

## 使用 CLC 扩展 PIC<sup>®</sup> MCU 的功能

作者: *Manu Venkategowda*  
*Microchip Technology Inc.*

### 简介

可配置逻辑单元 (Configurable Logic Cell, CLC) 是一种灵活的外设, 允许为 PIC<sup>®</sup> 单片机创建片上自定义逻辑功能。这种外设允许用户指定信号组合作为逻辑功能的输入, 以及使用逻辑输出来控制其他外设和 I/O 引脚。由于 CLC 在单片机中可以独立于 CPU 运行, 因此作为嵌入式设计提供了更大的灵活性和潜力。

独立于内核的外设无需 CPU 执行代码或监控即可处理其任务, 从而维持运行。这使得 CLC 这种外设可以简化复杂控制系统的实现, 并为设计人员提供灵活性来进行创新。

### CLC 概述

CLC 是一款可由用户配置的外设, 类似于可编程逻辑器件 (Programmable Logic Device, PLD)。可以选择多种内部和外部输入作为 CLC 的输入。CLC 接收来自其他外设或来自输入引脚的输入。然后, 它会执行预期的逻辑运算, 并提供可用于控制其他外设或另一个 I/O 引脚的输出。

关于 CLC 外设的 4 个级的简要介绍如下:

- 输入选择  
CLC 可以接收多种信号, 例如内部时钟、另一个外设的输出和外设事件 (如定时器输入)。
- 信号门  
所选的输入信号源可以通过信号门级定向到所需的逻辑功能。
- 逻辑功能选择  
在 CLC 中, 数据门级的输出是逻辑功能选择级的输入。CLC 支持的逻辑功能包括与 - 或 (AND-OR)、或 - 异或 (OR-XOR)、逻辑与 (AND)、SR 锁存器和 D 触发器 (D-FF) 等。
- 输出极性选择  
输出极性级是 CLC 的最后一级。逻辑输出所需的极性是可以选择的。

请参见《dsPIC33/PIC24 系列参考手册》中的“可配置逻辑单元 (CLC)” (DS33949) 或者具体器件的数据手册, 了解有关 CLC 中可用的输入源、信号门和逻辑功能的更多信息。

### 优势

以下是一些 CLC 应用示例:

- CLC 可以作为独立外设, 用于实现顺序和组合逻辑功能, 从而加快事件触发和响应。
- 与其他外设一起使用时, CLC 有利于通过硬件实现自定义的复杂功能, 可帮助扩展该外设的功能。
- 作为一个独立于内核的外设, CLC 可以有效降低应用对 CPU 带宽的需求, 因为可以将许多简单的逻辑和事件响应任务从 CPU 转移到外设。
- 由于无需软件算法, 因此 CLC 减少了对闪存和 RAM 的需求。
- 与用软件实现的逻辑功能相比, 用硬件实现的逻辑功能具有更快的事件响应速度。
- CLC 支持更高的集成度, 无需任何外部元件, 这减小了 PCB 的尺寸。

### CLC 的应用

CLC 功能多样, 简单易用, 有助于扩展 PIC MCU 器件的功能。本文介绍的一些 CLC 应用如下:

- [应用 1: 相位检测器](#)
- [应用 2: 带有 SCCP 死区控制的互补波形发生器](#)
- [应用 3: 不进行同步的数据信号调制器 \(DSM\)](#)
- [应用 4: 多参数监控](#)
- [应用 5: NRZ 转换为 RZ 编码](#)
- [应用 6: 2x1 多路复用器](#)

## 应用 1: 相位检测器

在许多应用中，包括计量、数字电源系统、通信和医疗仪器等，测量相同频率的两个信号之间的相位角都是非常有用的。

CLC 可用于测量两个频率相同的信号之间的相位差。CLC 中的与 - 或逻辑功能可用于实现一个异或功能来测量相位差的大小，而 D 触发器逻辑功能则有助于获取信号的超前 / 滞后信息。

**注：** 除了方波，还可以测量其他类型的模拟信号（例如正弦波）之间的相位。

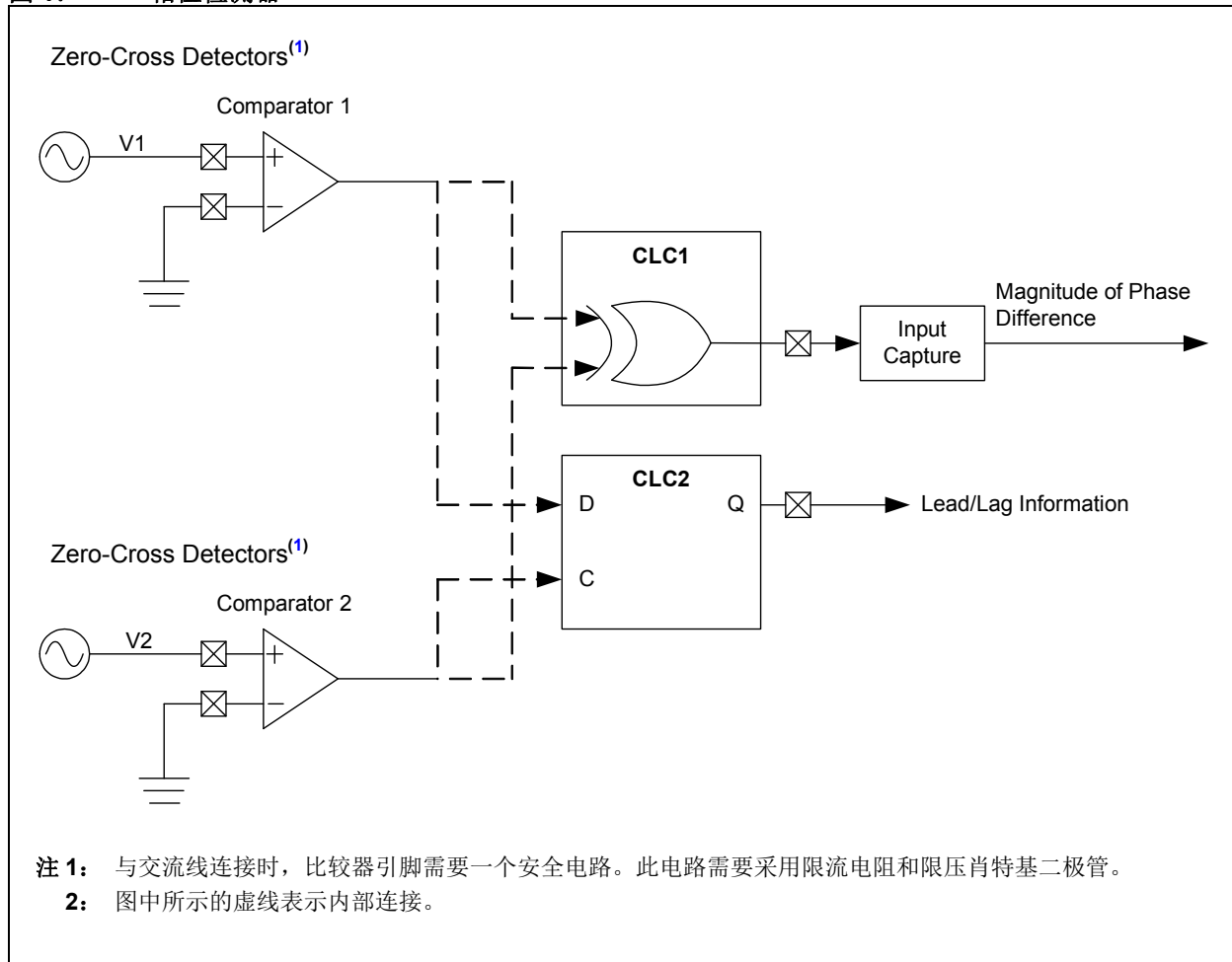
通过将比较器的输出从内部连接至 CLC，使用 CLC 实现相位检测器可以提高系统的灵活性。

图 1 显示了作为相位检测器的 CLC 的配置。

此应用需要的外设包括：

- 比较器 1 和比较器 2（作为过零检测器（Zero-Cross Detector, ZCD））
- CLC1 和 CLC2
- 输入捕捉（IC）

图 1: 相位检测器 (2)



## ZCD 用于将模拟信号转换为方波

将要测量相位差的信号源馈送到两个比较器的输入，这两个比较器被配置为 ZCD，用于将输入模拟信号转换为相同频率的方波。如果已知信号源为方波，则不需要 ZCD，信号源可以直接馈送到 CLC 输入引脚（CLCINA 和 CLCINB）。如果需要 ZCD，则生成的方波会在内部连接至 CLC 模块的输入。

## CLC1 和 IC 用于确定相位差的大小

CLC1 和 IC 用于确定相位差的大小。CLC1 配置为与-或逻辑功能，从而获得异或（XOR）功能。CLC1 的异或输出从外部连接到 IC 的信号源。异或输出的脉冲宽度给出了两个波形之间的相位差大小，由 IC 进行测量。IC 会在 CLC1 输出的每个边沿产生中断，并将其内部定时

器（ICTMR）的值存储在缓冲区中，然后缓冲区的值可通过软件读取。如果 CLC1 输出没有产生任何信号，则信号源同相。图 2 显示各种相位差情形的时序图。

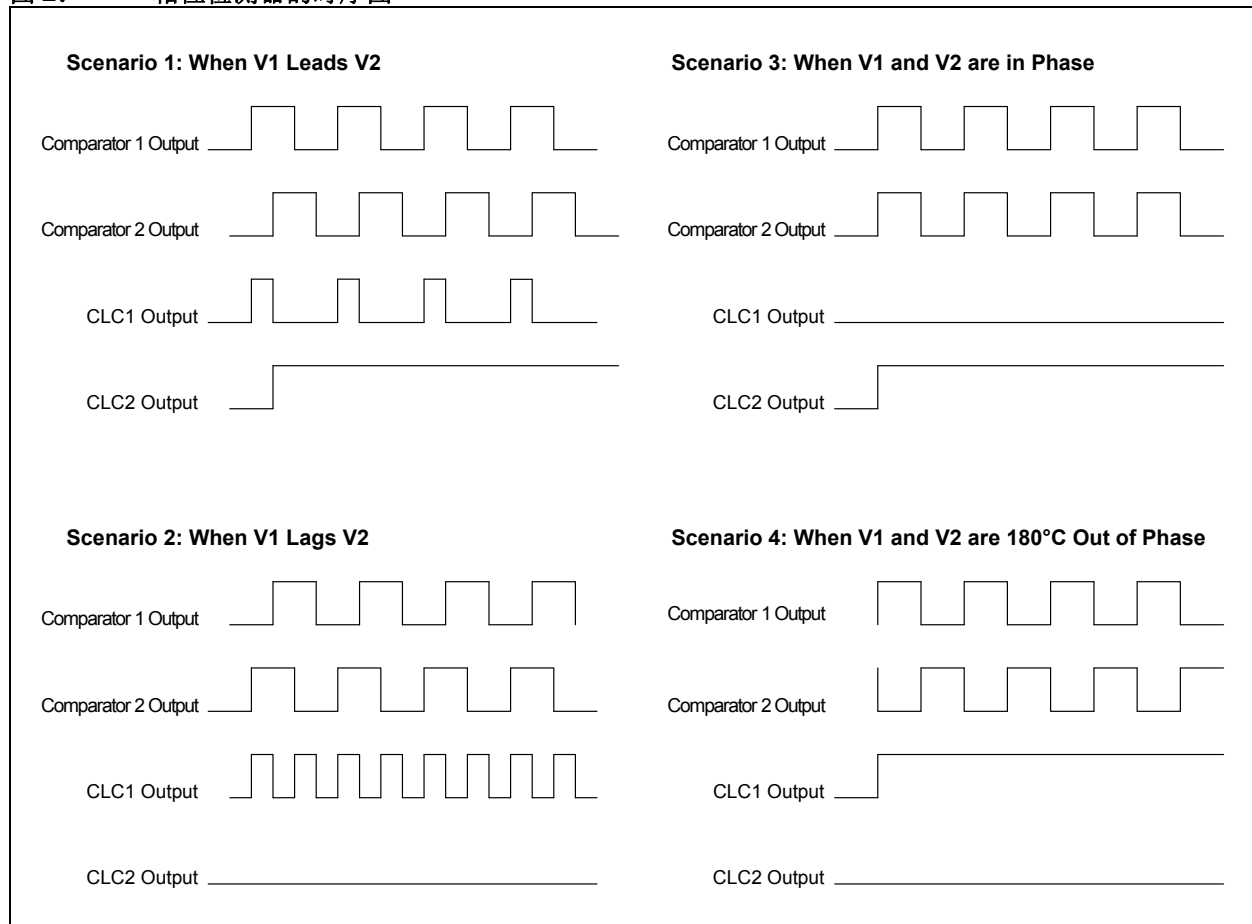
## CLC2 用于确定超前 / 滞后信息

从 ZCD 生成的方波被馈送到 CLC2，用于确定超前 / 滞后信息。

CLC2 配置为单输入 D 触发器模式；它使用两个 ZCD 输出信号，一个用作 D 触发器的 D 输入，另一个用作 D 触发器的时钟。CLC2 的输出提供相位超前 / 滞后信息，如图 2 中所示。

**注：** 使用 IC 可以测量的最大和最小频率取决于相对于输入信号频率的处理速度。请参见器件数据手册，了解关于使用 IC 可以测量的最大 / 最小信号频率的更多信息。

图 2: 相位检测器的时序图



# AN2133

## 应用示例

我们将在以下部分讨论使用 CLC 的相位检测器应用。

### 应用示例 1：距离测量

相位检测器可用于测量距离。向目标发射连续射频波。到目标的距离与发射波和接收波之间的相移成正比。发射波和接收波用作 CLC 的输入，而 CLC 输出端的两个信号的相位差则可用于计算源和目标之间的距离。图 3 显示 CLC 在距离测量中的使用，图 4 显示发射波和反射波。距离作为相移的函数，通过公式 1 计算得出：

### 公式 1：

$$d = \frac{\phi\lambda}{4\pi} = \frac{\phi c}{4\pi f}$$

其中：

$d$  = 未知对象的距离

$\phi$  = 发射波和反射波之间的相位差

$\lambda$  = 发射波的波长

$f$  = 发射波的频率

$c$  = 发射波的速度

图 3：基于相位差计算的距离测量

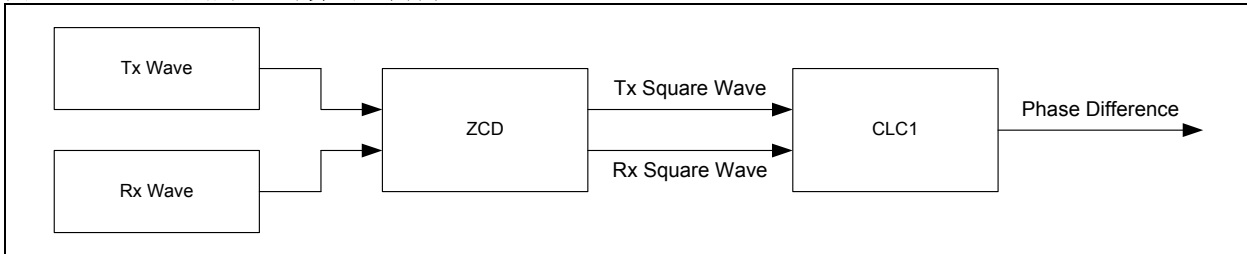
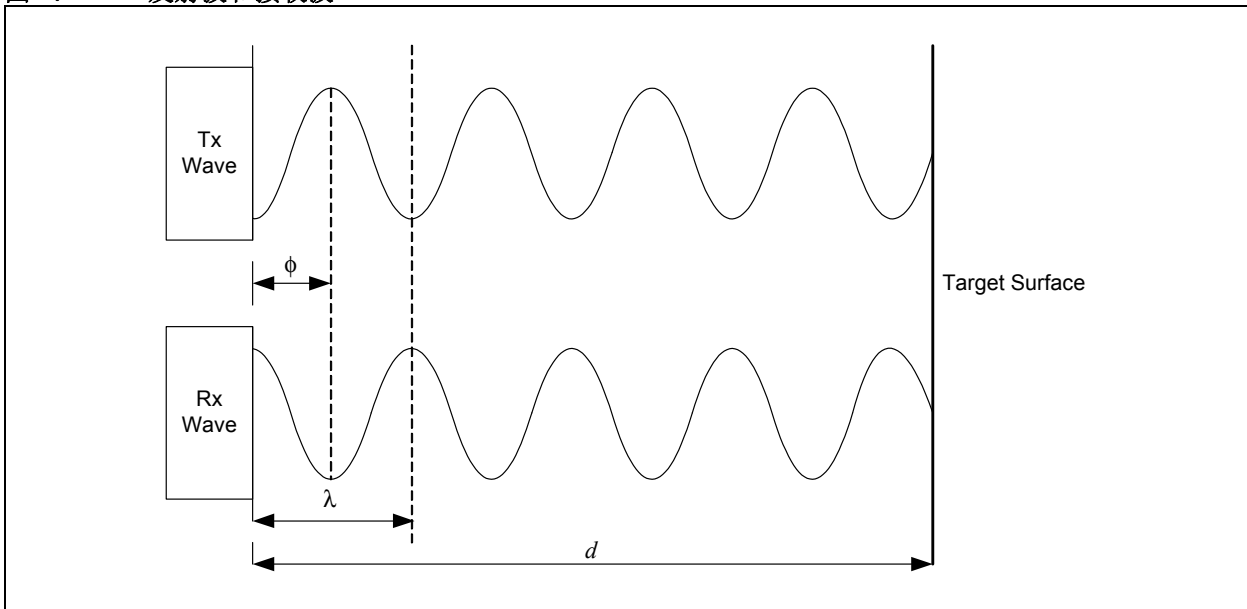


图 4：发射波和接收波



## 应用示例 2：电能测量

交流电路的瞬时电功率通过以下公式计算得出： $P = VI$ ，但是这些量是不断变化的。交流电路中需要计算的功率是平均功率，由其电阻元件决定。通过公式 2 计算得出：

## 公式 2：

$$P_{avg} = VI\cos\phi$$

其中：

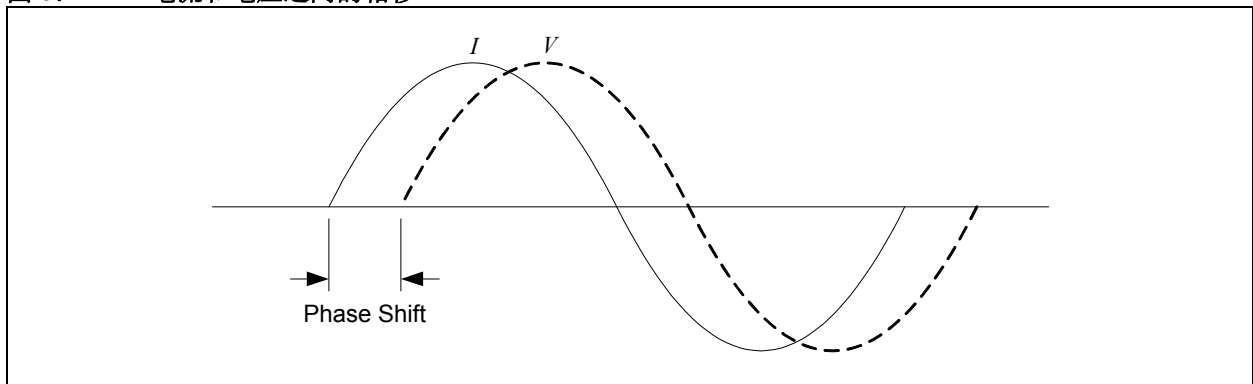
$\phi$  = 电流和电压之间的相位角

$VI$  = 电压和电流各自的 rms 值

$\cos\phi$  = “功率因数”，用于帮助计算有功和无功功率成份

由于计算平均功率时需要测量  $V$  和  $I$  的相位差，因此可以使用 CLC 模块来实现。该电能测量原理可用在数字电表表中。图 5 显示电流和电压之间的相移。

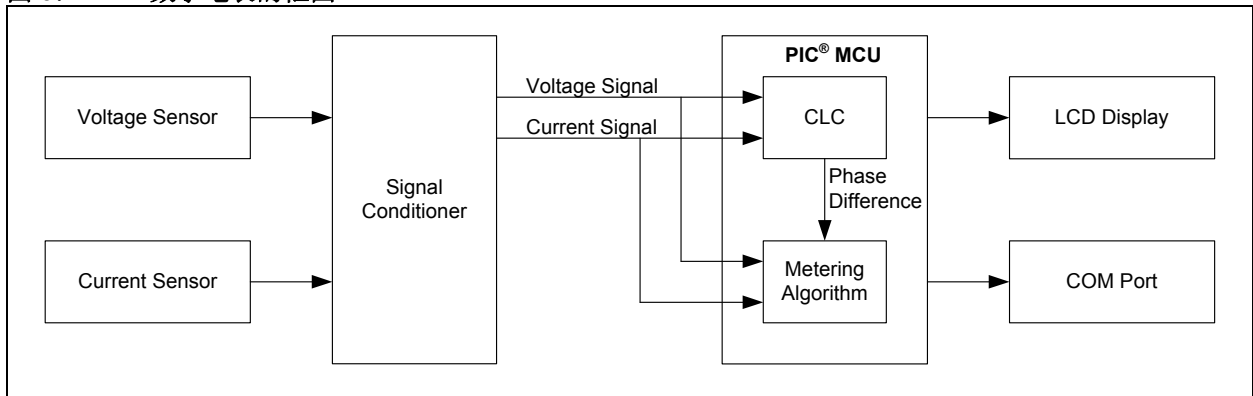
图 5： 电流和电压之间的相移



数字电表的组件如图 6 中所示。电压和电流传感器的输出被馈送至信号调理电路，确保信号电平与控制电路匹配。然后，经过调理的信号被馈送至使用 CLC 的相位检测

测器，如图 1 中所示。将电流、电压和已确定相位的余弦相乘，得到负载消耗的功率。超前 / 滞后信息可以用于确定负载是感性还是容性。

图 6： 数字电表的框图



## 应用 2: 带有 SCCP 死区控制的互补波形发生器

互补波形发生器 (Complementary Waveform Generator, CWG) 从其输入源产生带有死区控制的互补波形。在各种电源应用中, 会在两个信号之间插入死区时间, 以防止直通电流。

此应用展示了使用 CLC 外设的边沿检测和中断功能来产生互补波形, 以单捕捉 / 比较 / PWM (SCCP) 模块作为其输入源。

通常, 电机控制一类的应用需要采用几个互补波形发生器来控制其运行。多捕捉 / 比较 / PWM (MCCP) 模块能够通过控制其输出的死区, 产生具有非重叠信号的互

补波形。但是, 如果应用需要的 MCCP 实例超过器件所能提供的数量, 则可以使用 SCCP。与 SCCP 配合使用时, CLC 外设可以生成具有所需死区的互补波形, 因为 SCCP 本身不能生成非重叠信号。

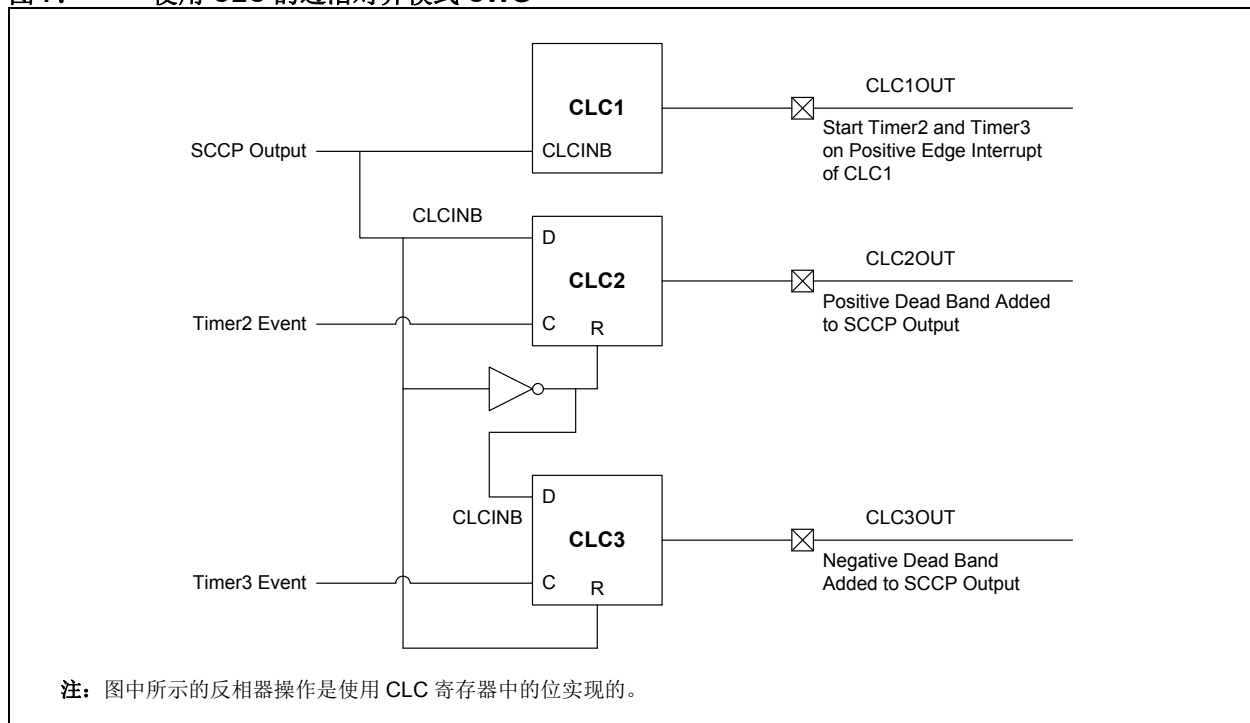
### 工作模式

可以为边沿对齐和中心对齐的 SCCP 输出添加死区。我们将在以下部分中介绍这些配置。

### 边沿对齐模式

图 7 显示 CLC1、CLC2 和 CLC3 用于控制边沿对齐模式 SCCP 输出的死区的配置。

图 7: 使用 CLC 的边沿对齐模式 CWG



此应用需要的外设包括:

- CLC1、CLC2 和 CLC3
- Timer2
- Timer3

**配置 SCCP:** 配置 SCCP 外设, 以生成边沿对齐的 PWM 输出。如果 SCCP 可以作为其中一个输入源, 则 CLC1、CLC2 和 CLC3 会配置为将其用作输入源。此外, SCCP 输出必须从外部连接到 CLCINB 引脚。更多详细信息, 请参见具体器件的数据手册。

**配置 Timer2 和 Timer3:** Timer2 配置为添加上升沿死区延时, Timer3 则配置为添加下降沿死区延时。

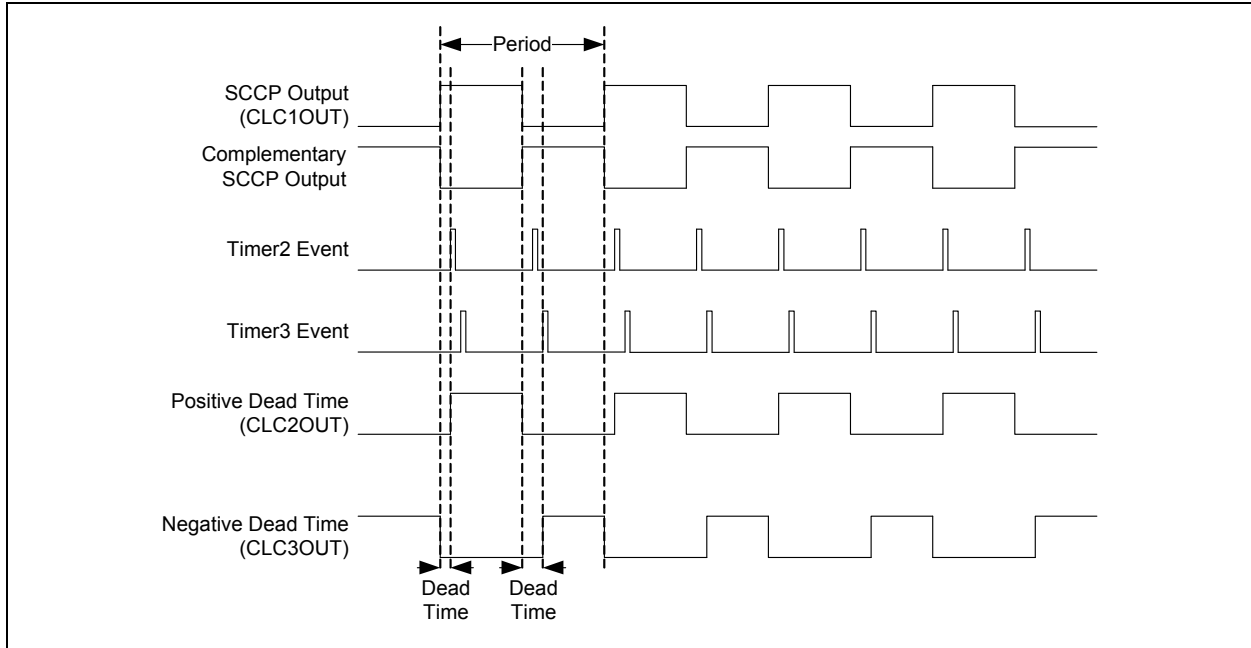
**将 CLC1 配置为上升沿检测器:** CLC1 配置为逻辑与模式。检测到 SCCP 输出的上升沿时, CLC1 产生中断。检测到 CLC1 中断时, Timer2 和 Timer3 开启。

将 **CLC2** 配置为添加上升沿死区：CLC2 配置为单输入 D 触发器模式。SCCP 输出用作数据输入，其互补输出用作复位信号，Timer2 事件则充当 D 触发器的时钟源。CLC2OUT 提供在上升沿添加死区的 SCCP 输出。图 8 显示用于生成 CLC2OUT 的来自不同外设的信号。

将 **CLC3** 配置为添加下降沿死区：CLC3 配置为单输入 D 触发器模式。SCCP 输出用作复位信号，其互补输出用作数据输入，Timer3 事件则充当 D 触发器的时钟源。生成的输出连接到 CLC3OUT。如此，CLC3OUT 提供在下降沿添加死区的 SCCP 输出。

图 8 显示用于生成 CLC3OUT 的来自不同外设的信号。

图 8: 使用 CLC 的边沿对齐模式 CWG 的不同信号



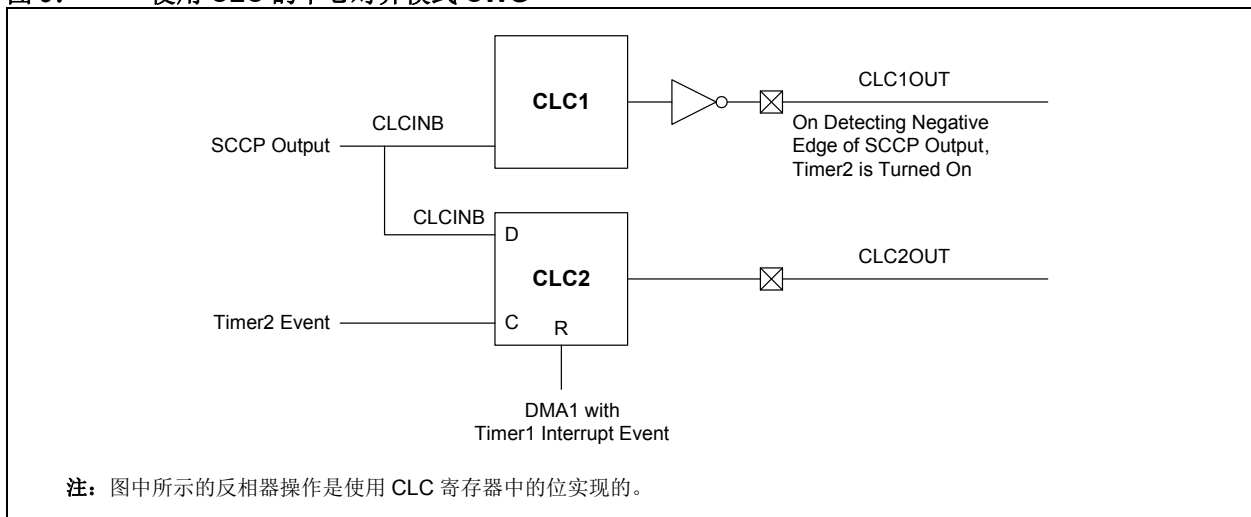
中心对齐模式

图 9 显示 CLC1 和 CLC2 用于控制 SCCP 输出的死区的配置。

此应用需要的外设包括：

- CLC1 和 CLC2
- Timer2
- DMA1

图 9: 使用 CLC 的中心对齐模式 CWG



# AN2133

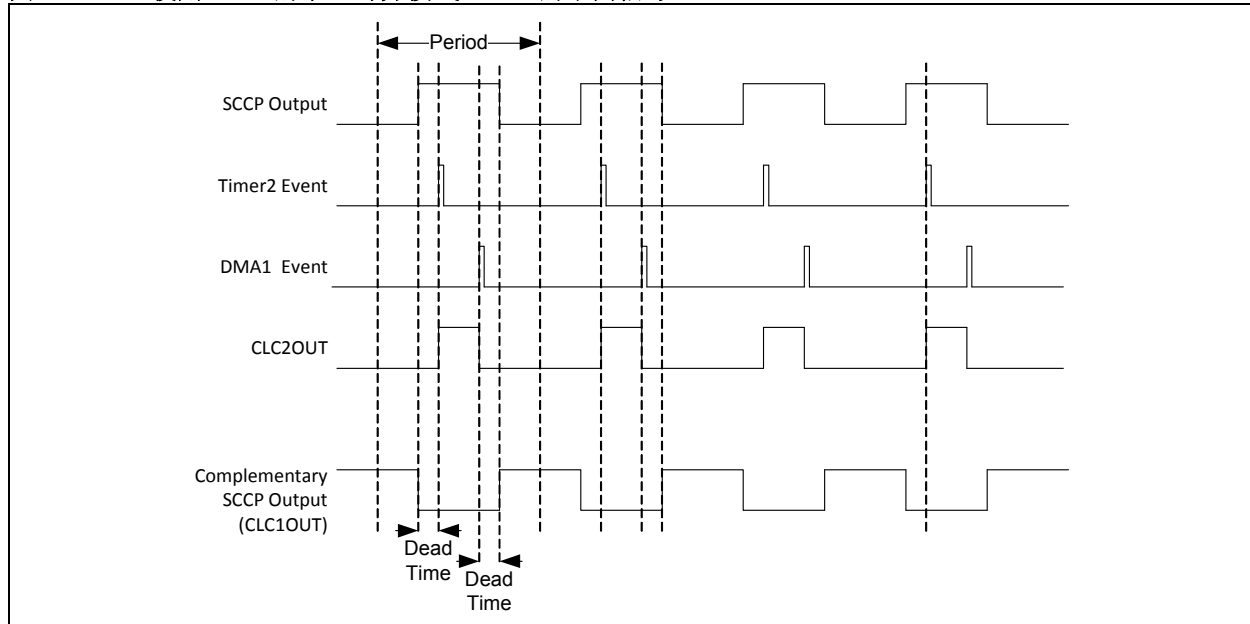
**配置 SCCP:** 配置 SCCP 外设，以生成中心对齐的 PWM 输出。如果 SCCP 可以作为其中一个输入源，则 CLC1 和 CLC2 配置为将其用作输入源。此外，SCCP 输出必须从外部连接到 CLCINB 引脚。更多详细信息，请参见具体器件的数据手册。

**配置 Timer1、Timer2 和 DMA1:** Timer2 配置为用于产生在 CLC1 输出的下降沿之后所需的死区延时。Timer1 配置为用于产生所需的脉冲宽度。Timer1 用作 DMA1 的触发源。当 Timer1 与 PR1 匹配时，DMA1 产生中断事件，该事件被用作 CLC2 的复位信号。

**将 CLC1 配置为下降沿检测器:** CLC1 配置为逻辑与模式，并对其输出取反。检测到其输出的下降沿时，CLC1 产生中断。检测到 CLC1 中断时，Timer2 开启。当 Timer2 产生中断时，Timer1 开启。

**将 CLC2 配置为添加死区延时:** CLC2 配置为 D 触发器模式。SCCP 输出用作数据输入，Timer2 事件用作时钟输入，具有 Timer1 中断事件的 DMA1 则用作复位信号。CLC2 的输出与 CLC1 的输出互补，但添加了死区延时。图 10 显示中心对齐模式下 CLC 的不同信号。

图 10: 使用 CLC 的中心对齐模式 CWG 的不同信号

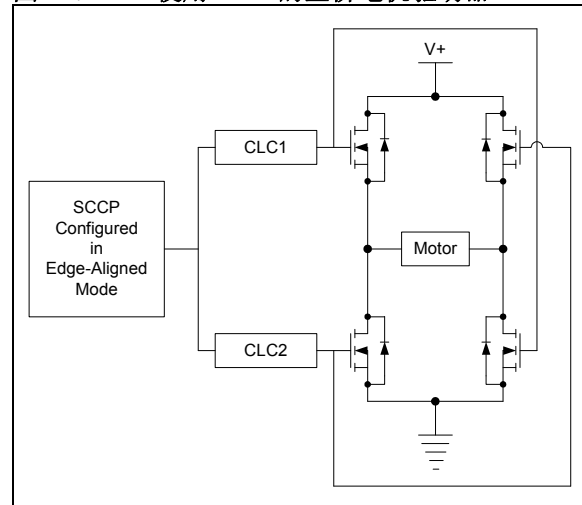


## 应用示例：使用 CLC 的全桥电机控制

全桥电机驱动电路可通过利用 MCCP 外设的输出产生互补波形来驱动。但是，如果要驱动多个这样的全桥电机驱动电路，而器件上可用的 MCCP 外设数量不足，则可以将 SCCP 与 CLC 结合使用。

如前所述，设置 SCCP 外设和 CLC 添加所需死区延时。CLC 的输出信号将用于驱动电机驱动电路，从而防止出现任何直通电流。图 11 显示驱动全桥驱动电路的 CLC 外设。

图 11: 使用 CLC 的全桥电机驱动器





### 应用 3：不进行同步的数据信号调制器 (DSM)

在电信领域，调制是在可以物理传输的另一个信号（称为载波信号）中传输消息信号的过程。载波信号是通过输入信号调制以传递信息的波形。这种载波的频率通常远高于输入信号的频率。

数据信号调制器 (DSM) 允许用户将数据流（调制器信号）与载波信号混合，以生成调制输出。载波信号由两个不同的信号组成：载波高 (CARH) 信号和载波低 (CARL) 信号。在调制器 (MOD) 信号处于逻辑高电平状态时，DSM 将 CARH 与调制器信号混合。当调制器信号处于逻辑低电平状态时，DSM 将 CARL 与调制器信号混合。这种调制操作可以使用 CLC 进行。

使用 CLC 进行数据信号调制的优势包括：

- 数据源（如 UART 和 SPI）可以作为 CLC 的输入源，因此将它们用作输入源可以避免外部接线。
- 不同的时钟源（如 SOSC、LPRC 和系统时钟）可以作为 CLC 的输入源。这些输入源可以用于调制数据。
- CLC 通过 CLCINA 和 CLCINB 获得外部输入的能力使得可以在调制过程中使用外部调制器信号和载波信号。

### 使用 CLC 的 DSM 的说明

实现不同调制技术所需的外设包括：

- CLC
- 调制器信号源外设 可作为 CLC 输入的通信数据源包括：
  - UART
  - SPI

**注：** 如果需要调制其他通信数据源，则可以使用 CLC 输入引脚 CLCINA。更多详细信息，请参见具体器件的数据手册。

- 载波信号源外设：可以用作载波信号的一些外设包括：
  - M CCP 输出
  - 系统时钟
  - LPRC
  - SOSC

**注：** 如果需要其他载波信号，则可以使用 CLC 输入引脚。更多详细信息，请参见具体器件的数据手册。

**配置要调制的数据信号：** 如果要对来自某外设的数据进行调制，则按照所需规范对该外设进行配置。这个外设的输出可以从内部或外部馈送到 CLC 的输出之一。

**将 CLC 配置为调制要传输的数据源：** CLC 配置为与 - 或模式。要调制的数据信号和载波信号源被馈送至与门的输入。下一部分将介绍不同的数字调制方案及其实现。

# AN2133

## DSM 支持的数字调制技术

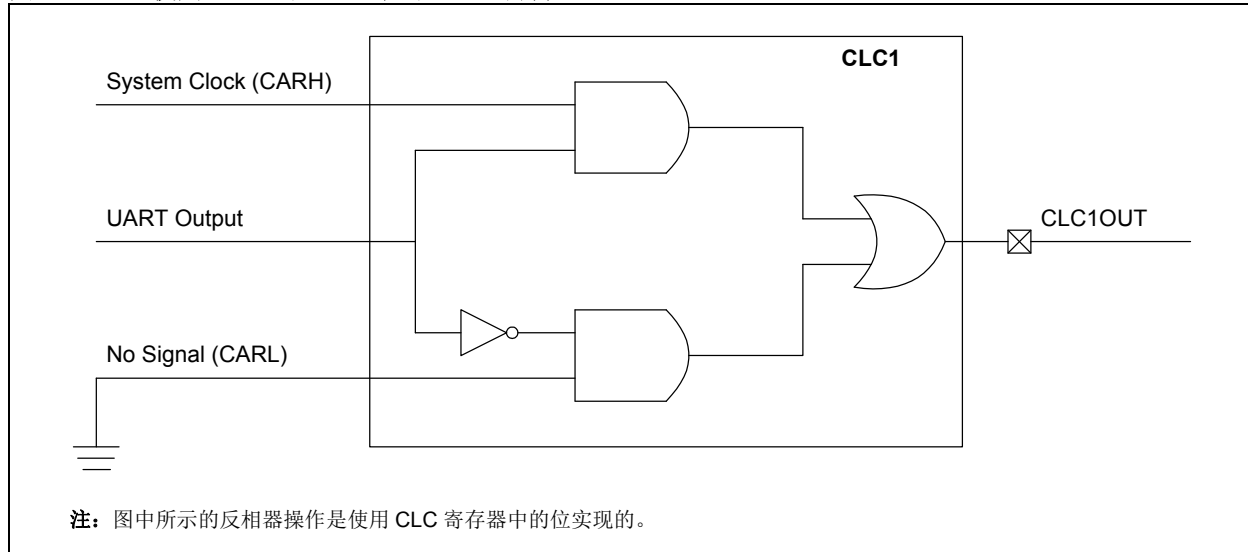
DSM 支持三种不同的数字调制技术；我们将在以下部分中讨论这些技术：

## 开关键控（On-Off Keying, OOK）

在 OOK 调制中，调制器信号的逻辑 1 状态通过载波 CARH 调制，没有信号则表示逻辑 0。

图 12 说明用于生成 OOK 的 CLC 的配置。

图 12: 使用 CLC 的 DSM 中的 OOK 调制



此应用需要的外设包括：

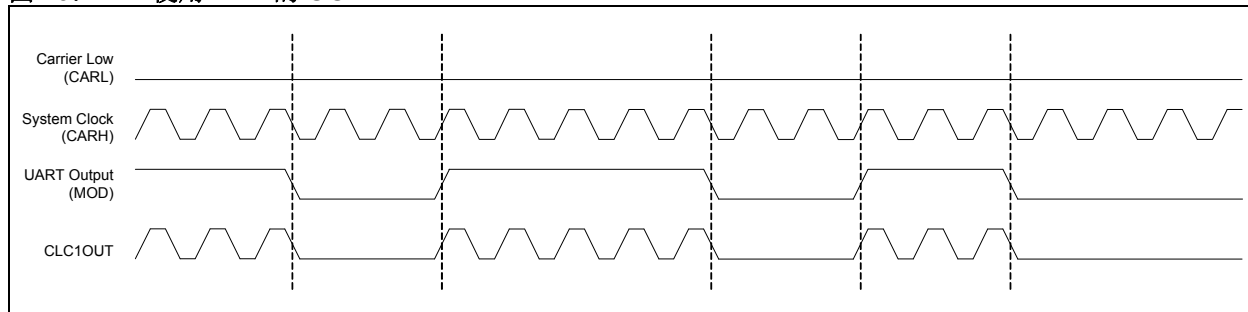
- CLC1
- UART 数据作为调制器信号
- 系统时钟作为载波信号

注：在此例中，UART 和系统时钟分别被用作调制器信号和载波信号。但是，也可以选择其他调制器信号源和载波信号源。

配置 UART：配置 UART 模块以传输所需的数据。

将 CLC 配置为调制 UART 传输的数据：CLC 配置为与 - 或模式。系统时钟作为 CARH 信号，用于调制逻辑 1，并与 UART 数据进行逻辑与。因为不调制逻辑 0，所以不需要 CARL 信号。CLC 的 OOK 调制输出可以输出到外部引脚 CLC1OUT。CLC1OUT 引脚被连接到后续通信接口的物理层。图 13 显示 OOK 的不同信号。

图 13: 使用 CLC 的 OOK

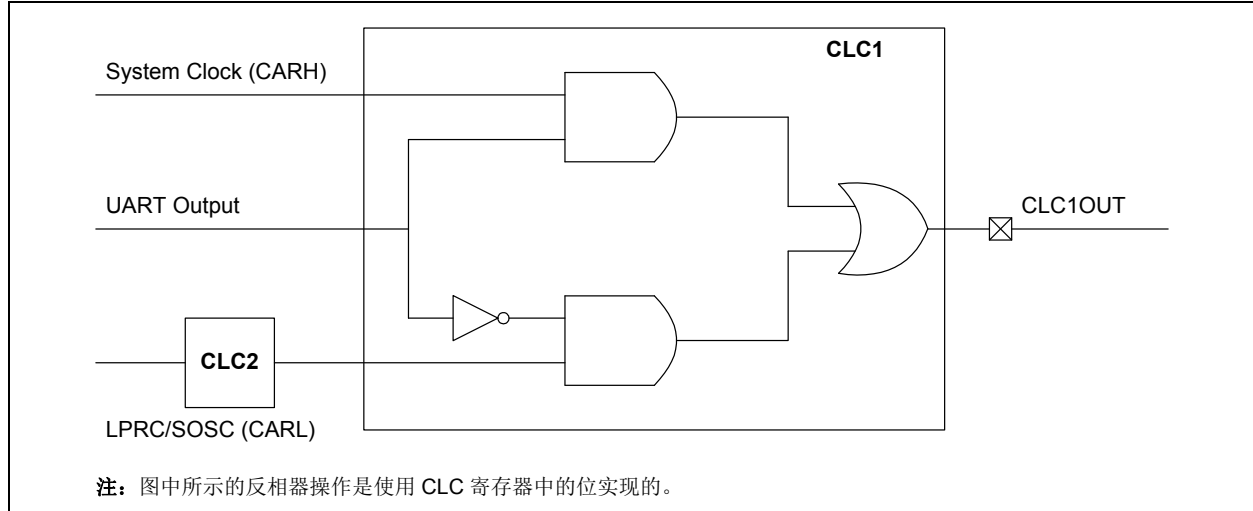


## 频移键控 (Frequency Shift Keying, FSK)

图 14 说明用于生成 FSK 的 CLC1 的配置。

在 FSK 调制中，逻辑 1 通过高频载波 CARH 调制，逻辑 0 状态通过低频载波 CARL 调制。

图 14: 使用 CLC 的 DSM 中的 FSK 调制



此应用需要的外设包括：

- CLC1 和 CLC2
- UART 数据作为调制器信号
- 调制逻辑 1 的系统时钟
- 调制逻辑 0 的 LPRC

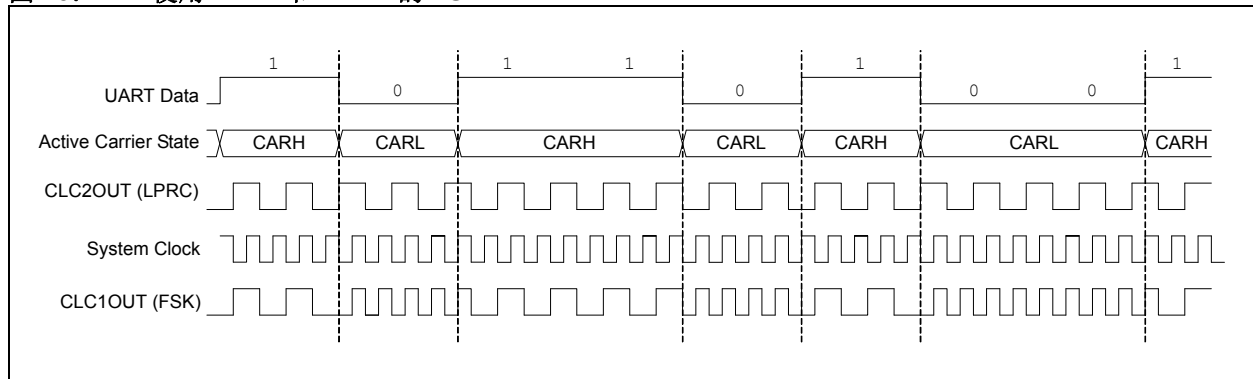
**注：** 在此例中，UART 用作调制器信号，系统时钟和 LPRC 用作载波信号。但是，也可以选择其他源作为调制器信号和载波信号。

**配置 UART：** 配置 UART 模块以传输所需的数据。

**将 CLC2 配置为输出 LPRC：** CLC2 配置为逻辑与模式。LPRC 连接到 CLC2，从内部馈送至 CLC1 的输入。

**将 CLC1 配置为调制 UART 传输的数据：** CLC1 配置为与 - 或模式。系统时钟作为 CARH 信号，用于调制逻辑 1，并与 UART 数据进行逻辑与。CLC2 的输出作为 CARL 信号，用于调制逻辑 0，并与取反的 UART 数据进行逻辑与。两个与门的输出通过或门进行逻辑组合，在 CLC1OUT 上产生输出，这是所需的 FSK 调制数据。CLC1OUT 被连接到后续通信接口的物理层。图 15 显示 FSK 的不同信号。

图 15: 使用 CLC1 和 CLC2 的 FSK



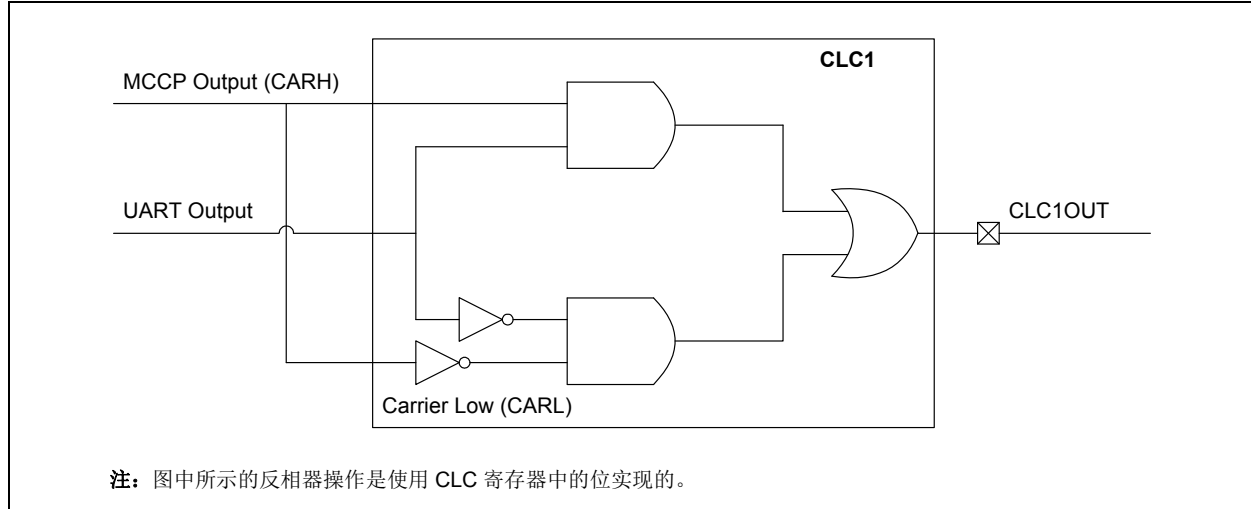
# AN2133

相移键控 (Phase-Shift Keying, PSK)

图 16 说明用于生成 PSK 的 CLC1 的配置。

在 PSK 调制中, 逻辑 1 通过某个相位的载波调制, 逻辑 0 通过相同的载波调制, 但相位不同。

图 16: 使用 CLC1 的 DSM 中的 PSK 调制



此应用需要的外设包括:

- CLC1
- UART 数据作为调制器信号
- MCPP 输出作为载波信号

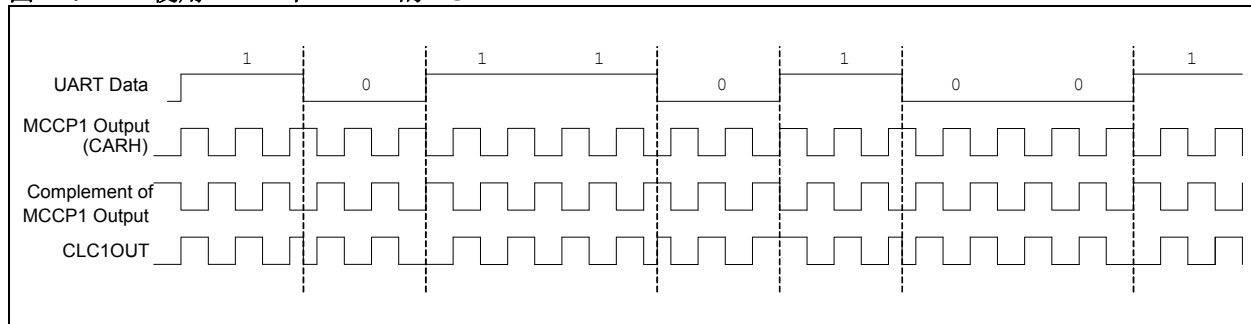
注: 在此例中, UART 输出和 MCPP 输出分别被用作调制器信号和载波信号。但是, 也可以选择其他调制器信号源和载波信号源。

配置 UART: 配置 UART 模块以传输所需的数据。

配置 MCPP1: MCPP1 载波信号被配置为生成所需频率的输出。MCCP1 输出在内部馈送至 CLC1 与 - 或门中与门的输入。

将 CLC1 配置为调制 UART 传输的数据: CLC1 配置为与 - 或模式。MCCP1 输出作为 CARH 信号, 用于调制逻辑 1, 并与 UART 数据进行逻辑与。取反的 MCPP1 输出作为 CARL 信号, 用于调制逻辑 0, 并与 UART 数据进行逻辑与。两个与门的输出通过或门进行逻辑组合, 在 CLC1OUT 引脚上产生输出, 这是所需的 PSK 调制数据。CLC1OUT 被连接到后续通信接口的物理层。图 17 显示 PSK 的不同信号。

图 17: 使用 CLC1 和 CLC2 的 PSK



## 应用 4：多参数监控

通常，应用需要同时监控不同的参数，例如温度、压力和湿度。如果这些参数开始超过上限和下限阈值，就需要立即采取措施。否则，这可能带来灾难性的影响，因为可能会破坏整个系统。

此应用演示了将 CLC 用于监控多个参数。

使用 CLC 监控多个参数的优势包括：

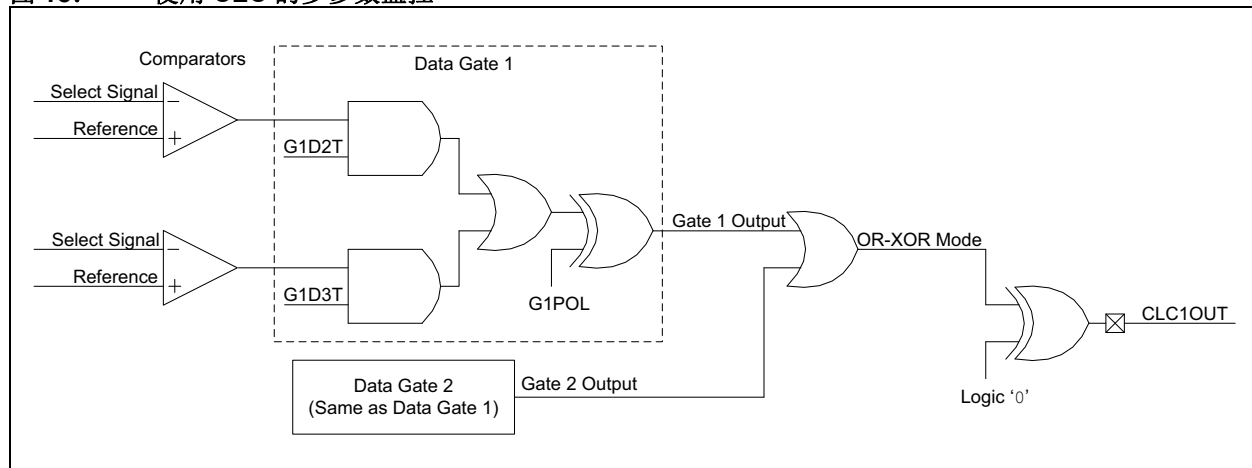
- 多个比较器可以作为 CLC 的输入源。在单片机中，一个比较器只能用于监控一个参数；可以使用 CLC 逻辑组合多个比较器的输出来监控多个参数。
- 当监控的任一或所有参数超过某一限值时，则可以采取必要措施。

图 18 显示用于监控两个不同参数的 CLC 的配置。

此应用需要的外设包括：

- CLC1
- 比较器 1
- 比较器 2

图 18： 使用 CLC 的多参数监控



**配置比较器：**比较器配置为一个输入连接预先确定的参考电压，另一个输入是要监控的参数。

**配置 CLC1：**CLC1 配置为或 - 异或模式。比较器的输出从内部馈送至 CLC1 的数据门的输入（见图 18），该数据门是与门组和或门的组合逻辑。此组合逻辑的输出馈送至或门的输入（这个或门由 CLC1 外设的或 - 异或模式提供）。如果一个比较器输出为高电平，CLC1OUT 引脚的值就会变为高电平。然后可以使用 CLC1 中断进一步处理 CLC1OUT。在图 18 中，G1D2T 和 G1D3T 是门 1 寄存器中的位，用于选择数据 2 和数据 3。有关数据位和数据门 1 到数据门 4 的更多信息，请参见具体器件的数据手册。

如果需要多监控一个参数，则可以使用另一个比较器。要使图 18 中所示的配置正常工作，门 3 和门 4 的输出应始终保持在地电平。因此，在或 - 异或模式下，异或门的一个输入始终为逻辑 0。因此，CLC1OUT 引脚将随着异或门的另一个输入发生变化。

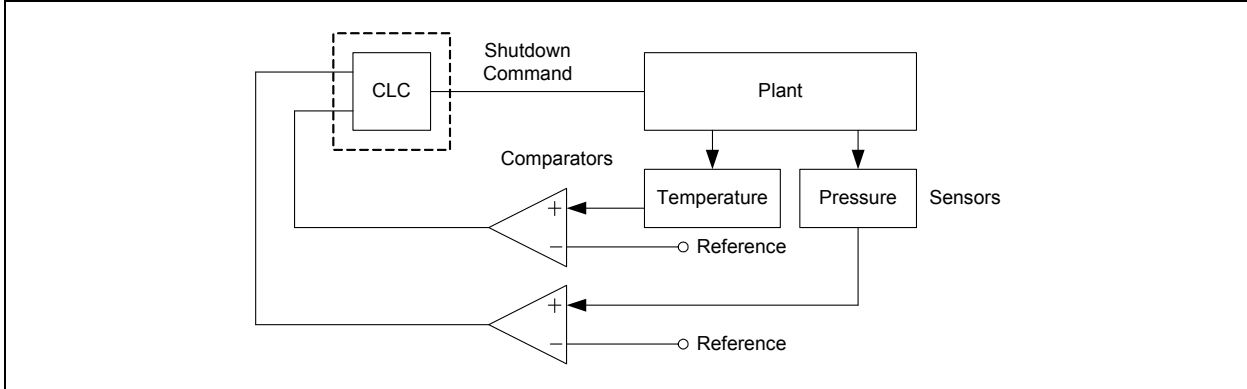
## 应用示例

我们将在以下部分讨论采用CLC进行多参数监控的两个示例。

### 应用示例 1：监控工业厂房内的温度和压力

图 19 所示的工业厂房采用模拟温度和压力传感器来监控厂房内的温度和压力值。比较器根据所需的参考阈值电压进行校准。如果需要在任一参数超过阈值时关闭厂房，则可以按照图 19 中所示配置 CLC。

图 19： 使用 CLC 监控工业厂房的温度和压力



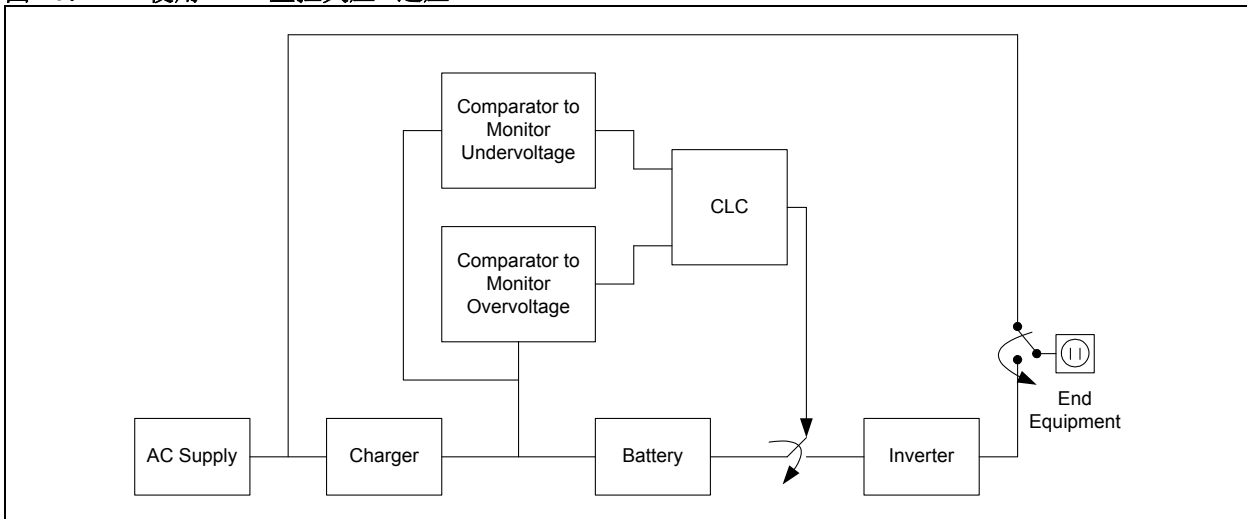
### 应用示例 2：监控离线不间断电源中的电压值

不间断电源（Uninterruptible Power Supply, UPS）是一种内含电池的电源，可在停电时保持供电。

离线 UPS 监控电力线，一旦发现问题立即切换到电池供电。

受保护的设备（如个人计算机）通常直接连接到输入市电电源。图 20 显示使用 CLC 对交流电源的欠压 / 过压进行监控。

图 20： 使用 CLC 监控欠压 / 过压



当输入电压低于或高于预定电压值时，离线 UPS 会开启其内部 DC-AC 逆变器电路，该电路由内部蓄电池供电。然后 UPS 会以机械方式将连接的设备切换到其 DC-AC 逆变器输出。

## 应用 5: NRZ 转换为 RZ 编码

数字信号是一系列离散的电压脉冲。在电信领域，可以采用几种编码技术将数据位映射到其信号元素；其中包括：

- NRZ 编码
- RZ 编码
- 曼彻斯特编码

不归零 (NRZ) 编码是一种数字传输形式，其中逻辑 1 用正电压表示，逻辑 0 用负电压或地表示。图 21 显示 NRZ 编码形式的数据位表示 (1 0 1 1 0)。

归零 (RZ) 编码是一种数字传输形式，在每个脉冲的中间，信号从逻辑 1 转换 (返回) 到逻辑 0 以表示 1，保持为 0 以表示逻辑 0。图 22 显示 RZ 编码形式的数据位表示 (1 0 1 1 0)。

图 21: NRZ 信号

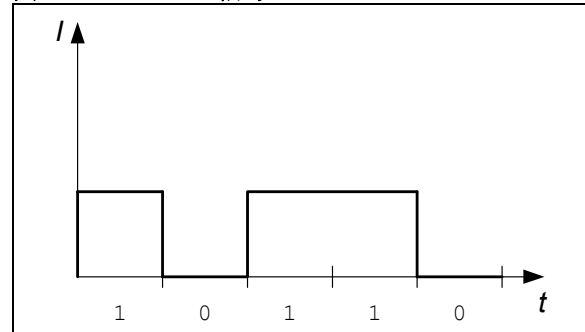


图 22: RZ 信号

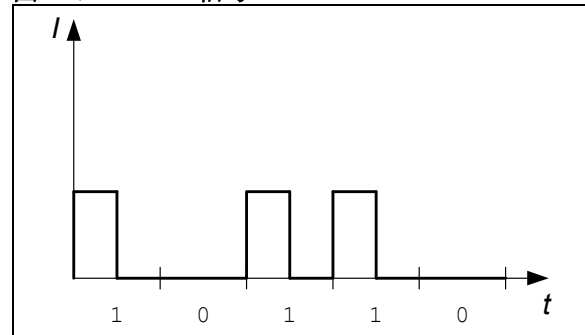
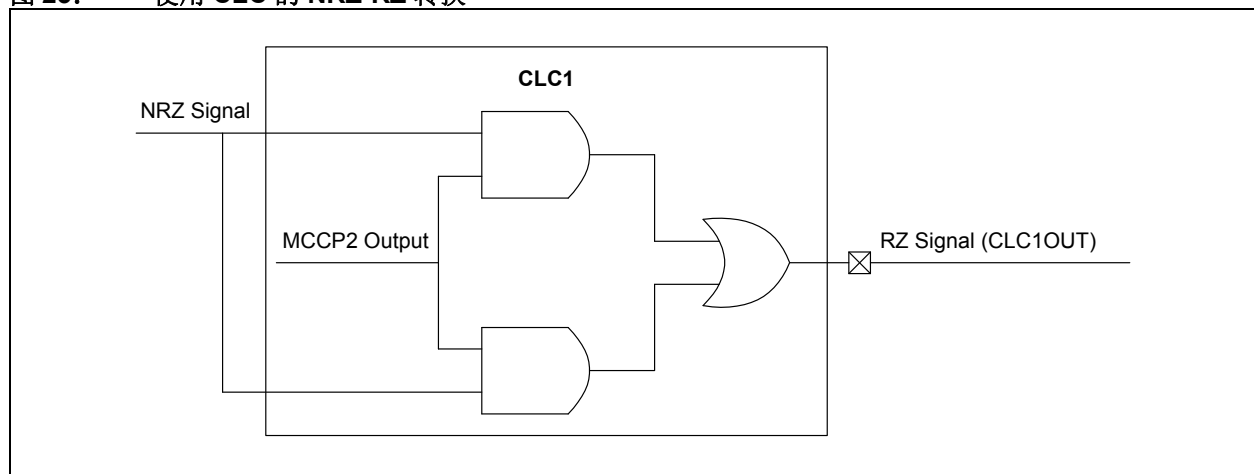


图 23 说明了将 NRZ 转换为 RZ 编码的 CLC 配置。

此应用需要的外设包括：

- CLC1
- M CCP2

图 23: 使用 CLC 的 NRZ-RZ 转换



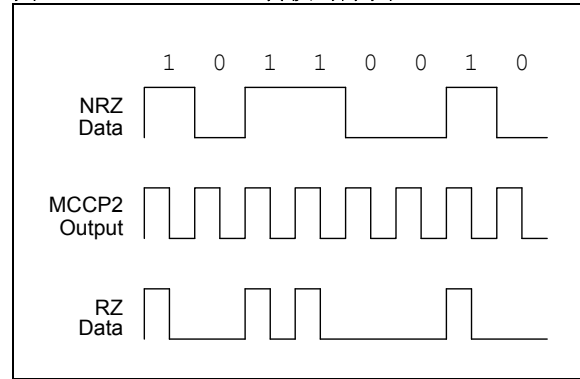
# AN2133

**配置 MCCP2:** 假设 T 是 NRZ 编码的位时间，MCCP2 配置为一半位时间（即  $T/2$ ）产生高电平，余下的  $T/2$  产生低电平。MCCP2 配置为触发器模式，CLC1 作为触发源。这可确保 NRZ 与 MCCP2 结合以生成 RZ 编码。

**注:** 如果 NRZ 编码的位时间未知，可以使用 IC 来测量。

**CLC1 用于生成 RZ 编码:** NRZ 编码作为输入源馈送至 CLCINA（或 CLCINB）引脚。MCCP2 输出从内部馈送至 CLC1 的输入。这两个输入源通过配置为与 - 或模式的 CLC1 进行逻辑组合。因此，使用 MCCP2 作为参考时钟，通过 CLC1 生成 RZ 编码。图 24 显示 NRZ-RZ 转换的时序图。

图 24: NRZ-RZ 转换时序图

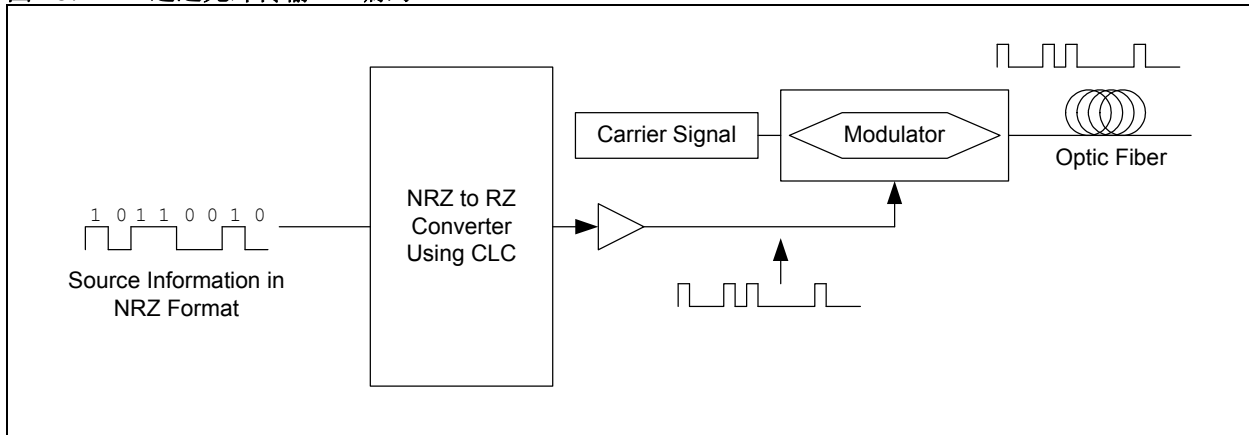




## 应用示例：光通信

NRZ 是光通信的一种标准编码格式。然而，它很容易受到光纤损伤的影响，这限制了信号的传输距离。使用 CLC 的 NRZ-RZ 转换器可用于获取 RZ 编码，并通过光纤对 RZ 编码进行长距离传输。图 25 显示通过光纤传输 RZ 编码。

图 25: 通过光纤传输 RZ 编码



## 应用 6: 2x1 多路复用器

多路复用是一个通用术语，用于描述在同一传输线上以不同的时间或速度发送一个或多个模拟或数字信号的操作。在数字电子领域，多路复用器（MUX）也被称为数据选择器，因为它们可以从多个输入中选择一个输入并将其作为输出发送。当一条数据线需要承载两个或更多个不同的数字信号时，就可以使用它们。

2x1 MUX 用于从两个可用输入中选择一个输入。因此，需要通过一个选择信号在两个输入之间进行选择。2x1 MUX 的一般逻辑图如图 26 中所示。

布尔方程如下：

$$Y = I_0S_0 + I_1\bar{S}_0$$

这个应用演示了使用 CLC 实现 2x1 MUX 的过程。

图 26: 2x1 MUX 的逻辑图

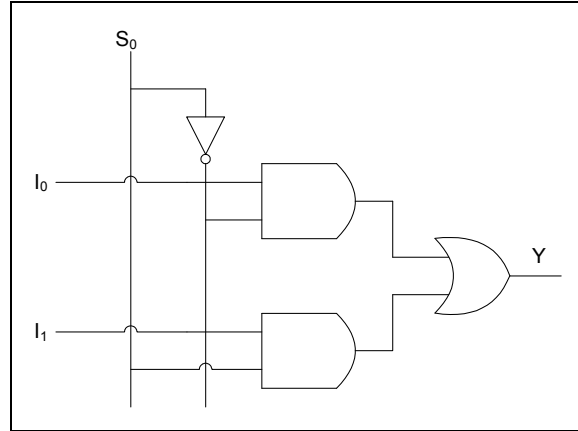
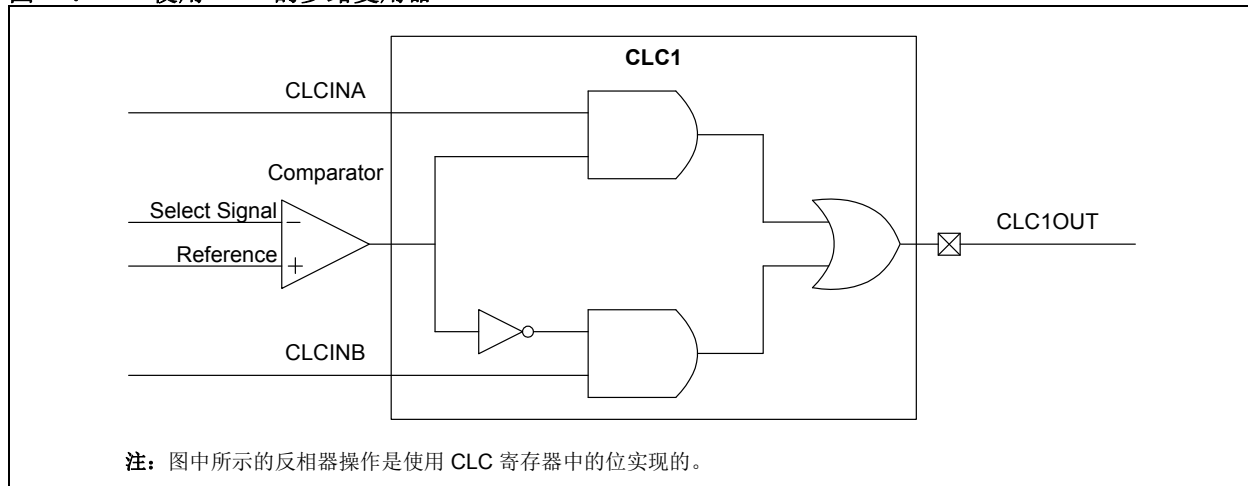


图 27 说明将 CLC 用作 MUX 的配置。

此应用需要的外设包括：

- CLC1
- 比较器

图 27: 使用 CLC 的多路复用器



**比较器 1 作为选择信号：** 由于 CLC 只有两个输入 / 输出引脚，可以将比较器 1 的输出用作选择信号。比较器 1 配置为以 DAC 输出作为参考电压（1/2 VDD）。比较器 1 的输出用作 MUX 的选择信号。如果比较器 1 的输入信号源为低电平，则比较器 1 的输出为高电平。如果比较器 1 的输入信号源为高电平，则比较器 1 的输出为低电平。

**CLC1 作为 MUX：** CLC1 配置为与 - 或模式，比较器 1 的输出在内部连接为选择信号。信号源作为输入被馈送至 CLCINA 和 CLCINB。如果比较器 1 的输出为高电

平，那么馈送至 CLCINA 的输入信号将在 CLC1OUT 上输出。如果比较器 1 的输出为低电平，那么馈送至 CLCINB 的输入信号将在 CLC1OUT 上输出。

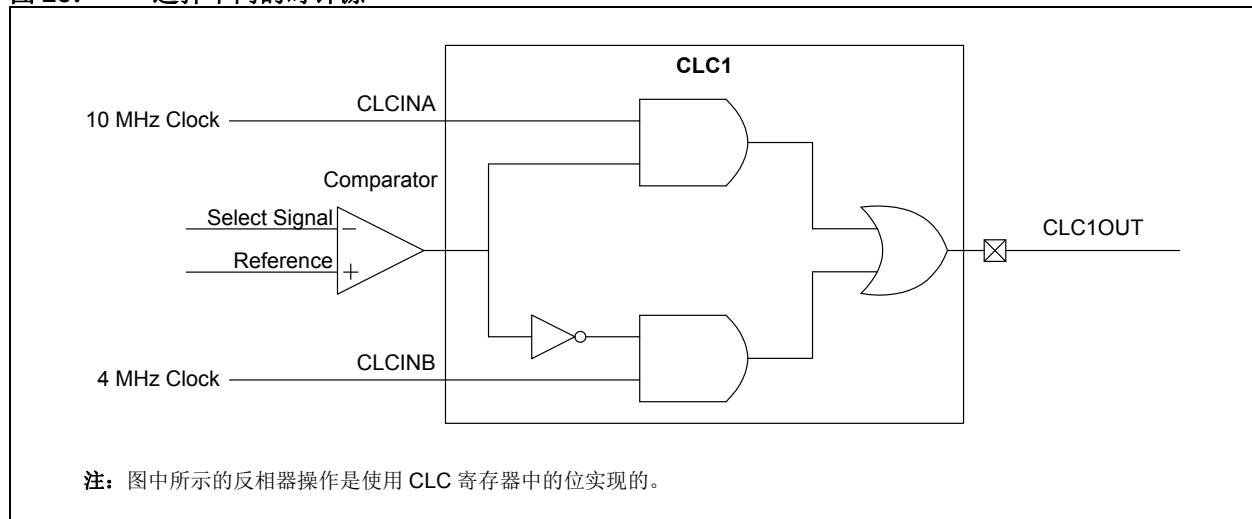
表 1: 基于选择信号的 CLC 输出

比较器 1 输出 (选择信号)	输出
0	CLCINB (源 1)
1	CLCINA (源 2)

### 应用示例：在两个不同的时钟源之间选择

双输入 MUX 可以用在使用两个不同的主时钟信号的数字系统中：一种模式下为高速时钟（如 10 MHz），另一种模式下为低速时钟（如 4 MHz）。如图 28 中所示，10 MHz 时钟与 CLCINA 连接，4 MHz 时钟与 CLCINB 连接。比较器 1 的输出信号用于选择系统的主时钟。

图 28： 选择不同的时钟源



## 总结

将 CLC 添加到 Microchip 外设功能组合中后，用户可以设计可与 PIC<sup>®</sup> 单片机接口的简单外设。这扩展了 PIC MCU 器件的功能。将不同外设的输出与单片机的输入引脚相结合，使用可配置的门来实现和增强现有外设的功能，从而扩展外设可以支持的应用范围。

与用软件实现的逻辑功能相比，用硬件实现的逻辑功能具有更快的事件响应速度，因此 CLC 具备能够为用户提供更快响应的优势。它提供更高的集成度，无需采用外部逻辑门来实现逻辑功能，因此可以减小 PCB 的尺寸。它还有助于使用不同的逻辑门组合各种输入信号源，从而产生完全不同的信号。

使用 CLC 可以实现广泛的应用；本文讨论了其中几种应用。Microchip 鼓励用户探索使用 CLC 的其他可能性。

## 参考资料

- “Configurable Logic Cell Tips ‘n Tricks” , <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41631B.pdf>
- 《dsPIC33/PIC24 系列参考手册》中的 “可配置逻辑单元 (CLC)” , <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/33949a.pdf>
- AN1779, “Sensored Single-Phase BLDC Motor Driver Using PIC16F1613” <https://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00001779A.pdf>
- AN1606, 《使用可配置逻辑单元 (CLC) 来连接 PIC16F1509 和 WS2811 LED 驱动器》, <https://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00001606A.pdf>

---

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。

---

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，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、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 Inc. 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、PrecisionEdge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Inc. 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 Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 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。

© 2019, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-5159-4

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息，请访问 [www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)。

## 全球销售及服务中心

### 美洲

公司总部 **Corporate Office**  
2355 West Chandler Blvd.  
Chandler, AZ 85224-6199  
Tel: 1-480-792-7200  
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:  
<http://www.microchip.com/support>

网址: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

#### 亚特兰大 **Atlanta** Duluth, GA

Tel: 1-678-957-9614  
Fax: 1-678-957-1455

#### 奥斯汀 **Austin, TX** Tel: 1-512-257-3370

**波士顿 Boston**  
Westborough, MA  
Tel: 1-774-760-0087  
Fax: 1-774-760-0088

**芝加哥 Chicago**  
Itasca, IL  
Tel: 1-630-285-0071  
Fax: 1-630-285-0075

**达拉斯 Dallas**  
Addison, TX  
Tel: 1-972-818-7423  
Fax: 1-972-818-2924

**底特律 Detroit**  
Novi, MI  
Tel: 1-248-848-4000

**休斯敦 Houston, TX**  
Tel: 1-281-894-5983

**印第安纳波利斯 Indianapolis**  
Noblesville, IN  
Tel: 1-317-773-8323  
Fax: 1-317-773-5453  
Tel: 1-317-536-2380

**洛杉矶 Los Angeles**  
Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608  
Tel: 1-951-273-7800

**罗利 Raleigh, NC**  
Tel: 1-919-844-7510

**纽约 New York, NY**  
Tel: 1-631-435-6000

**圣何塞 San Jose, CA**  
Tel: 1-408-735-9110  
Tel: 1-408-436-4270

**加拿大多伦多 Toronto**  
Tel: 1-905-695-1980  
Fax: 1-905-695-2078

### 亚太地区

中国 - 北京  
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都  
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆  
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞  
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州  
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州  
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京  
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛  
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海  
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳  
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳  
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州  
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉  
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安  
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门  
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区  
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海  
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄  
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北  
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹  
Tel: 886-3-577-8366

### 亚太地区

澳大利亚 **Australia - Sydney**  
Tel: 61-2-9868-6733

印度 **India - Bangalore**  
Tel: 91-80-3090-4444

印度 **India - New Delhi**  
Tel: 91-11-4160-8631

印度 **India - Pune**  
Tel: 91-20-4121-0141

日本 **Japan - Osaka**  
Tel: 81-6-6152-7160

日本 **Japan - Tokyo**  
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 **Korea - Daegu**  
Tel: 82-53-744-4301

韩国 **Korea - Seoul**  
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚  
**Malaysia - Kuala Lumpur**  
Tel: 60-3-7651-7906

马来西亚 **Malaysia - Penang**  
Tel: 60-4-227-8870

菲律宾 **Philippines - Manila**  
Tel: 63-2-634-9065

新加坡 **Singapore**  
Tel: 65-6334-8870

泰国 **Thailand - Bangkok**  
Tel: 66-2-694-1351

越南 **Vietnam - Ho Chi Minh**  
Tel: 84-28-5448-2100

### 欧洲

奥地利 **Austria - Wels**  
Tel: 43-7242-2244-39  
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦  
**Denmark - Copenhagen**  
Tel: 45-4450-2828  
Fax: 45-4485-2829

芬兰 **Finland - Espoo**  
Tel: 358-9-4520-820

法国 **France - Paris**  
Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 **Germany - Garching**  
Tel: 49-8931-9700

德国 **Germany - Haan**  
Tel: 49-2129-3766400

德国 **Germany - Heilbronn**  
Tel: 49-7131-72400

德国 **Germany - Karlsruhe**  
Tel: 49-721-625370

德国 **Germany - Munich**  
Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

德国 **Germany - Rosenheim**  
Tel: 49-8031-354-560

以色列 **Israel - Ra'anana**  
Tel: 972-9-744-7705

意大利 **Italy - Milan**  
Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

意大利 **Italy - Padova**  
Tel: 39-049-7625286

荷兰 **Netherlands - Drunen**  
Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

挪威 **Norway - Trondheim**  
Tel: 47-7288-4388

波兰 **Poland - Warsaw**  
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚  
**Romania - Bucharest**  
Tel: 40-21-407-87-50

西班牙 **Spain - Madrid**  
Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 **Sweden - Gothenberg**  
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典 **Sweden - Stockholm**  
Tel: 46-8-5090-4654

英国 **UK - Wokingham**  
Tel: 44-118-921-5800  
Fax: 44-118-921-5820