

# **FT61F13X**

## **PWM Application note**

## 目录

1. PWM1 特性 .....	- 3 -
1.1. PWM 相关寄存器汇总 .....	- 3 -
1.2. 时钟源 .....	6
1.3. 周期 (Period) .....	6
1.4. 占空比 (Duty Cycle).....	6
1.5. 死区 (Deadband) 时间.....	7
1.6. 故障刹车 (Fault-Break) 功能.....	7
1.7. 周期和占空比寄存器的更新.....	8
1.8. PWM 输出 .....	9
1.9. (P1C, P1D) 和 (P1B, P1C) 的第 2 功能输出 .....	9
2. 应用范例.....	11
联系信息 .....	14

## FT61F13x PWM 应用

### 1. PWM1 特性

- 4 路周期相同 (由 Timer2 控制), 且独立占空比的 PWM 通道: P1A, P1B, P1C, P1D
- 通道 1 带有互补输出: /P1A
- 1 路带死区控制的 PWM 通道: P1A, /P1A
- 16-bit 的分辨率
- 每路 PWM 输出极性可独立控制
- 带可选自动重启功能的多种故障刹车事件
- PWM1 和 PWM4 可映射到 3 个 I/O, PWM2 和 PWM3 可映射到 2 个 I/O
- XOR/XNOR 第 2 功能输出
- 蜂鸣器模式
- 单脉冲输出模式
- 周期和占空比寄存器双缓冲读写设计

**SLEEP 模式下的 PWM 操作** – 不管是否处于 SLEEP 状态, 只要 Timer2 保持运行, 且 PWM 使能, 那么 PWM 将一直保持运行。而 Timer2 如需在 SLEEP 下运行, 其时钟源不可选择指令时钟。如果 SLEEP 模式下 Timer2 自动关闭, 那么 PWM 的输出将保持其进入 SLEEP 前的状态。

#### 1.1. PWM 相关寄存器汇总

	Timer2 周期		Timer2 计数器		占空比		死区时间
	MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB	
PWM1	PR2H	PR2L	TMR2H	TMR2L	P1ADTH	P1ADTL	P1DC
/PWM1							
PWM2					P1BDTH	P1BDTL	–
PWM3					P1CDTH	P1CDTL	–
PWM4					P1DDTH	P1DDTL	–

名称	地址	bit 7	bit 6 - 0	复位值 (RW)
PR2H	0x92	PR2 周期高 8 位		1111 1111
PR2L	0x91	PR2 周期低 8 位		1111 1111
TMR2H	0x13	Timer2 计数器高 8 位		0000 0000
TMR2L	0x11	Timer2 计数器低 8 位		0000 0000
P1ADTH	0x14	P1A 占空比高 8 位		0000 0000
P1ADTL	0x0E	P1A 占空比低 8 位		0000 0000
P1BDTH	0x15	P1B 占空比高 8 位		0000 0000
P1BDTL	0x0F	P1B 占空比低 8 位		0000 0000
P1CDTH	0x1A	P1C 占空比高 8 位		0000 0000
P1CDTL	0x10	P1C 占空比低 8 位		0000 0000
P1DDTH	0x09	P1D 占空比高 8 位		0000 0000
P1DDTL	0x08	P1D 占空比低 8 位		0000 0000
P1CON	0x16	-	P1DC (死区时间)	0000 0000

表 1-1 PWM 时序设置

	通道分配			输出使能			极性		
	Ch 0	Ch 1	Ch 2	Ch 0	Ch 1	Ch 2	Ch 0	Ch 1	Ch 2
PWM1	PA6	PB5	PA1	P1A0OE	P1A1OE	P1A2OE	P1A0P	P1A1P	P1A2P
/PWM1	PB1	PB6	PA1	P1A0NOE	P1A1NOE	P1A2NOE	P1A0NP	P1A1NP	P1A2NP
PWM2	PA7	PB7	-	P1B0OE	P1B1OE	-	P1B0P	P1B1P	-
PWM3	PB2	PB0	-	P1C0OE	P1C1OE	-	P1C0P	P1C1P	-
PWM4	PB3	PA3	PA2	P1D0OE	P1D1OE	P1D2OE	P1D0P	P1D1P	P1D2P

名称	bit 7	bit 6 - 0	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	地址	复位值 (RW)
P1OE2	P1D2OE	P1D1OE	P1D0OE	-	-	P1C1OE	P1B1OE	-	0x11B	000- -00-
P1OE	P1C0OE	P1B0OE	P1A2NOE	P1A2OE	P1A1NOE	P1A1OE	P1A0NOE	P1A0OE	0x90	0000 0000
P1POL	P1C0P	P1B0P	P1A2NP	P1A2P	P1A1NP	P1A1P	P1A0NP	P1A0P	0x99	0000 0000
P1POL2	P1D2P	P1D1P	P1D0P	-	-	P1C1P	P1B1P	-	0x109	000- -00-

表 1-2 PWM 输出极性 (1 = 反向, 0 = 正常) 和输出使能位 (1 = 使能, 0 = 关闭)

	关闭 = 0, 使能 = 1			异或(XOR) = 0, 同或(XNOR) = 1			第 2 功能
	Ch 0	Ch 1	Ch 2	Ch 0	Ch 1	Ch 2	
PWM1	-	-	-	-	-	-	N/A
/PWM1	-	-	-	-	-	-	N/A
PWM2	-	-	-	-	-	-	N/A
PWM3	-	P1CF2E	-	-	P1CF2	-	P1C xor/xnor P1D
PWM4	-	P1DF2E		-	P1DF2		P1B xor/xnor P1C

名称	地址	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值 (RW)
P1AUX	0x1E	P1CF2E	P1CF2	P1DF2E	P1DF2	0000

表 1-3 PWM 第 2 功能

名称	4 路 PWM 通道通用控制	寄存器	地址	复位值
PR2U	<u>更新周期和占空比的即时生效控制位</u> 1 = PR2/P1xDTy 缓冲值立即分别更新到 PR2ACT 和 P1xDTyACT 0 = 周期结束后正常更新	T2CON0[7]	0x12	WO1-0
P1BZM	1 = 蜂鸣器 (Buzzer) 模式, 50%占空比 0 = 正常 PWM 模式	T2CON2[3]	0x9E	RW-0
P1OS	1 = 单脉冲 (One pulse) 模式 0 = 正常连续模式	T2CON2[4]		RW-0

表 1-4 4 路 PWM 通道的通用功能控制

名称	控制	寄存器	地址	复位值
P1BKS	<u>PWM 故障源</u> 000: 禁止故障刹车功能      100: LVDW = 1 or BKIN = 0 001: BKIN = 0                101: LVDW = 1 or BKIN = 1 010: BKIN = 1                110: ADC 阈值比较标志位为'1' 011: LVDW = 1                111: 禁止故障刹车功能	P1BR0[6:4]	0x17	RW-0
P1AUE	<u>PWM 自动重启</u> 1 = 当故障条件被清除时, P1BEVT 自动清零, PWM 自动重启 0 = 当故障条件被清除时, P1BEVT 由指令清零, PWM 重启	P1CON[7]	0x16	RW-0

表 1-5 PWM 故障刹车源和自动重启

名称	状态	寄存器	地址	复位值
P1BEVT	<u>PWM 发生故障事件标志位</u> 1 = Yes (锁存, 直至被清零)      0 = No	P1BR0[7]	0x17	RW-0

表 1-6 PWM 故障事件状态位

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值 (RW)
P1BR0	0x17	P1BEVT	P1BKS [2:0]		P1BSS		P1ASS			0000 0000
P1BR1	0x19	P1D2SS		P1DSS		P1C2SS		P1CSS		0000 0000
P1AUX	0x1E	-	-	P1B2SS		-	-	-	-	--00 0000

	故障下，引脚输出状态			备注	
	Ch 0	Ch 1	Ch 2		
PWM1	P1ASS			00 = 高阻; 01 = 逻辑 “0” 1x = 逻辑 “1”; 如 $p1x_{xp} = 0$ , 逻辑 “0” = 0 如 $p1x_{xp} = 1$ , 逻辑 “0” = 1	<sup>(1)</sup> 00 = 高阻; 01 = 0 1x = 1
/PWM1					
PWM2	P1BSS	$P1B2SS^{(1)}$	—		
PWM3	P1CSS	$P1C2SS^{(1)}$	—		
PWM4	P1DSS	$P1D2SS^{(1)}$			

表 1-7 PWM 发生故障时的输出状态

## 1.2. 时钟源

4 路 PWM 通道的专用定时器为 Timer2, 其可选择的 6 个时钟源如下:

- 1x or 2x 指令时钟
- 1x or 2x HIRC
- LIRC
- 1x or 2x 外部时钟 (只有当 FOSC 相应地配置成 LP, XT 或 EC 模式时才有效)

## 1.3. 周期 (Period)

PWM 周期由 Timer2 的 PR2 (PR2H + PR2L) 周期寄存器决定, 如 公式 1-1:

公式 1-1 PWM 周期 =  $(PR2 + 1) * T_{T2CK} * (TMR2 \text{ 预分频值})$

当 Timer2 的计数结果寄存器 TMR2 与 PR2 相等时:

- Timer2 的周期和占空比寄存器 (PR2ACT 和 P1xDTACT) 被更新。
- TMR2 被清零, 即 “TMR2 = 0”。
- P1Ax, P1Bx, P1Cx, P1Dx 输出逻辑 “1”。

## 1.4. 占空比 (Duty Cycle)

4 路 PWM 均具有独立的占空比, 由相应的 2 x 8-bit 寄存器 (P1xDTH, P1xDTL) 设置。P1xDTH 为高 8 位而 P1xDTL 为低 8 位。由于内部的双缓冲设计, P1xDTH 和 P1xDTL 寄存器可在任何时刻被更新写入。

PWM 脉宽 (Pulse width) 和占空比 (Duty cycle) 分别由 公式 1-2 和 公式 1-3 计算得出:

公式 1-2 脉宽 =  $P1xDT * T_{T2CK} * (TMR2 \text{ 预分频值})$

公式 1-3 占空比 =  $P1xDT \div (PR2 + 1)$

## 1.5. 死区 (Deadband) 时间

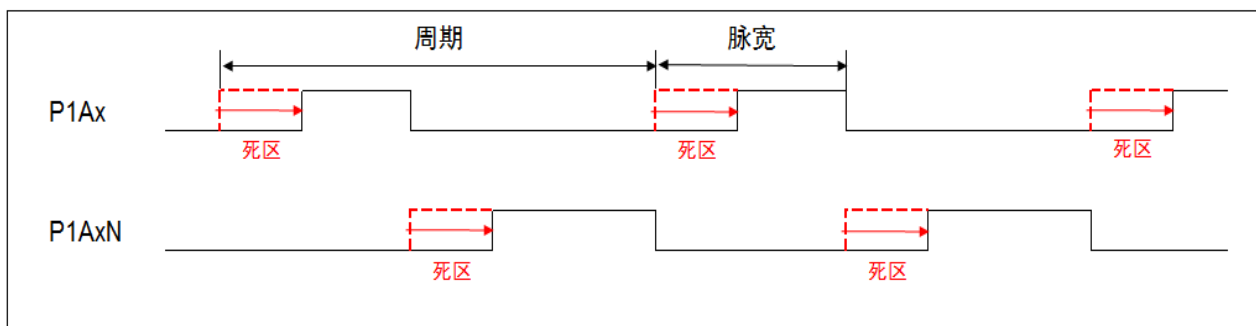


图 1-1 PWM 死区时间时序图

如果  $P1DC \neq "00\ 0000"$ ， $P1Ax$  和  $P1AxN$  ( $P1A$ ) 的低到高转换沿将产生延迟，延迟时间即为“死区”时间。有效脉宽和占空比也相应减小。死区定时器以 Timer2 时钟作为计数时钟源。

## 1.6. 故障刹车 (Fault-Break) 功能

4 路 PWM 均支持故障刹车功能。一旦发生故障刹车事件，且只要故障条件一直存在，PWM 输出引脚将根据其设置一直输出预定状态。TMR2ON 不受影响。故障刹车事件可以为下列条件之一：

- $BKIN = 0$
- $BKIN = 1$
- $LVDW = 1$  (LVDDEB 使能消抖，用于 LVDW 的滤波)
- $LVDW = 1, BKIN = 0$
- $LVDW = 1, BKIN = 1$
- ADC 阈值比较标志位为 '1'

注：  $P1BEVT$  为故障事件状态位。LVDW 不锁存，反映 LVD 的实时比较结果。每次 ADC 转换结束后都会更新阈值比较结果。

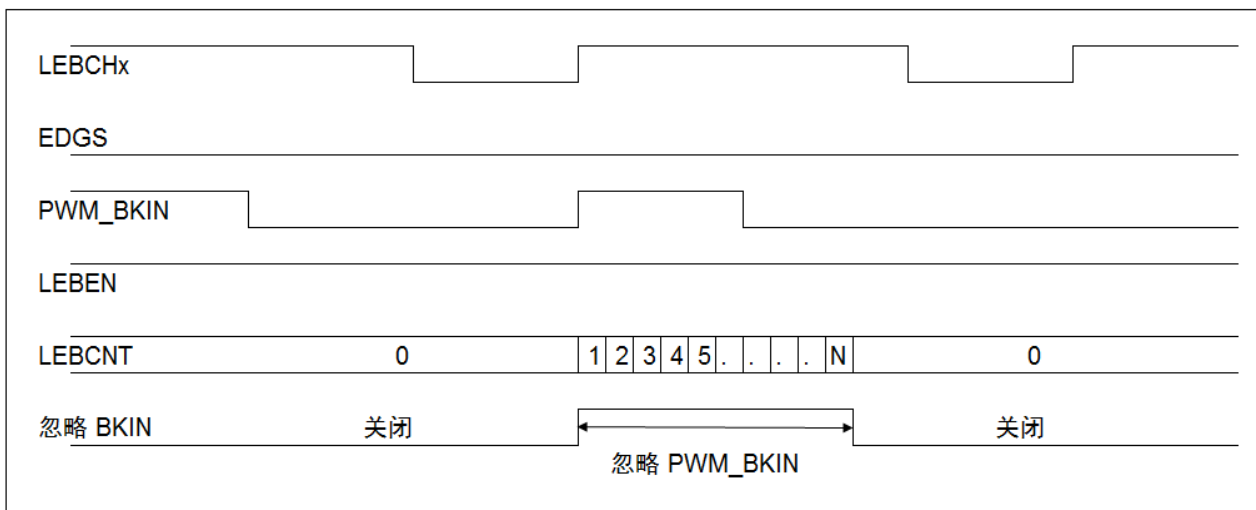


图 1-2 LEB 时序图

如果 “LEBEN = 1”，那么在 LEB 计数时间内将忽略 PWM 故障刹车事件的触发。这种 LEB 特性对 PWM 故障刹车触发 ( $BKIN$ ) 和 ADC 触发均适用，且参数设置也共用。

名称	状态	寄存器	地址	复位值
ADDLY.8 / LEBPR9	ADC 延迟计数器或 LEB 计数器的第 8 位 (参阅“ADDLY”)	ADCON2[3]	0x115	RW-0
ADDLY / LEBPRL	ADC 延迟或 LEB 低 8 位 (非软件触发, ADEX = 1) (延迟时间 = (ADDLY+6)/F <sub>ADC</sub> ) (如果启用 PWM 输出触发 ADC, 在 PWM 运行过程中不得更改 ADDLY)	ADDLY[7:0]	0x188	RW-0000 0000
LEBEN	ADC 触发和 BKIN 的 LEB 使能位 1 = 使能 (当 GO/DONE=1 时进行切换将产生不可预知的结果) 0 = 关闭	LEBCON[7]	0x185	RW-0
LEBCH	LEB 信号源 00 = P1A0                      10 = P1C 01 = P1B                      11 = P1D	LEBCON[6:5]		RW-00
EDGS	LEB 触发沿 0 = 上升沿 1 = 下降沿	LEBCON[3]		RW-0

表 1-8 LEB 用户寄存器

**故障刹车时的输出状态** – 故障刹车时, P1x 输出可以为输入状态(高阻), 输出逻辑高或逻辑低。注意, P1B1, P1C1, P1D1, P1D2 的故障输出状态的控制逻辑与其他 I/O 不同。

**故障清除** – 只要故障条件有效, P1BEVT 便不能由指令清零。只有当故障条件被清除时, P1BEVT 才可被指令清零。

**自动重启模式** – 发生故障刹车时, Timer2 将停止计数。当故障事件结束后, Timer2 将从其停止处恢复计数。4 路 PWM 输出可同时配置成自动重启模式, 否则 PWM 输出必须由指令重启。

### 1.7. 周期和占空比寄存器的更新

周期和各占空比寄存器可随时被更新写入, 但除非使用 PR2U 来使其立即强制更新, 否则直至下一个周期到来时其更新值才会真正有效。

注: 指令可读 PR2 和 P1xDTL, P1xDTH 寄存器, 而 xxxACT 对软件不可见。

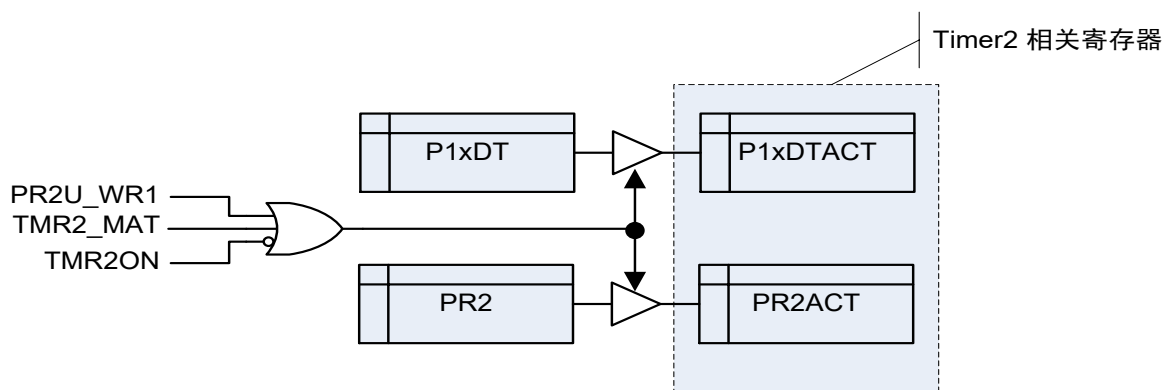


图 1-3 Timer2 寄存器的更新



周期和占空比寄存器的双缓冲读写设计可确保在大部分情况下减少 PWM 输出的毛刺，但如果在非常接近一个周期结束时去更新这些寄存器(特别是在 Timer2 的频率比系统时钟 Sysclk 快的情况下)，则可能发生不可预知的情况，且可能导致 xxxACT 寄存器的值被改为非期望值。

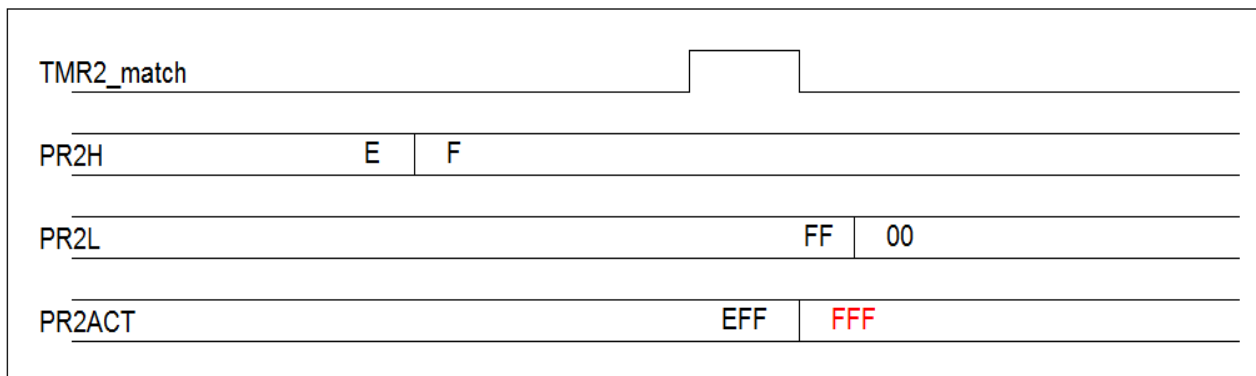


图 1-4 PR2ACT 值被更新成 FFF (期望值为 F00)

因此强烈建议在一个新的周期开始后立即更新 PR2 和 xxxDTx 寄存器。

### 1.8. PWM 输出

**重映射** – 4 路独立占空比的 PWM 通道 P1A, P1B, P1C, P1D, 可映射到不同的 I/O 引脚。PWM1 和 PWM4 可分别映射到 3 个 I/O, PWM2 和 PWM3 可分别映射到 2 个 I/O。

**蜂鸣器 (Buzzer) 模式** – 输出周期为  $(2 \cdot (PR2+1) \cdot T_{T2CK} \cdot (TMR2 \text{ 预分频值}))$ 。P1A, P1B, P1C 和 P1D 将输出 50% 占空比的方波。

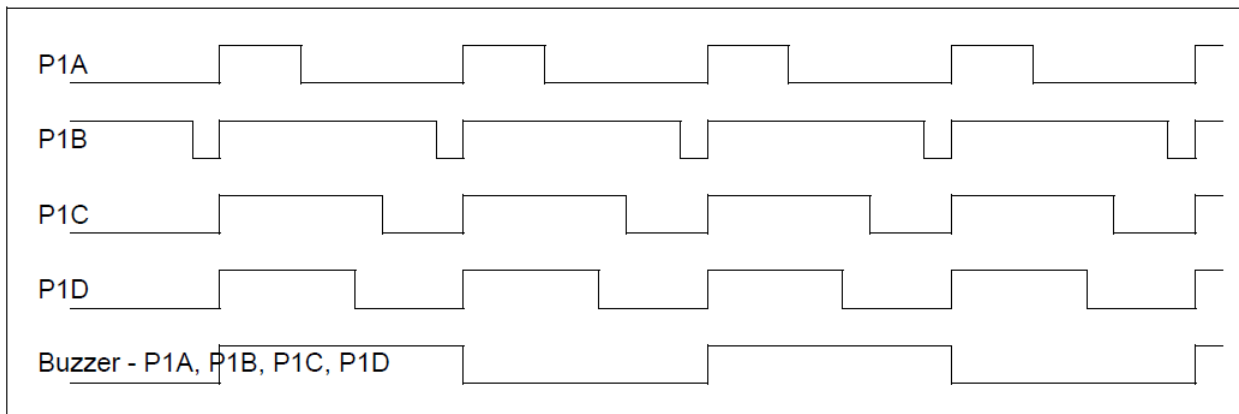


图 1-5 蜂鸣器模式的输出时序图

**单脉冲输出** – P1A, P1B, P1C 和 P1D 将只产生一次相应的单脉冲。

### 1.9. (P1C, P1D) 和 (P1B, P1C) 的第 2 功能输出

PB0 = P1C xor P1D (或 P1C xnor P1D, 参阅 “P1CF2E” 和 “P1CF2”, 表 1-3)。

PA2 和/或 PA3 = P1B xor P1C (或 P1B xnor P1C, 参阅 “P1DF2E” 和 “P1DF2”, 表 1-3)。

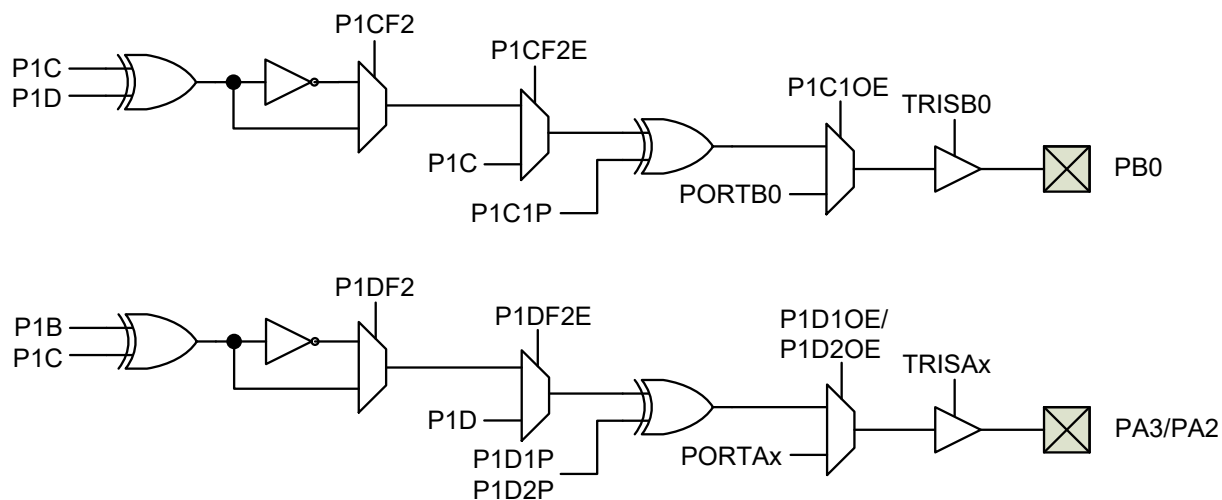


图 1-6 第 2 功能输出结构框图

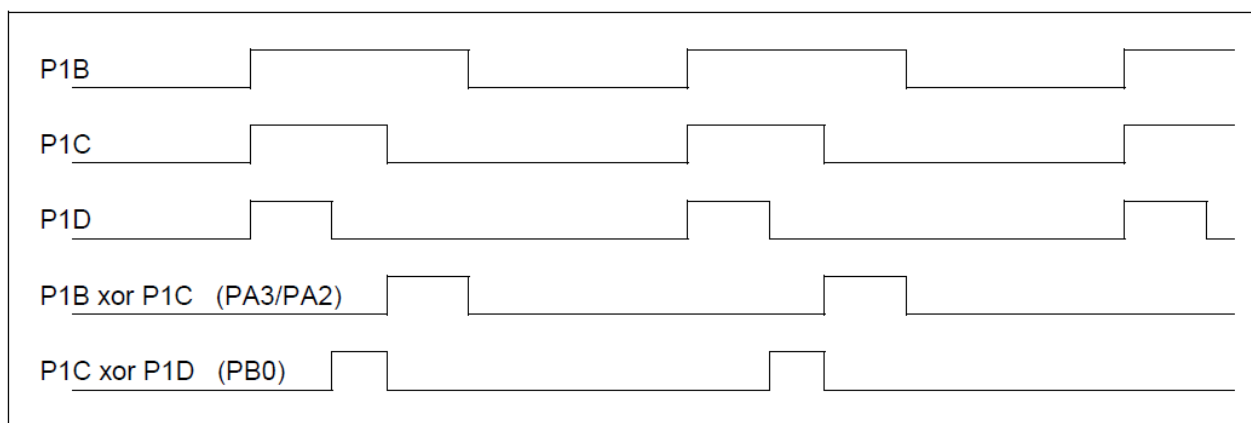


图 1-7 P1B 和 P1C 的第 2 功能时序图

## 2. 应用范例

```
// Project:   test_61F13x_PWM.prj
// Device:    FT61F13X
// Memory:    Flash 3Kx14b, EEPROM 128x8b, SRAM 256x8b
// Company:
// Version:
// Date:
/* 文件名: test_61F13x_PWM.prj
* 功能:      FT61F13x_PWM 功能演示
* IC:        FT61F13 SOP20
* 晶振:      16M/2T
* 说明:      上电后所有 PWM 口输出, 仿真时的烧录口除外。
*
*
*              FT61F135  SOP20
*
*              -----
* VDD-----|1(VDD)  (VSS)20|-----VSS
* NC-----|2(PC1)  (PA0)19|-----[P1A2N]
* NC-----|3(PC0)  (PA1)18|-----[P1A2]
* P1B1-----|4(PB7)  (PA2)17|-----[P1D2]
* [P1A1N]----|5(PB6)  (PA3)16|-----[P1D1]
* [P1A1]-----|6(PB5)  (PA4)15|-----NC
* NC-----|7(PB4)  (PA5)14|-----NC
* P1D0-----|8(PB3)  (PA6)13|-----P1A0
* P1C0-----|9(PB2)  (PA7)12|-----P1B0
* P1A0N-----|10(PB1) (PB0)11|-----[P1C1]
*
*              -----
*/
//=====
#include "SYSCFG.h";
/*-----
* 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/2T=8MHz,0.125μs

    TRISA=0;
    TRISB=0;
    PORTA=0;
    PORTB=0;
}
```

```

/*-----
* 函数名:      PWM_INITIAL
* 功能:        设置 PWM 口输出
* 相关寄存器:  T2CON0 T2CON1 TMR2 PR2 P1OE P1OE2
*              P1ADT P1BDT P1CDT P1DDT P1DC
*-----*/

void PWM_INITIAL(void)
{
    T2CON0=0;          //Bit[6:3]=TOUTPS  后分频比  0000=1:1~1111=1:16
                      //Bit2=TMR2ON    1=TIMER2 打开    0=关闭
                      //Bit[1:0]=T2CKPS  预分频比  00=1:1 01=1:4 1x=1:16

    T2CON1=0X02;       //时钟源为 2xHIRC

    PR2H=0;
    PR2L=31;

    P1OE2=0B11100110;
                      // Bit7=P1D2OE    1=P1D2 输出到 PA2    0=不输出
                      // Bit6=P1D1OE    1=P1D1 输出到 PA3    0=不输出
                      // Bit5=P1D0OE    1=P1D0 输出到 PB3    0=不输出
                      // Bit2=P1C1OE    1=P1C1 输出到 PB0    0=不输出
                      // Bit1=P1B1OE    1=P1B1 输出到 PB7    0=不输出

    TMR2H=0;
    TMR2L=0;

    P1OE=0B11111111;
                      // Bit7=P1C0OE    1=P1C0 输出到 PB2    0=不输出
                      // Bit6=P1B0OE    1=P1B0 输出到 PA7    0=不输出
                      // Bit5=P1A2NOE   1=P1A2N 输出到 PA0    0=不输出
                      // Bit4=P1A2OE    1=P1A2 输出到 PA1    0=不输出
                      // Bit3=P1A1NOE   1=P1A1N 输出到 PB6    0=不输出
                      // Bit2=P1A1OE    1=P1A1 输出到 PB5    0=不输出
                      // Bit1=P1A0NOE   1=P1A0N 输出到 PB1    0=不输出
                      // Bit1=P1A0OE    1=P1A0 输出到 PA6    0=不输出

    P1CON=0B00000001; //死区时间=Bit<6:0>*(1/Fosc)*2=1*(1/16000000)*2=0.125uS

    P1POL=0B00000000; // Bit7=P1C0P 输出极性  1=反向  0=不反向
                      // Bit6=P1B0P 输出极性  1=反向  0=不反向
                      // Bit5=P1A2NP 输出极性  1=反向  0=不反向
                      // Bit4=P1A2P 输出极性  1=反向  0=不反向
                      // Bit3=P1A1NP 输出极性  1=反向  0=不反向
                      // Bit2=P1A1P 输出极性  1=反向  0=不反向

```

```

        // Bit1=P1A0NP 输出极性 1=反向 0=不反向
        // Bit1=P1A0P 输出极性 1=反向 0=不反向

P1POL2=0B11100110;    // Bit7=P1D2P 输出极性 1=反向 0=不反向
                        // Bit6=P1D1P 输出极性 1=反向 0=不反向
                        // Bit5=P1D0P 输出极性 1=反向 0=不反向
                        // Bit2=P1C1P 输出极性 1=反向 0=不反向
                        // Bit1=P1B1P 输出极性 1=反向 0=不反向

P1ADTH=0;
P1ADTL =3;              //P1A 占空比 3/32

P1BDTH=0;
P1BDTL=10;              //P1B 占空比 10/32

P1CDTH=0;
P1CDTL=26;              //P1C 占空比 26/32

P1DDTH=0;
P1DDTL =29;             //P1D 占空比 29/32

T2CON0=T2CON0|0x04;    //Timer2 使能

}
//=====
//函数名: main
//输入:   无
//输出:   无
//=====
main()
{
    POWER_INITIAL();
    PWM_INITIAL();
    while(1)
    {

    }
}
//=====

```

## 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.