

# **FT61F02X**

## **COMP Application note**

## 目录

1. 比较器 .....	3
1.1. 比较器相关寄存器汇总 .....	4
1.2. 比较器控制 .....	5
1.2.1. 比较器模式选择 .....	5
比较器模拟输入端口特性 .....	7
1.2.2. 比较器模拟输出 .....	7
1.2.3. 比较器模拟输出极性 .....	7
1.2.4. 比较器模拟输入开关选择 .....	8
1.3. 比较器中断 .....	8
1.4. 比较器 2 门控 Timer1 .....	9
1.5. 比较器的参考电压 .....	10
输出电压选择 .....	10
2. 应用范例 .....	11
联系信息 .....	14

## FT61F02x COMP 应用

### 1. 比较器

共有 2 个模拟比较器，它们的配置不是独立分开的。

比较器通过比较 2 个模拟电压的大小并输出一个数字量以指示输入量的相对大小。模拟比较器的输入输出信号关系以及其在电路图中的标志如图 1-1 所示。当比较器的模拟输入电压  $V_{in+}$  小于其模拟电压  $V_{in-}$  时，输出为逻辑低电平，反之则输出逻辑高电平。

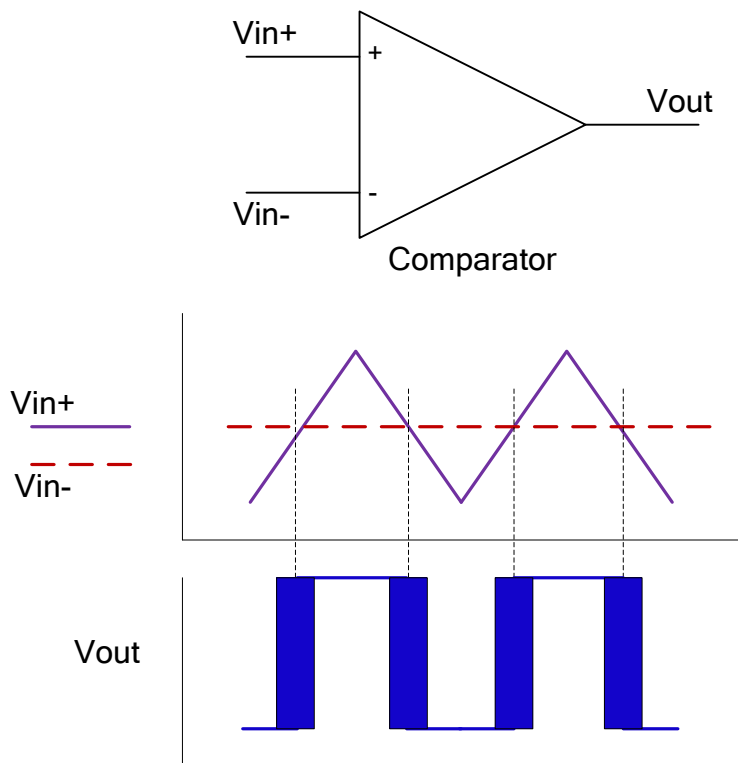


图 1-1 比较器输入/输出信号特性

注：比较器输出的阴影区表示因输入失调和响应时间所造成的不确定区

模拟比较器模块包含以下特性：

- 双比较器
- 比较结果可输出到片外
- 输出极性可编程
- 输出可作为中断源
- 输出可作为唤醒源（在睡眠状态下保持工作）
- 输入可为内部参考电压
- 可编程参考电压
- 多种比较器输入输出连接设定模式

### 1.1. 比较器相关寄存器汇总

名称	状态	寄存器	地址	复位值
GIE	全局中断 1 = 使能 (PEIE, ADCIE 适用) 0 = 全局关闭 (唤醒不受影响)	INTCON[7]	0x0B 0x8B 0x10B	RW-0
PEIE	外设总中断 1 = 使能 (ADCIE 适用) 0 = 关闭 (无唤醒)	INTCON[6]		RW-0
C2IE	比较器2输出变化中断 1 = 使能 0 = 关闭 (无唤醒)	PIE1[4]	0x8C	RW-0
C2IF	比较器2输出变化中断标志位 1 = Yes (锁存) 0 = No	PIR1[4]	0x0C	RW-0
C1IE	比较器1输出变化中断 1 = 使能 0 = 关闭 (无唤醒)	PIE1[3]	0x8C	RW-0
C1IF	比较器1输出变化中断标志位 1 = Yes (锁存) 0 = No	PIR1[3]	0x0C	RW-0

表 1-1 比较器中断使能和状态位

名称	状态	寄存器	地址	复位值
C2OUT	<u>比较器 2 输出结果</u> C2INV = 0: 1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$ 0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$ C2INV = 1: 1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$ 0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$	CMCON0[7]	0x19	RW-0
C1OUT	<u>比较器 1 输出结果</u> C1INV = 0: 1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$ 0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$ C1INV = 1: 1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$ 0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$	CMCON0[6]		RW-0
C2INV	<u>比较器 2 输出反向选择</u> 1 = 反向 0 = 正常	CMCON0[5]		RW-0
C1INV	<u>比较器 1 输出反向选择</u> 1 = 反向 0 = 正常	CMCON0[4]		RW-0
CIS	<u>比较器输入切换</u> CM[2:0] = 010: 1 = C1 <sub>IN+</sub> 接 C1 V <sub>IN-</sub> , C2 <sub>IN+</sub> 接 C2 V <sub>IN-</sub> 0 = C1 <sub>IN-</sub> 接 C1 V <sub>IN-</sub> , C2 <sub>IN-</sub> 接 C2 V <sub>IN-</sub> CM[2:0] = 010: 1 = C1 <sub>IN+</sub> 接 C1 V <sub>IN-</sub> 0 = C1 <sub>IN-</sub> 接 C1 V <sub>IN-</sub>	CMCON0[3]		RW-0

名称	状态	寄存器	地址	复位值
CM	<u>比较器模式选择</u>		CMCON0[2:0]	RW-000
	000 =	关闭 (CxIN 为模拟 IO 管脚)		
	001 =	3 个输入共用到 2 个比较器上		
	010 =	4 个输入共用到 2 个比较器上		
	011 =	2 个共参考比较器		
	100 =	2 个独立比较器		
	101 =	1 个独立比较器		
	110 =	2 个带输出共参考比较器		
	111 =	关闭 (CxIN 管脚为数字 IO 管脚)		
VREN	1 = $CV_{REF}$ 使能 0 = $CV_{REF}$ 关闭 (无电流消耗)		VRCON[7]	RW-0
VRR	<u><math>CV_{REF}</math> 范围选择</u> 1 = 低电平范围 0 = 高电平范围		VRCON[5]	RW-0
VR	<u><math>CV_{REF}</math> 值</u> VRR=1 时: $CV_{ref} = (VR<3:0>/24)*VDD$ VRR=0 时: $CV_{ref} = VDD/4 + (VR<3:0>/32)*VDD$		VRCON[3:0]	RW-000

表 1-2 比较器相关用户寄存器

## 1.2. 比较器控制

### 1.2.1. 比较器模式选择

模拟比较器总共有 8 种配置模式。由 CMCON0 寄存器的 CM<2:0>这 3 位来选择。图 1-2 详细描述了这 8 种选择的具体内容。I/O 信号线的功能也随着这 8 中不同的配置而改变，具体如下：

- 模拟功能 (A)：数字输入缓存被屏蔽
- 数字功能 (D)：比较器数字输出会覆盖管脚上的其他功能
- 正常端口功能 (I/O)：独立于比较器

注：

1. 当端口上标注“A”字样,此时读操作返回值都为 0 (与当前管脚或 I/O 控制寄存器 TRIS 位的状态无关)。该端口被用作模拟输入管脚时，用户需将其相应的 TRIS 位置 1 以关闭其数字输出驱动电路。
2. 当端口上标注“D”字样，用户需将其相应的 TRIS 位置 0 来打开数字输出驱动电路。
3. 比较器配置切换时需屏蔽比较器中断，以避免不必要的误触发事件。
4. 芯片复位会强制 CMCON0 和 CMCON1 寄存器进入复位状态，CM<2:0>=000 模式，此时比较器关闭且所有相关输入脚都为模拟输入模式。

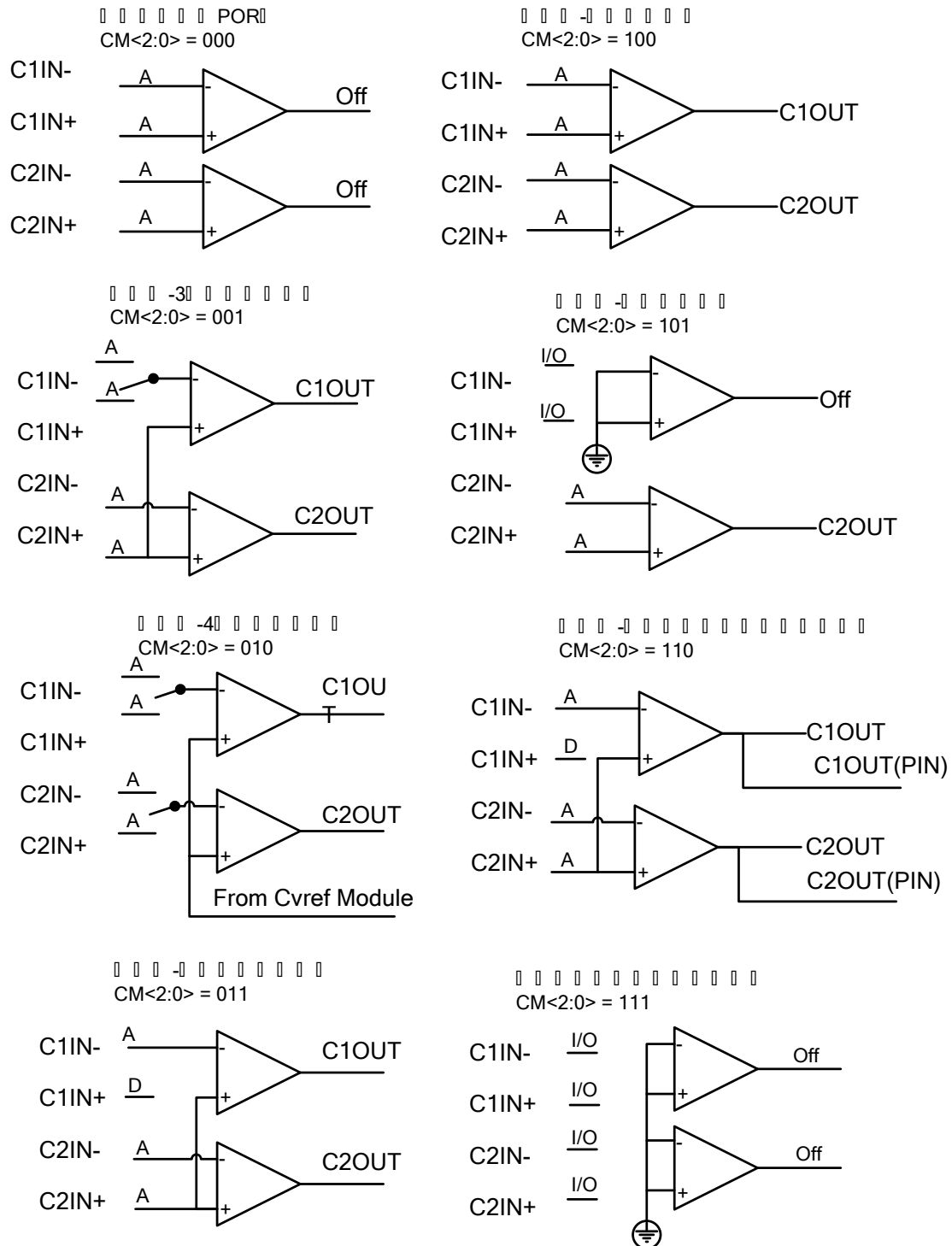


图 1-2 比较器输入 / 输出配置模式

## 比较器模拟输入端口特性

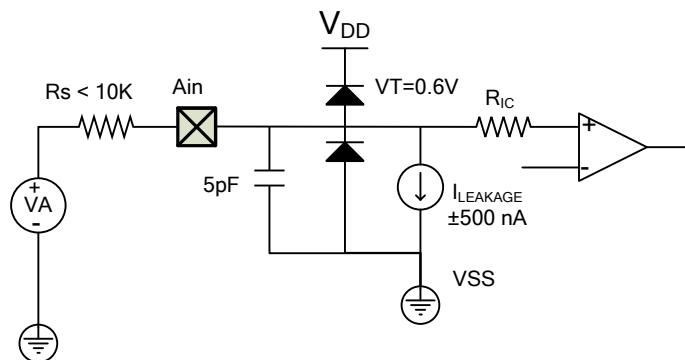


图 1-3 比较器模拟输入模型

比较器的模拟输入端和同样连接该端口的数字输入共享管脚，需要注意的是在这些管脚上都有对 VDD 和 VSS 的反向保护二极管。如果输入电压偏离这个保护范围以外 0.6V，二极管就会导通到时门锁定效应。我们推荐的最大输入源信号的源阻抗不超过 10K 欧姆。另外，如果管脚上外挂电容或齐纳二极管之类的元件，其不应该产生漏电流，不然可能会造成结果不精确。

注意:

1. 当管脚被配置为模拟信号时，软件读端口寄存器的为 0。
2. 当管脚被设置为数字输入时，比较器仍然会当作模拟信号输入，并输出相应结果。
3. 当管脚被设置为数字输入时，管脚上面实际电压为模拟电平，这可能造成输入缓存电路消耗大大增加

### 1.2.2. 比较器模拟输出

每个比较器的状态都能通过 CMCON0 寄存器的 CxOUT 位从内部读出。当 CM<2:0>=110 时比较器输出会被连到 CxOUT 管脚。当选择这个模式时，CxOUT 相应的 TRIS 位必须被清零来使能输出驱动电路。

当输入变化或输入新的参考电压后模拟比较器的输出 Delay 一段时间后会变化，这个时间为比较器反应时间。反应时间不同于参考电压的稳定时间，这两者之和为比较器的总体反应时间。具体参数请参考电气参数。

### 1.2.3. 比较器模拟输出极性

将比较器输出反向就等效于将比较器的输入端交换。比较器输出极性可由 CMCON0 寄存器里的 CxINV 位来控制。将 CxINV 位置 1 代表比较器输出反向。完整的输出，输入条件和极性如下表所列：

输入条件	CxINV (输出极性)	CxOUT (包括寄存器位和实际输出管脚)
Vin- > Vin+	0	0
Vin- < Vin+	0	1
Vin- > Vin+	1	1
Vin- < Vin+	1	0

表 1-3 比较器输入和输出极性选择

#### 1.2.4. 比较器模拟输入开关选择

比较器的模拟输入负端在以下模式可被切换到 2 个模拟管脚。

- CM<2:0> = 001 (仅比较器 1)
- CM<2:0> = 010 (比较器 1 和 2)

在以上模式下，无论哪根管脚被选做输入，这 2 个管脚都处在模拟模式。CMCON0 寄存器里的 CIS 位控制比较器的输入切换开关。

#### 1.3. 比较器中断

比较器模块在发生下列事件时将置位相应的中断标志位：

- 比较器输出状态变化 (CxIF)

每个中断模块均有其相应的中断使能位(CxIE)，和更高层级的外设总中断(PEIE)，以及最高级别的全局中断(GIE)。

无论中断使能位是否打开，发生中断事件时都将置位相应的中断标志位。是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能控制位(GIE, PEIE, CxIE)。

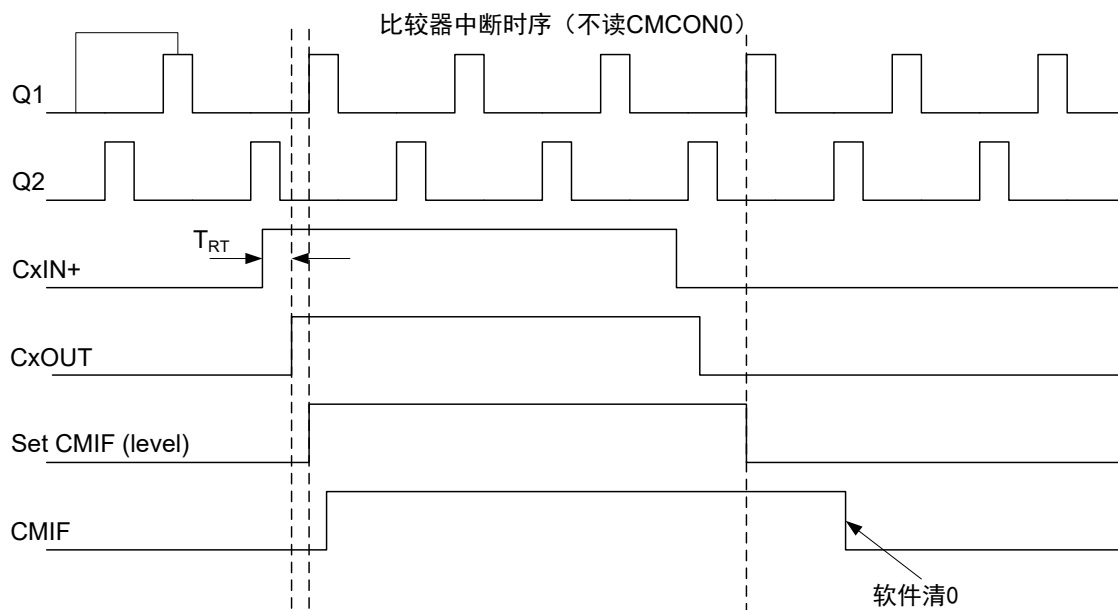


图 1-4 比较器中断时序 1



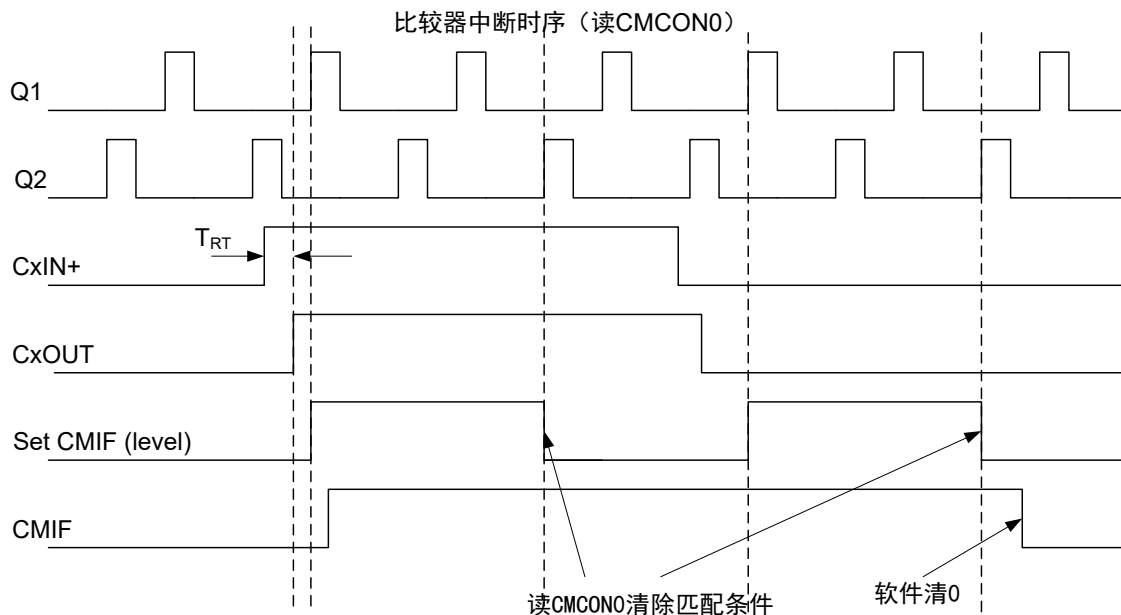


图 1-5 比较器中断时序 2

注：

1. 软件需要自身保存比较器的输出态来决定实际上变化是否有发生。
2. PIR1 寄存器里的 CxIF 位是比较器的中断指示位。这 1 位必须有软件来清零。由于软件可以将这 1 位写成 1，因此软件可以做模拟比较器变化的动作。
3. 对 CMCON0 进行读或写操作，此动作会结束失配条件，清除中断
4. 清除 CxIF 位，此动作会结束失配条件，清除中断
5. 持续的失配条件会屏蔽住 CxIF 标志位被清，因此有必要先读一下 CMCON0 寄存器先清除失配条件。
6. 需要注意的是如果在读 CMCON0 的时候 (在系统时钟的 Q2 期)，CxOUT 刚好发生变化，那么 CxIF 标志位有可能不会被置高。
7. 比较器电路被启动时，其偏置电路需要 1uS 的稳定时间，此时比较器的输出是无效的，软件应该在此期间关闭中断以免产生不必要的误触发。

#### 1.4. 比较器 2 门控 Timer1

此功能可用来做模拟事件的持续时间或间隔定时。将 CMCON1 寄存器的 T1GSS 位清零将使 Timer1 根据比较器 2 的输出递增。这要求 Timer1 打开且门控使能。

当比较器用作 Timer1 门控源时，建议将比较器 2 与 Timer1 同步 (C2SYNC = 1)。以确保 Timer1 不错过在递增过程中比较器的变化。详情请参见第[错误!未找到引用源。](#)节“**TMR1 门控**”。

当比较器 2 的输出与 Timer1 同步 (C2SYNC = 1) 使能时，比较器的输出在 Timer1 时钟源的下降沿被锁存。Timer1 使用预分频器时，比较器输出在预分频后被锁存。为了防止竞争情况，比较器输出在 Timer1 时钟源下降沿被锁存，而 Timer1 在时钟源的上升沿递增。更多信息，请参见图 1-4 比较器中断时序以及 Timer1 框图 ([错误!未找到引用源。](#))。

## 1.5. 比较器的参考电压

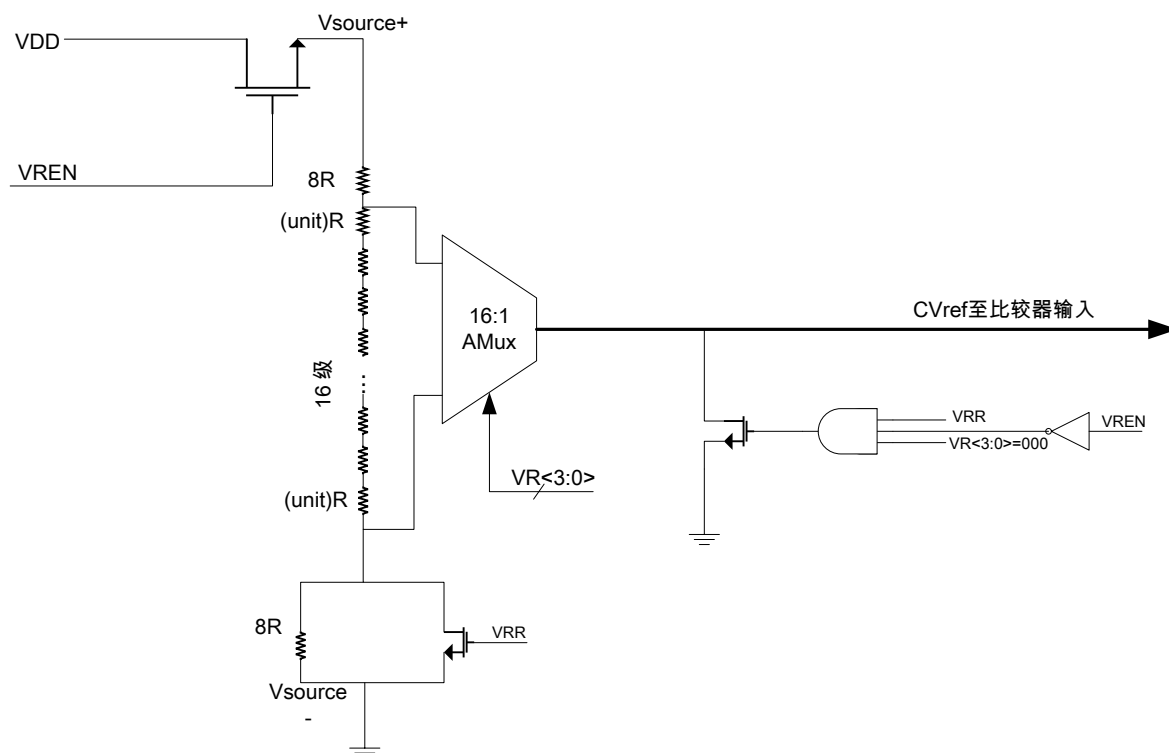


图 1-6 比较器参考电压框图

模拟比较器的输入之一可以被设置成为内部参考电压，该参考电压都有以下特性：

- 独立于比较器的运行 (比较器参考电压与比较器配置不相关)
- 两个 16 级电压范围
- 输出低钳位到 VSS
- 输出电压与 VDD 成比例

### 输出电压选择

将 VRCON 寄存器的 VREN 位置 1 将使能参考电压。CVREF 参考电压有两种范围，每种均为 16 个电平。范围的选择由 VRCON 寄存器的 VRR 位控制。这 16 个电平由 VRCON 寄存器的 VR<3:0>位设置。

CVREF 输出电压由以下右边公式确定：

**VRR = 1 (低电压范围):**

$$CVREF = (VR<3:0>/24) \times VDD$$

**VRR = 0 (高电压范围):**

$$CVREF = (VDD/4) + (VR<3:0> \times VDD/32)$$

注：如图 1-6 所示，由于模块的构造所限，无法实现 VSS 至 VDD 的满量程。

VRCON 做如下配置可将 CVREF 输出电压设置为 VSS，比较器可用于过零检测而不消耗额外的 CVREF 模块电流。

```
BCR    VRCON,VREN    ;使能 CVREF
CLRR   VRCON          ;VR<3:0> = 0000
BSR    VRCON,VRR      ;CVREF 低电平范围
```

## 2. 应用范例

```
//*****
/* 文件名: TEST_61F02x_COMP.c
* 功能:    FT61F02x-比较器功能演示
* IC:      FT61F023 SOP16
* 晶振:    16M/2T
* 说明:    程序中将比较器 2 C2IN+连接到 CVREF = 5/4+(15/32)*5=3.59375V(电源 5V)
*          在 C2IN-输入模拟电压,并将比较结果软件输出到 DemoPortOut 上
*
*          FT61F023  SOP16
*          -----
*  VDD-----|1(VDD)  (VSS)16|-----GND
*  NC-----|2(PA7)   (PA0)15|-----NC
*  NC-----|3(PA6)   (PA1)14|-----NC
*  NC-----|4(PA5)   (PA2)13|-----NC
*  NC-----|5(PC3)   (PA3)12|---DemoPortOut
*  NC-----|6(PC2)   (PC0)11|-----C2IN+
*  NC-----|7(PA4)   (PC1)10|-----C2IN-
*  NC-----|8(PC5)   (PC4)09|-----NC
*
*          -----
*/
//*****
#include "SYSCFG.h"
//*****宏定义*****
#define unchar      unsigned char
#define DemoPortOut PA3

unchar Cbuff;
/*-----
* 函数名: POWER_INITIAL
* 功能:    上电系统初始化
* 输入:    无
* 输出:    无
*-----*/
void POWER_INITIAL (void)
{
    OSCCON = 0B01110001;    //IRCF=111=16MHz/2=8MHz,0.125μs
    INTCON = 0;             //暂禁止所有中断
    PORTA = 0B00000000;
    TRISA = 0B00000000;     //PA 输入输出 0-输出 1-输入
                           //PA3-输出

    PORTC = 0B00000000;
    TRISC = 0B00000010;     //PC 输入输出 0-输出 1-输入
                           //PC1-输入
}
```

```

WPUA = 0B00000000;      //PA 端口上拉控制 1-开上拉 0-关上拉
WPUC = 0B00000000;      //PC 端口上拉控制 1-开上拉 0-关上拉

OPTION = 0B00001000;      //Bit3=1,WDT MODE,PS=000=WDT RATE 1:1
MSCKCON = 0B00000000;
//Bit6: 0-禁止 PA4, PC5 稳压输出
//Bit5: 0-TIMER2 时钟为 Fosc
//Bit4: 0-禁止 LVR
CMCON0 = 0B00000111;      //关闭比较器, CxIN 为数字 IO 口
}
/*-----
* 函数名称: COMP_INITIAL
* 功能:      比较器的初始化
* 输入参数: 无
* 返回参数: 无
-----*/

void COMP_INITIAL()
{
    CMCON0 = 0B00000010; //四个输入共用 2 个比较器
    //Bit7:  C2OUT
    //Bit6:  C1OUT
    //Bit5:  C2INV 比较器 2 输出反向 1-反向 0-不反向
    //Bit4:  C1INV 比较器 1 输出反向 1-反向 0-不反向
    //Bit3:  CIS 比较器输出切换
    //      当 CM[2:0] = 010 CIS = 1 C1IN+接 C1VIN- C2IN+接 C2VIN-
    //      CIS = 0 C1IN-接 C1VIN- C2IN-接 C2VIN-
    //      当 CM[2:0] = 001 CIS = 1 C1IN+接 C1VIN-
    //      CIS = 0 C1IN-接 C1VIN-
    //Bit[2:0]:000-比较器关闭,CxIN 管脚模拟 I/O 管脚
    //      001-三个输入共用 2 个比较器
    //      010-四个输入共用 2 个比较器
    //      011-两个共参考比较器
    //      100-两个独立比较器
    //      101-一个独立比较器
    //      110-两个带输出供参考比较器
    //      111-比较器关闭,CxIN 管脚为数字 I/O 管脚

    CMCON1 = 0B00000000;
    VRCON = 0B10001111;
    //Bit7:  VREN CVREF 使能位 1-CRVEF 电路通电 0-CRVEF 电路断电,无泄漏电流
    //Bit5:  VRR  VREF 电压范围选择 1-低电平范围 0-高电平范围
    //Bit[3:0]: VR[3:0] CVREF 值选择位
    //      VRR = 1 时: CVREF = (VR<3:0>/24)*VDD
    //      VRR = 0 时: CVREF = VDD/4+(VR<3:0>/32)*VDD

```

```
//          = 5/4+(15/32)*5=3.59375V(电源 5V)
ANSEL = 0B00110011;    //C1+,C1-,C2+,C2-设置为模拟输入
}
/*-----
* 函数名: main
* 功能:   主函数
* 输入:   无
* 输出:   无
-----*/
void main()
{
    POWER_INITIAL();      //系统初始化
    COMP_INITIAL();       //比较器初始化

    while(1)
    {
        DemoPortOut = C2OUT; //比较器 2 比较结果输出到 DemoPortOut
    }
}
```

## 联系信息

### **Fremont Micro Devices Corporation**

#5-8, 10/F, Changhong Building  
Ke-Ji Nan 12 Road, Nanshan District,  
Shenzhen, Guangdong, PRC 518057

Tel: (+86 755) 8611 7811

Fax: (+86 755) 8611 7810

### **Fremont Micro Devices (HK) Limited**

#16, 16/F, Block B, Veristrong Industrial Centre,  
34-36 Au Pui Wan Street, Fotan, Shatin, Hong Kong SAR

Tel: (+852) 2781 1186

Fax: (+852) 2781 1144

<http://www.fremontmicro.com>

\* Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, Fremont Micro Devices Corporation assumes no responsibility for the consequences of use of such information or for any infringement of patents of other rights of third parties, which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent rights of Fremont Micro Devices Corporation. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. Fremont Micro Devices Corporation products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of Fremont Micro Devices Corporation. The FMD logo is a registered trademark of Fremont Micro Devices Corporation. All other names are the property of their respective owners.