog Converter, DAC）外设的数据寄存器。Timer0 提供周期性状态时钟，在每个上升沿触发 DMA 外设将数据从 PFM 复制到 DAC。请参见下面的图 2-1。

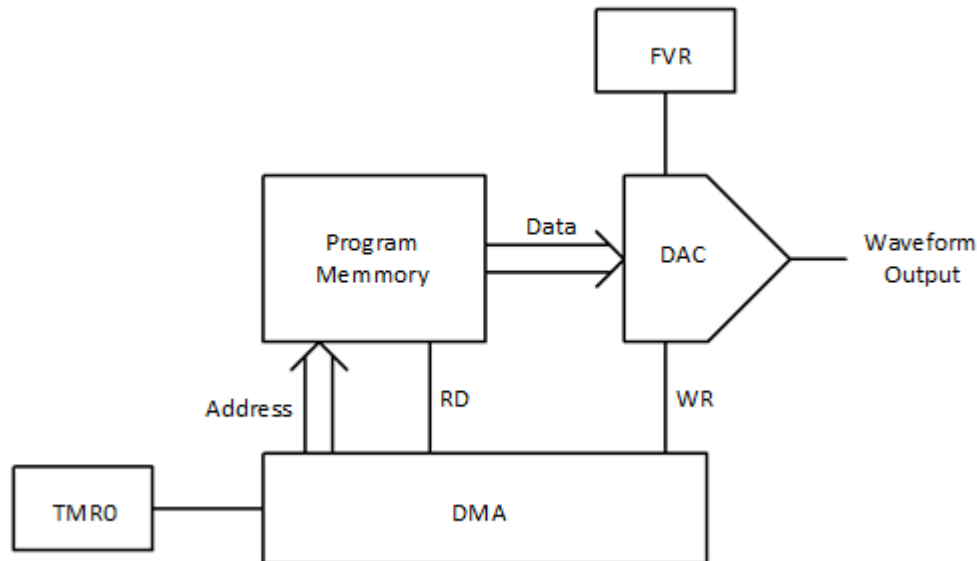
图 2-1. 波形发生器框图



在本示例中：

1. TMR0 配置为状态时钟。
2. 波形值表存储在 PFM 中。
3. 使用一个 5 位 DAC 作为状态机输出，FVR 作为 DAC 的参考电压。
4. 配置 DMA，使其通过后递增和计数寄存器从 PFM 中读取 64 个 1 字节的值，该值等于 PFM 表的大小。
5. 进一步配置 DMA，使用固定地址模式将 1 字节值写入 DAC 寄存器。
6. 将 DMA 配置为连续工作模式，使用 TMR0 作为触发器。

图 2-2. 波形发生器的 CIP 连接框图



在图 2-2 中，Timer0 通过触发 DMA 事务提供状态时钟。该事务根据其当前源地址从 PFM 加载一个值，然后将该值写入 DAC 的数据寄存器。传输完成后，DMA 将递增源地址寄存器，如果达到表大小的最大值，则重载地址寄存器。由于 DMA 配置为连续模式，因此来自 Timer0 的状态时钟每发生一次跳变，此事务周期就重复一次，直到 DMA 或 TMR0 被禁止。

尽管这种设计未使用状态机的外部输入（变换 G），而且反馈是对 DMA 外设的内部反馈（地址递增），但仍能满足 Moore 型状态机的基本要求。DMA 的源地址寄存器用作状态机的锁存器 X，DMA 的后递增功能是从锁存器输出到输入的反馈，提供一个连续的源地址范围。DMA 事务还将 PFM 地址转换为输出值，用于 DAC 转换。

3. Moore 型状态机（带输入变换 G）

在前述设计基础上进行微小改动即可实现 LED 显示驱动器。在本示例中，源存储器是 GPR 存储器，输出是两个相邻的并行端口，用于驱动段驱动器和数字驱动器。在运行过程中，DMA 将加载两个值，一个是段驱动值，一个是数字使能值。请参见表 3-1。这些值由 DMA 传输至端口，为 7 段显示器中的一段产生适当的驱动。

表 3-1. GPR 存储器中的数据存储

地址	数据
0x00	数字 1
0x01	0b00000001
0x02	数字 2
0x03	0b00000010
0x04	数字 3
0x05	0b00000100
0x06	数字 4
0x07	0b00001000

由于源存储器是 GPR 存储器，它允许系统代码在状态机运行时即时更改，因此，加载到 GPR 存储器中的所有值都会自动显示在 7 段显示器上。框图请参见图 3-1，CIP 连接请参见图 3-2。

图 3-1. LED 显示驱动器框图

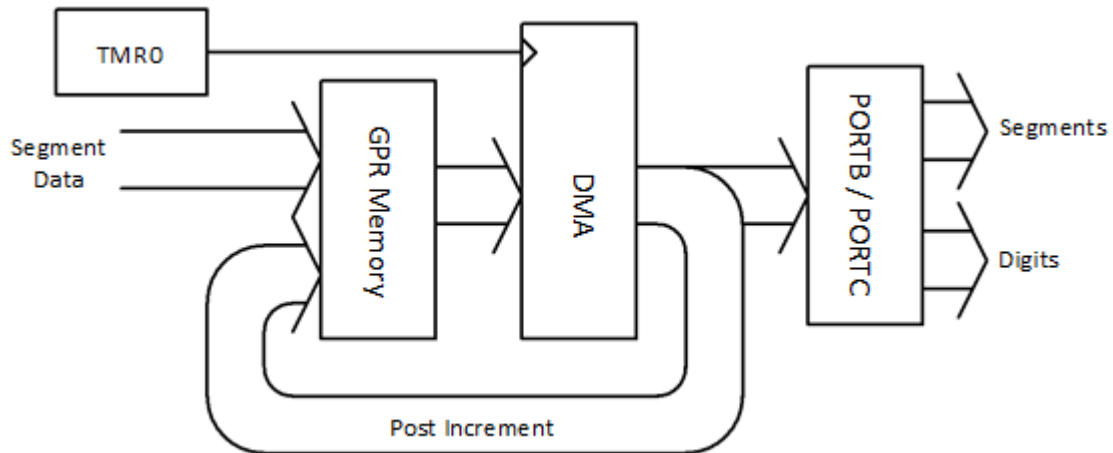
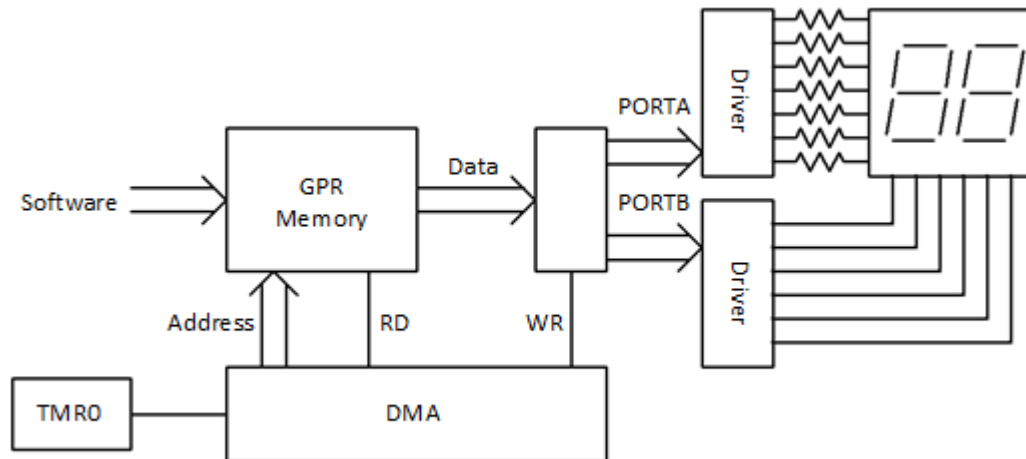


图 3-2. LED 驱动器的 CIP 连接



在图 3-2 中，Timer0 通过触发 DMA 事务提供状态时钟。事务根据其当前源地址从 GPR 存储器加载段值和数字值，然后将这些值写入 PORTB 和 PORTC。每传输完一个字节后，DMA 将递增源地址，如果达到表大小的最大值，则重载寄存器。一旦将值加载到端口中，驱动程序就会缓冲信号并驱动各个显示器。由于 DMA 配置为连续模式，因此来自 Timer0 的每一次状态时钟跳变都会重复此周期，直到 DMA 或 TMR0 被禁止为止。

在此设计中，状态机的输入通过软件更新显示数据的方式进行处理，反馈则是对 DMA 外设的内部反馈（自动递增）。两个系统共同提供了 Moore 型状态机的基本要求。DMA 的源地址寄存器作为状态机锁存器。DMA 的后递增功能是锁存器输出到输入的反馈，提供一个连续的地址输出。GPR 数据与 DMA 操作相结合，将地址转换为显示器的段驱动器和数字驱动器的数据值。

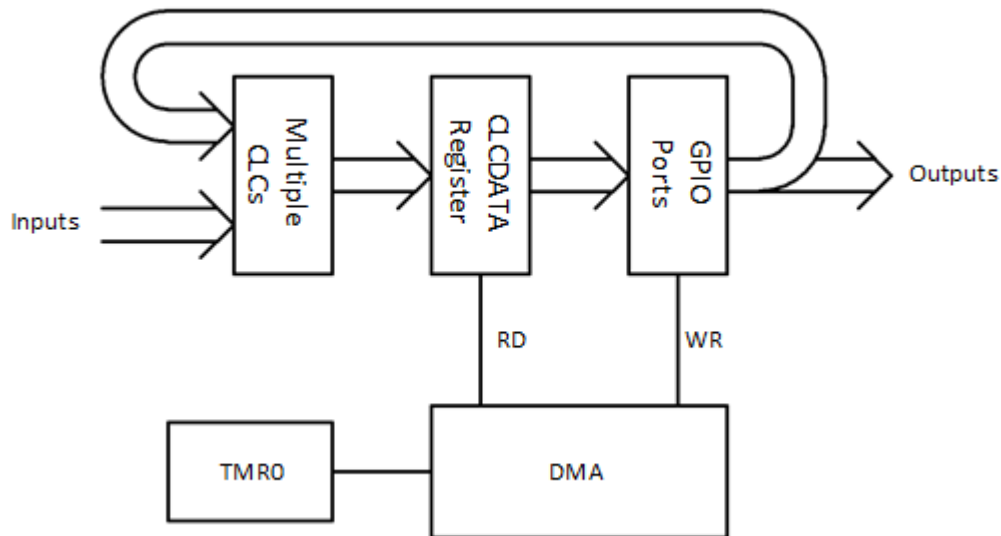
在前述两个示例中，DMA 外设均用作锁存器、反馈的一部分以及将数据从存储器移到输出外设的传输机制。锁存器由 DMA 源地址指针（DMAxSPTR）实现。反馈机制则是在 DMAxSPTR 中自动递增，并在 DMAxSCNT 寄存器中重载倒计时。传输机制同时也是 DMA 事务，它将 DMAxSPTR 指向的数据从存储器传输到 DAC/端口外设。

4. 使用 CLC 和端口的 Moore 型状态机设计

应用笔记 AN2912 介绍了如何通过组合多个 CLC 外设来创建硬件状态机。其中一组 CLC 用作状态机锁存器，而其他 CLC 则执行系统变换。虽然这种方法确实可行，但由于 CLC 数量有限，无法创建复杂的状态机。

如果不需要将 CLC 用作锁存器功能，就可以创建一个更大、更复杂的状态机。实现此目标的一个方法是利用 DMA 功能和 GPIO PORT 寄存器的组合来代替锁存器功能。请参见图 4-1。

图 4-1. CLC、DMA 和 PORT Moore 型状态机框图



在该设计中，CLC 外设通过 GPIO 端口和其他系统输入中获取输入，以利用 CLC 外设的布尔函数构成一个输入变换函数。然后由 DMA 锁存 CLC 输出，并将 CLC 输出传输至 GPIO 端口。

注： CLC 输出通过 CLCDATA 寄存器以单字节形式提供。

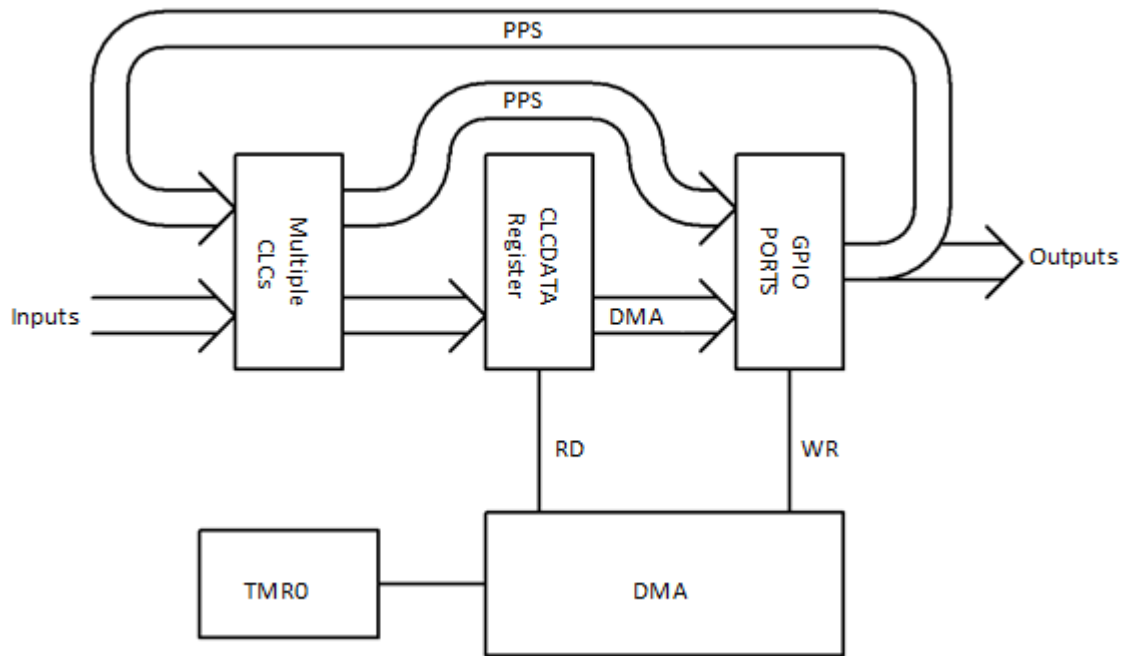
利用 TMR0 的翻转输出触发 DMA，从 CLCDATA 寄存器复制 CLC 输出，然后存储到 GPIO 端口。利用 PPS 功能将各个端口引脚连接至 CLC 输入。这样就构成了一个带有输出到输入反馈的完整锁存器。

注： 不需要将端口的全部 8 个位都用于状态机。只有那些在 PPS 中配置为显示 LAT 数据的端口位才会受到 DMA 写入的影响。任何配置为输出其他 CIP 功能的位将继续输出其选定功能。

如果单片机包含未使用的 CLC 外设，可以利用这些外设构成一个输出变换函数 f 。这些 CLC 将从 GPIO 端口获取输入，执行布尔变换，然后通过 PPS 将其输出提供给其他 CIP 功能、不同的 GPIO 端口或未使用的 GPIO 端口位。

事实上，如果输出 CLC 还接受来自状态输出（GPIO 端口）以外的输入，那么输出变换将包括异步输入，该设计就成为了 Mealy 型状态机。请参见图 4-2。

图 4-2. CLC、DMA 和 PORT Mealy 型状态机框图



5. 使用定时器外设作为状态机

如果状态机设计只需要最少数量的活动状态，且状态转换之间的延迟较长，则可以将定时器用作状态机锁存器。这种设计的优势是锁存器拥有更多位数，并且状态值自动递增。

为了提供反馈，可通过 CCP 和 PWM 外设访问定时器的输出。

1. 如果使用 Timer2，则可以使用 CCP 的 PWM 逻辑对特定状态进行解码。
2. 如果使用 Timer1，则可以通过 CCP 中的输出比较功能来完成解码。
3. 如果使用新的 16 位 PWM，则可以使用左对齐、居中对齐、右对齐和变量对齐，从而提供更多解码特定定时器值的方式。

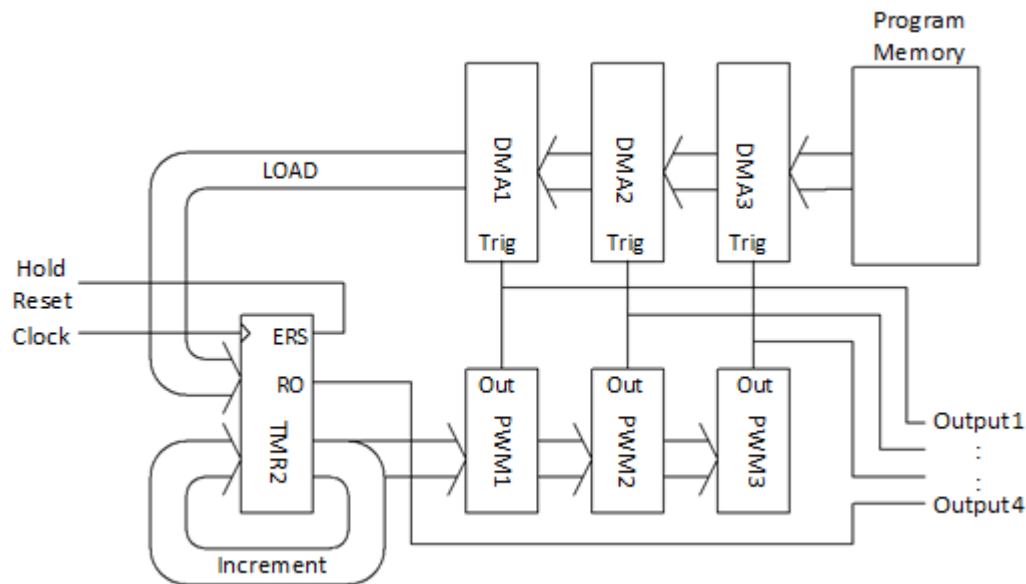
然后，CCP/PWM 的解码输出可用于生成输出，触发 DMA 更改定时器中的状态值或重新配置定时器。请参见图 5-1。

5.1 使用 TMR2 和 CCP 的状态机

图 5-1 中的状态机是基于 TMR2 和三个 CCP 外设中 PWM 部分。输入包括状态机时钟和定时器的保持/复位输入。定时器的输出馈入 CCP1、CCP2 和 CCP3，然后将每个 PWM 输出路由到 DMA 模块的触发器。当定时器输出等于 PWM 的占空比设置时，会触发相关的 DMA，并将定时器设置为存储在程序存储器中的常数。每个 PWM 输出还兼用作状态机的输出和定时器的翻转输出。

这种配置可创建一个“无输入变换的 Moore 型状态机”，例如上述第一个示例。不同的是，这个状态机能够在状态变化之间产生可编程的延迟，该延迟较长且可变（可通过软件控制）。要改变延迟，只需使用软件重新编程相应的 CCP PWM 外设的占空比寄存器。此外，还可以通过 CIP 信号对保持/复位输入进行一定的控制。

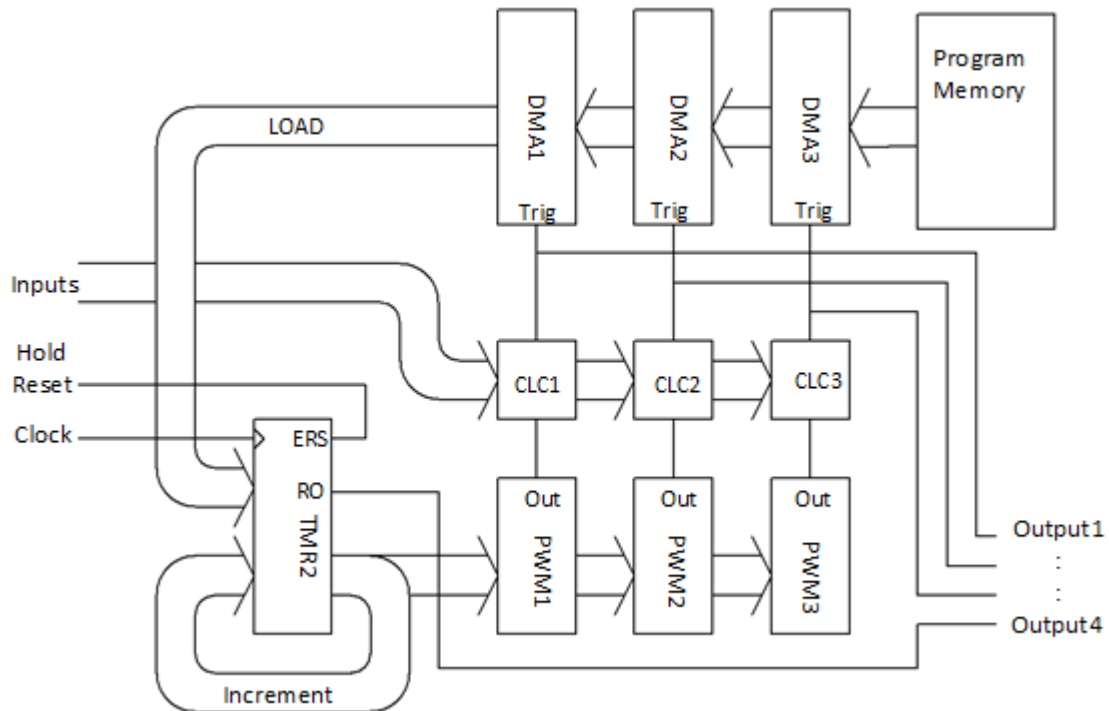
图 5-1. 使用 TMR2 和 CCP 的状态机



5.2 使用 TMR1、CCP 和 CLC 的状态机

图 5-2 显示了图 5-1 的修改版本，该版本在解码的 PWM 输出和 DMA 触发之间使用 CLC 外设。CLC 模块的用途是允许系统的外部输入根据状态机的输入组合或使能/禁止反馈。CLC 组合逻辑还可以组合不同的 PWM 信号，以产生更复杂的状态机输出。

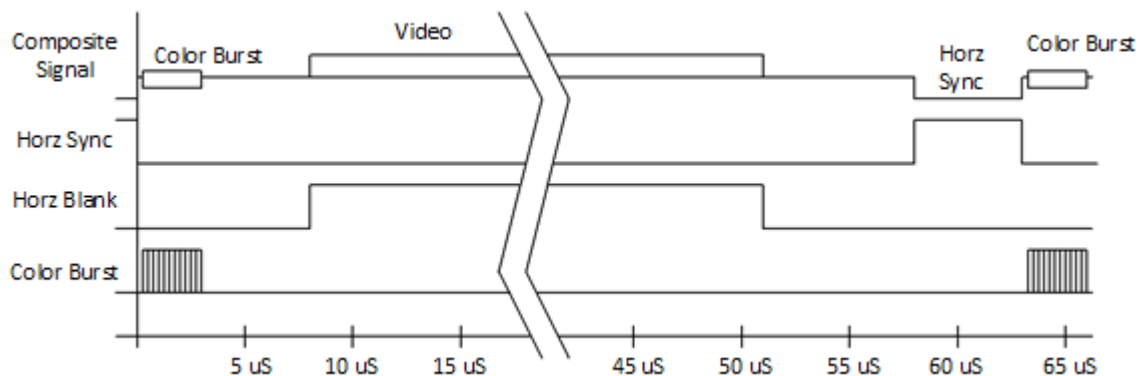
图 5-2. 使用 TMR1、CCP 和 CLC 的状态机



这种状态机也可以实现 Mealy 版本，方法是使用额外的 CLC 将异步输入与 PWM 输出相结合，从而产生状态机输出。

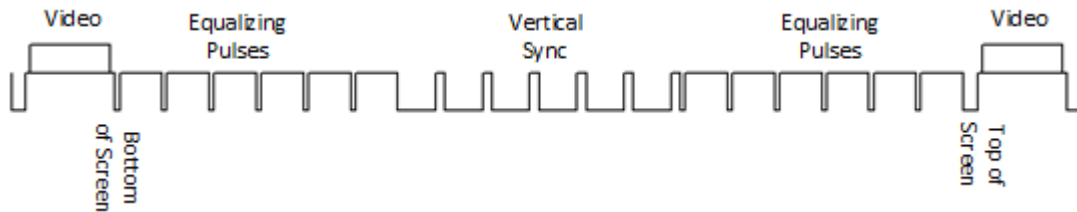
例如，假设有一个用于电视信号的 NTSC 水平同步时序发生器。视频脉冲链的时长为 $63\ \mu\text{s}$ ，其中包括 $43\ \mu\text{s}$ 视频、 $10\ \mu\text{s}$ 消隐和 $10\ \mu\text{s}$ 水平同步脉冲。水平脉冲包括 $2\ \mu\text{s}$ 前沿、 $5\ \mu\text{s}$ 脉冲和 $3\ \mu\text{s}$ 后沿（其中具有 $2.5\ \mu\text{s}$ 的 $3.579545\ \text{MHz}$ 色同步信号）。时序信号图请参见图 5-3。

图 5-3. 水平视频信号示例



在信号的垂直同步部分， $63\ \mu\text{s}$ 脉冲链替换为 $31.5\ \mu\text{s}$ 脉冲链，其中先是 $2.3\ \mu\text{s}$ 的脉冲（前 6 个均衡脉冲），接着是 $27.1\ \mu\text{s}$ 的垂直同步脉冲（6 个），然后又是 6 个均衡脉冲（同样为 $2.3\ \mu\text{s}$ ），之后返回到正常的 $63\ \mu\text{s}$ 脉冲链。有关垂直时序的示例，请参见图 5-4。

图 5-4. 垂直同步脉冲

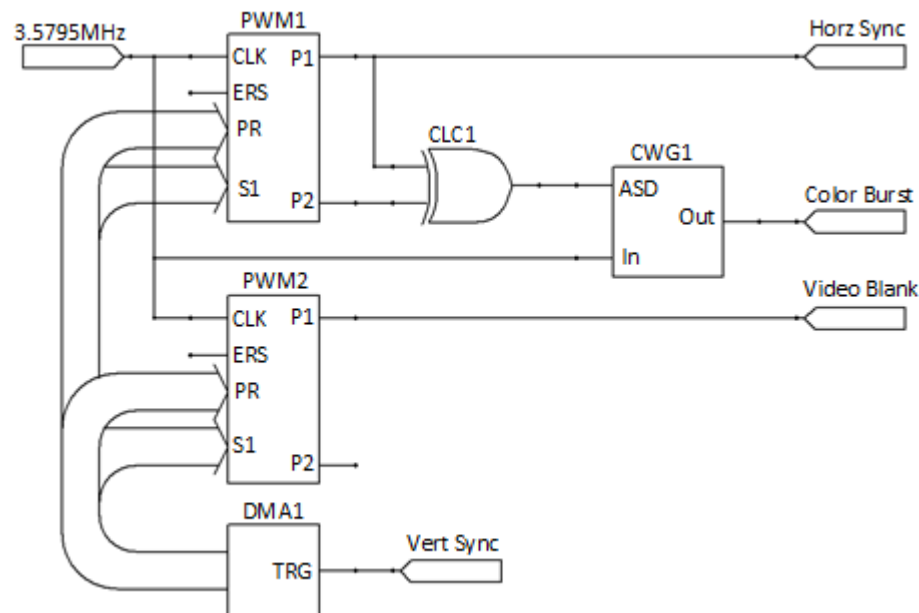


注：本例将只生成水平时序，不会生成垂直时序。但它确实会接受来自垂直时序的输入，从而改变信号垂直同步部分的水平时序。该设计同样只实现非隔行扫描信号，而不会实现完整的隔行扫描时序信号。

5.3 使用水平同步时序的状态机

以下示例将新的 16 位 PWM 模块与 CLC 和 DMA 外设结合使用，以此实现水平同步时序状态机。图 5-5 显示了组合式 CIP 外设的框图。

图 5-5. 水平同步时序系统的 CIP 框图



在本示例中：

1. PWM1 配置为双输出，左对齐 PWM 输出的周期为 63 μ S。
2. PWM1 的 P1 配置为产生 5 μ S 水平同步脉冲。
3. PWM1 的 P2 配置为产生 8 μ S 门控信号，用于色同步信号。
4. CLC1 的 XOR 将这两个信号组合在一起，产生跟随水平同步脉冲的 3 μ S 门控脉冲。
5. CWG 的输入是用于色同步信号的 3.5795 MHz 原始时钟。
6. 3 μ S 门控脉冲驱动 CWG 的自动关闭输入，用于对色同步信号进行门控。
7. PWM2 配置为变量对齐。这可以为 PWM 提供可变的启动和停止时间。该输出提供视频空白信号。
8. DMA1 配置为从程序存储器中的表为两个 PWM 加载周期和相位寄存器，该操作由垂直时序链和 PWM1 的定时器翻转触发。

在正常的水平视频信号工作期间，两个 PWM 的周期均设置为 63 μ S。PWM1 产生 5 μ S 水平同步信号和 8 μ S 门控信号。它们一起在水平同步脉冲之后立即产生用于控制色同步的 3 μ S 门控脉冲。PWM2 产生消隐信号，在水平同步脉冲前提供 7 μ S 的消隐，在该脉冲后提供 8 μ S 的消隐。

垂直同步系统在页面底部触发 DMA 传输：

1. 重新配置水平状态机，产生 2.3 μS 的均衡同步脉冲（6 个脉冲），周期为 31.5 μS 。消隐 PWM 也配置为 100%，以防止无意中生成视频。
2. 在 6 个均衡脉冲之后，DMA 重新配置状态机，产生 27.1 μS 的同步脉冲（6 个垂直同步脉冲），周期为 31.5 μS 。消隐 PWM 保持在 100%。
3. 在垂直同步脉冲之后，DMA 重新配置状态机，产生 2.3 μS 的同步脉冲（另外 6 个均衡脉冲），周期为 31.5 μS 。消隐 PWM 保持在 100%。
4. 最后，该系统重新配置状态机，以产生最初的水平时序和消隐，从而在屏幕顶部重新启动视频。

注： 为了通过 DMA 完成重新配置，本设计使用了特殊功能寄存器映射中的相邻 PWM 镜像寄存器（地址= 4020h）。由于周期和相位寄存器均已重新映射到相邻的存储单元，因此该寄存器映射使用非常方便。更多信息，请参见“PIC18F27/47/57Q43 Data Sheet”（DS40002147）中的“特殊功能寄存器映射”图。

注： 在本设计中，单片机时钟采用了一个 14.31818 MHz（3.5795 x 4）的外部晶振。

在本示例中，状态机锁存器是两个 PWM 外设的基本定时器。状态时钟是为 PWM 时钟输入提供的 3.5795 MHz 时钟。内部计数器递增功能提供反馈，PWM 逻辑在与外部 CLC 和 CWG 外设结合后提供输出变换 f。状态机的输入由 DMA 外设提供，该 DMA 外设会重新配置两个 PWM，以响应来自垂直时序状态机和水平同步 PWM 的控制信号。

注： 由于 PWM1 和 PWM2 使用不同的内部定时器工作，因此必须同时使能两个 PWM 外设。这可以通过使用 PWMEN 寄存器来实现，该寄存器为三个 PWM 模块提供镜像使能位。两个 PWM 外设均进行了配置，然后在寄存器中设置相应的位一起使能。

6. 结论

本文档介绍了各种不同的硬件状态机设计：

1. 使用 DMA 外设从程序存储器中提取顺序状态数据，以此创建一个顺序控制状态机。这种方法使用 DMA 外设中的计数器寄存器作为状态锁存器。
2. 使用 DMA 外设从数据存储器中提取顺序状态数据，以此创建一个带有软件控制输入的顺序控制状态机。这种方法同样使用 DMA 外设中的计数器寄存器作为状态锁存器。
3. 使用 DMA 外设将 CLC 外设的输出复制到一个 GPIO 端口，并将其他 CLC 输出定向连接至同一端口，以此创建一个传统的 Mealy 型硬件状态机。此设计使用 CLC 中的锁存器功能作为状态锁存器。
4. 最后一种是基于定时器 PWM 组合的 Moore 型设计，它使用 PWM 输出作为输出变换，并使用 DMA 作为输入变换，该 DMA 可即时重新配置 PWM。

虽然本文档介绍了多种配置，但并未详尽列出所有可能的配置。无论如何，设计示例的具体应用取决于设计本身的复杂性以及目标器件可提供的外设。本应用笔记中的示例是采用 PIC18F47Q43 进行设计的。

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规范。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品非常安全。
- 目前，仍存在着用恶意、甚至是非法的方法来试图破坏代码保护功能的行为。我们确信，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。这种试图破坏代码保护功能的行为极可能侵犯 Microchip 的知识产权。
- Microchip 愿与那些注重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、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

AgileSwitch、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、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、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、maxCrypto、maxView、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、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SMART-I.S.、storClad、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect 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: 978-1-5224-6782-3

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			