



PAN221x 系列

用户手册

V1.3 Apr. 2024

Confidential

上海磐启微电子有限公司

2.4GHz 无线收发 SOC 芯片

概述

PAN221x 系列是一款集成 PIC 内核和 2.4GHz 无线收发器 SOC 芯片, 适合应用于玩具小车、遥控器等领域。PAN221x 系列内置 2KW OTP, 包括 4 个定时器 (可产生 5 路 PWM)、看门狗、UART 等外设。具有高整合度、高抗干扰、高可靠性和低功耗等特点。

PAN221x 系列的射频收发器工作在 2.400 ~ 2.483GHz 世界通用 ISM 频段, 集成发射机、接收机、频率发生器、GFSK 调制解调器等功能模块, 同时支持普通模式和 ACK 模式。通信速率支持 2Mbps/1Mbps/250kbps。

主要特性

• RF

- 频率范围: 2.400 ~ 2.483GHz
- 调制方式: GFSK
- 数据率: 2Mbps、1Mbps、250kbps
- 接收灵敏度:
 - -84dBm @ 2Mbps
 - -88dBm @ 1Mbps
 - -97dBm @ 250kbps
- 发射功率: -45dBm~13dBm
- 接收功耗: 19mA
- 发射功耗: 27.5mA@0dBm

• 片内存储器

- OTP: 2K*16 位
- RAM: (128+16)*8 位
- EEPROM: 32*8 位

• 堆栈

- 8 级硬件堆栈

• 最多支持 9 个 IO

• 8 级代码可配低电压检测系统 (LVD)

- 低电压检测支持中断, 8 级检测阈值可配:
1.87V、1.94V、2.04V、2.2V、2.3V、2.44V、2.54V、2.61V

• 低电压复位 (LVR)

- LVD 功能可复用为 LVR

• 16 类中断源

- 1 类外部中断 (4 个 IO 支持)
- 1 类 IO 翻转中断 (8 个 IO 支持)
- 13 类内部中断: PWM0、PWM1、PWM2、PWM3、PWM4、Timer0、Timer1、Timer2、Timer3、UARTTX、UARTRX、LVD、RF。
所有中断源共用一个入口地址 008H。

• 强大的指令系统

- RISC 1T CPU 内核
- 基本 PANCHIP RISC IDE 开发环境
- 支持汇编 (48 条指令)、C 语言

• 时钟

- 系统时钟: 最高 8M
- 内部高速时钟: RCH、DPLL
- 内部低速时钟: RCL
- 外部高速时钟: XTH

• 工作模式

- 普通模式
- IDLE 模式
- STOP 模式

• 低功耗 (仅限 PAN2210 系列)

- STOP 模式: <2uA @ 3.3V

• 内置看门狗定时器

- 由 RCL 提供工作时钟

• 定时器/计数器

- 1 个 8 位定时器/计数器
 - Timer0: 定时器/外部事件计数器
- 3 个 16 位定时器/计数器
 - Timer1: 定时器/计数器/PWM0、1
 - Timer2: PWM2、3
 - Timer3: PWM4
- 5 路 PWM

• 1 个 UART

- 波特率可配, 支持收、发中断

• 封装

- SOP14
- ESSOP10

• 工作条件

- 工作温度: -40 ~ 85°C
- 工作电压: 2.0 ~ 3.6V
- ESD
 - HBM: ±2kV (SOP14)
±4.5kV (ESSOP10)

典型应用

- 玩具小车
- 遥控器

目录

概述	2
主要特性	2
典型应用	2
目录	3
1 系统结构框图	8
2 引脚定义和说明	9
2.1 引脚图	9
2.2 引脚说明	10
3 存储器	12
3.1 OTP	12
3.2 DATA RAM	12
3.3 EEPROM	13
4 特殊功能寄存器	14
5 系统描述	17
5.1 系统 SFR	17
5.1.1 系统控制寄存器	17
5.2 Program Counter 程序计数器	22
6 GPIO	23
6.1 特性	23
6.2 P0/P1 口	25
7 TIMER/PWM	27
7.1 TIMER0	27
7.1.1 特性	27
7.1.2 寄存器	27
7.1.3 TIMER0 用内部时钟，定时器方式	28
7.1.4 TIMER0 用外部时钟，计数器方式	29
7.2 TIMER1/PWM0、1	30
7.2.1 特性	30
7.2.2 寄存器	30
7.2.3 定时器	33
7.2.4 计数器	33
7.2.5 PWM	34
7.2.5.1 两路 PWM 输出	34
7.2.5.2 PWM 互补输出	35
7.3 TIMER2/PWM2、3	38
7.3.1 特性	38
7.3.2 寄存器	38
7.3.3 PWM	41
7.3.3.1 两路 PWM 输出	41
7.3.3.2 PWM 互补输出	42
7.4 TIMER3/PWM4	45
7.4.1 特性	45
7.4.2 寄存器	45
7.4.3 PWM	47
7.4.3.1 一路 PWM 输出	47
8 WDT	49
8.1 特性	49

8.2	寄存器	49
9	UART	52
10	RF 收发机	54
10.1	概述	54
10.1.1	特性	54
10.1.2	框图	55
10.1.3	功能描述	56
10.1.3.1	工作模式	56
10.1.3.2	普通模式	60
10.1.3.3	增强模式	60
10.1.3.4	增强发送模式	61
10.1.3.5	增强接收模式	61
10.1.3.6	增强模式下的数据包识别	62
10.1.3.7	增强模式下的 PTX 和 PRX 时序图	62
	增强模式下的接收端一对多通信	63
	DATA FIFO	65
10.1.3.8	数据包格式描述	65
	BLE 4.2 广播包	65
	297L 普通型数据包	66
	297L 增强型数据包	66
	297L 增强型 ACK 包	66
	24L01 普通型数据包	66
	24L01 增强型数据包	67
	24L01 增强型 ACK 包	67
	数据包组件描述	67
10.1.3.9	中断引脚	68
10.1.3.10	BLE 白名单	68
10.2	SPI 指令格式	70
10.3	RF 寄存器列表	72
11	中断	86
11.1	特性	86
11.2	寄存器	87
11.3	外部中断 0	89
11.4	外部中断 1	90
11.5	P1 口输入变化中断	91
11.6	其他中断	92
12	复位	93
12.1	上电复位	94
12.2	引脚复位	94
12.3	低电压复位	94
12.4	看门狗复位	95
12.5	下载口复位	96
12.6	寄存器复位	96
13	电源管理	97
13.1	IDLE 模式	97
13.2	STOP 模式	97
14	时钟系统	99
14.1	特性	99
14.2	寄存器	100
15	低电压检测	102

15.1	特性	102
15.2	寄存器	102
16	EEPROM	103
16.1	特性	103
17	操作指令集.....	104
缩略语		107
修订历史		108
联系方式		109

Confidential

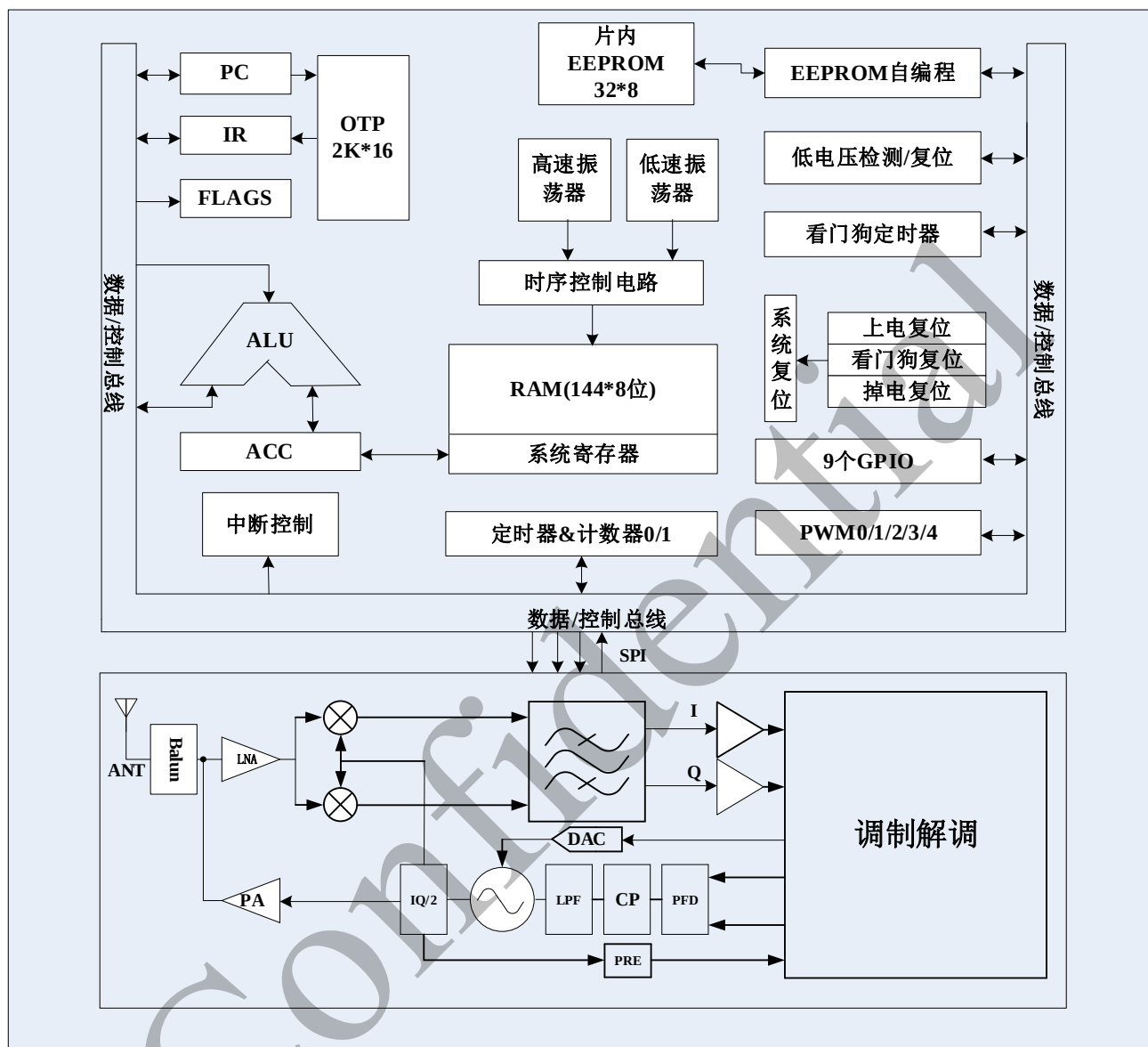
表目录

表 2-1	引脚说明	10
表 3-1	数据存储器地址分配	12
表 6-1	GPIO 真值表.....	24
表 6-2	I/O 口寄存器表.....	24
表 6-3	寄存器说明	25
表 7-1	TIMER0 寄存器列表.....	27
表 7-2	TIMER0 寄存器各位功能表.....	28
表 7-3	TIMER1 寄存器列表.....	30
表 7-4	TIMER1 寄存器各位功能表.....	31
表 7-5	PWM2/3 寄存器列表	38
表 7-6	PWM2、3 寄存器位功能表.....	39
表 7-7	PWM4 寄存器列表	45
表 7-8	PWM4 寄存器位功能表.....	46
表 8-1	WDT 定时器寄存器表	49
表 8-2	WDT 寄存器各位功能表.....	49
表 8-3	WDT 分频和复位时间对应表	51
表 9-1	UART 相关 SFR 寄存器	53
表 10-1	芯片特殊接口	54
表 10-2	RF 收发机工作模式	59
表 10-3	普通模式	59
表 10-4	增强模式	59
表 10-5	多通道地址设置	64
表 10-6	普通模式的数据包形式	66
表 10-7	增强模式的数据包形式	66
表 10-8	增强模式的数据包形式	66
表 10-9	24L01 普通模式的数据包形式.....	66
表 10-10	增强模式的数据包形式	67
表 10-11	增强模式的数据包形式	67
表 11-1	中断寄存器列表	87
表 11-2	中断寄存器各位功能表	87
表 11-3	外部中断 0 寄存器各位功能表	89
表 11-4	外部中断 1 寄存器各位功能表	90
表 11-5	P1 口输入变化中断寄存器功能表	91
表 14-1	时钟系统寄存器列表	100
表 14-2	时钟系统寄存器各位功能表	100
表 15-1	低电压检测寄存器列表	102
表 15-2	低电压检测寄存器各位功能表	102

图目录

图 1-1	系统结构框图.....	8
图 2-1	SOP14 引脚图.....	9
图 2-2	ESSOP10 引脚图.....	9
图 3-1	程序存储器.....	12
图 6-1	GPIO 电路结构图.....	23
图 6-2	P04/VPP 电路结构图.....	23
图 7-1	TIMER0 功能框图.....	27
图 7-2	PWMx 波形.....	35
图 7-3	PWMx 波形.....	42
图 7-4	PWMx 波形.....	48
图 8-1	看门狗定时器功能框图.....	49
图 10-1	RF 收发机框图.....	55
图 10-2	RF 收发机普通模式状态转移图.....	56
图 10-3	RF 收发机增强型发射模式状态转移图.....	57
图 10-4	RF 收发机增强型接收模式状态转移图.....	58
图 10-5	PID 生成和检测.....	62
图 10-6	增强模式的时序图.....	63
图 10-7	星状网络下的数据管道寻址示例.....	64
图 10-8	FIFO 框图.....	65
图 11-1	中断逻辑图.....	86
图 12-1	复位电路原理图.....	93
图 12-2	低压复位示意图.....	94
图 12-3	下载口复位示意图.....	96
图 14-1	时钟框架图.....	99

1 系统结构框图



2 引脚定义和说明

2.1 引脚图

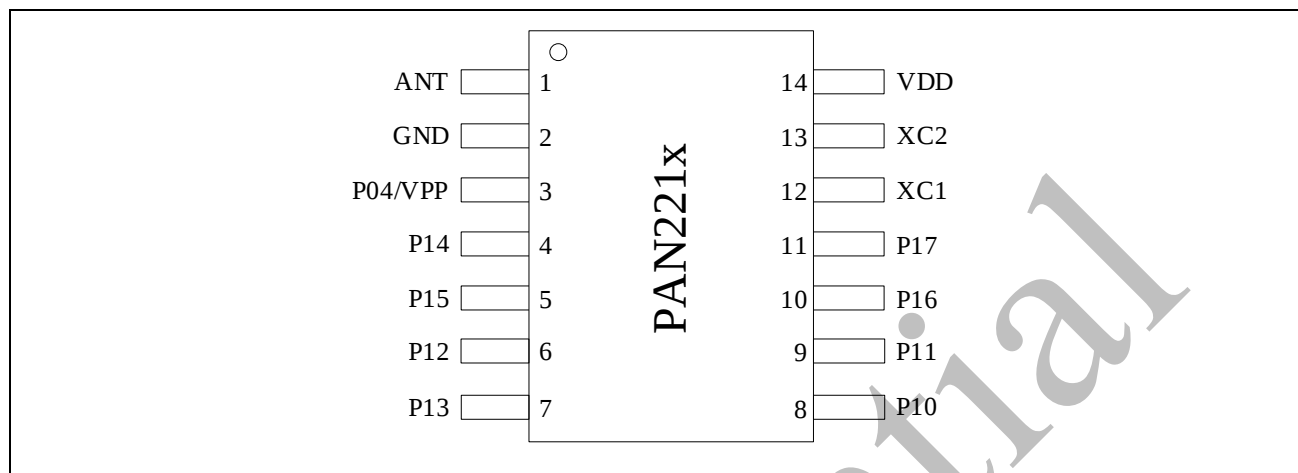


图 2-1 SOP14 引脚图

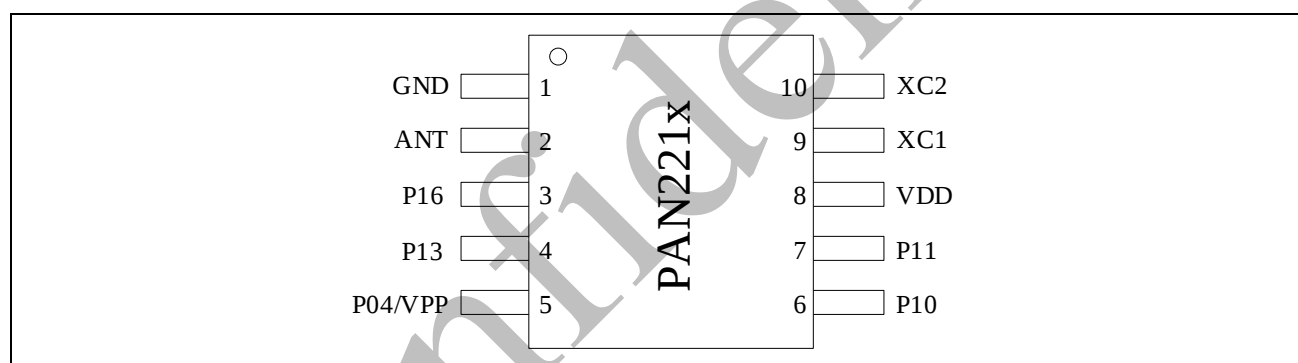


图 2-2 ESSOP10 引脚图

2.2 引脚说明

表 2-1 引脚说明

封装		引脚名称	引脚类型	描述
SOP14	ESSOP10			
1	2	ANT	AIO	天线
2	1	GND	P	地
3	5	VPP(default)	AIO	OTP 烧录管脚
		P04		P04 输入或开漏输出
4	-	P14	IO	通用输入输出 IO, 具有唤醒功能
		PWM4	O	PWM4 输出
		T1	I	定时器 1 计数输入
		ANALOG(default)		模拟模式 (默认)
5	-	P15	IO	通用输入输出 IO, 具有唤醒功能
		PWM0_N	O	PWM0_N 输出
		T0	I	定时器 0 计数输入
		TXD	O	UART TXD 输出
		ANALOG(default)		模拟模式 (默认)
6	-	P12	IO	通用输入输出 IO, 具有唤醒功能
		PWM2	O	PWM2 输出
		INT1	I	外部中断 1 输入端
		LIM_I	O	LIM_I 输出
		TXD	O	UART TXD 输出
		ANALOG(default)		模拟模式 (默认)
7	4	P13	IO	通用输入输出 IO, 具有唤醒功能
		PWM3	O	PWM3 输出
		INT0	I	外部中断 0 输入端
		LIM_Q	O	LIM_Q 输出
		RXD	I	UART RXD 输入
		ANALOG(default)		模拟模式 (默认)
8	6	P10	IO	通用输入输出 IO, 具有唤醒功能
		PWM0	O	PWM0 输出
		INT1	I	外部中断 1 输入端
		RCL	O	RCL 输出

		PCL (default)		PCL 烧录管脚 (默认)
		TXD	O	UART TXD 输出
		ANALOG		模拟模式
9	7	P11	IO	通用输入输出 IO, 具有唤醒功能
		PWM1	O	PWM1 输出
		INT0	I	外部中断 0 输入端
		RCH_DIV	O	RCH 分频输出
		PDA (default)		PDA 烧录 (默认)
		RXD	I	UART RXD 输入
		ANALOG		模拟模式
10	3	P16	IO	通用输入输出 IO, 具有唤醒功能
		PWM1_N	O	PWM1_N 输出
		RXD	I	UART RXD 输入
		ANALOG(default)		模拟模式 (默认)
11	-	P17	IO	通用输入输出 IO, 具有唤醒功能
		PWM2_N	O	PWM2_N 输出
		NRST (default)	I	PAD 复位输入 (默认)
		ANALOG		模拟模式
12	9	XC1	AI	晶振输入
13	10	XC2	AO	晶振输出
14	8	VDD	P	电源

3 存储器

3.1 OTP

程序存储器主要用于指令的存储，在 PAN221x 系列中程序存储器是 2K*16bit 的 OTP。系统复位后地址为 0x0000。

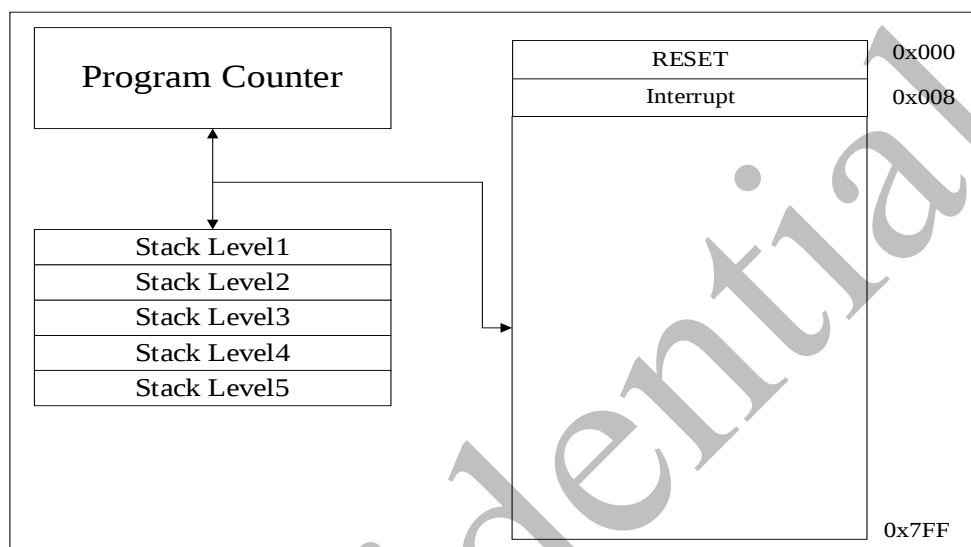


图 3-1 程序存储器

3.2 DATA RAM

数据存储器主要用于程序运行过程中，全局以及中间变量的存储。该存储器分为三个部分。地址的 0x00 至 0x07 是系统特殊功能寄存器，例如间接地址，间接地址指针，状态寄存器，工作寄存器，中断标志位，中断控制寄存器。地址的 0x08 至 0x7F 为外设特殊功能寄存器，例如 IO 端口，定时器，系统特殊功能寄存器和外设特殊功能寄存器是用寄存器实现，而通用数据存储器是 RAM 实现，可以读出也可以写入。

表 3-1 数据存储器地址分配

数据存储器	起始地址	结束地址
系统特殊功能寄存器	0x00	0x07
外设特殊功能寄存器	0x08	0x7F
通用数据存储器	0x80	0xFF

通过 IAR0 以及 MP0 这两个寄存器可以对数据存储器以及特殊功能寄存器进行间接访

问。当从间接地址寄存器(IAR0)读入数据时，MCU 实际上是以 MP0 中的值作为地址去访问数据存储器得到数据。当向间接寄存器(IAR0)写入数据时，MCU 实际上是以 MP0 中的值作为地址去访问数据存储器将值存入该地址。

3.3 EEPROM

注：本节仅限 PAN2210 系列。

PAN2210 系列包含 32 字节的片内 EEPROM 存储器。用户可自行定义该 EEPROM 的功能。

内部 EEPROM 既可以通过自编程功能对其进行读、写、擦操作，也可以通过 2 线下载口对其进行读、写、擦等各种操作。

4 特殊功能寄存器

地址	名称	默认值 (0x)	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
00h	IAR0	00	IAR0[7:0]							
01h	-		-							
02h	MP0	00	MP0[7:0]							
03h	-		-							
04h	STATUS	00			-		OV	Z	AC	C
05h	ACC	00	ACC[7:0]							
06h	IF0	00	-	URXF	UTXF	LVDF	INT1F	T1F	T0F	RFF
07h	IEN0	00	EA	EURX	EUTX	ELVD	EINT1	ET1	ET0	ERF
08h	-		-							
09h	PCL	00	PCL[7:0]							
0Ah	IF1	00	T2F	PWM4F	PWM3F	PWM2F	IOF	INT0F	PWM1F	PWM0F
0Bh	IEN1	00	ET2	EPWM4	EPWM3	EPWM2	EIO	EINT0	EPWM1	EPWM0
0Ch	EXINTS	00	-	-	-	-	E1EG[1:0]		E0EG[1:0]	
0Dh	IF2	00	-							T3F
0Eh	IEN2	00	-							ET3
0Fh	LVDDBC	01	LVDDBC_TIME[7:0]							
10h	CLKCON	04	SRC16M_SEL[1:0]		CLKDIV_SEL[1:0]		RUNWCK	EN_MCU_RCL	CLK16M_SEL	EN_CLK_BUF
11h	PERCON	10	UARTCK_EN	T0CKEN	PWM01CK_EN	LVDNRST_DIS	PWM4CKEN	RFSRST	PWM23CKEN	RFCKEN
12h	SYSCON	25	EN_EE_POWER	PWR_UP	EN_MCU_RCH	EN_DPLL	EN_LDO_DPLL	EN_OTP_POWER	LDO_VSEL_1P8V	EN_LDO_DVDD
13h	LVDCON	10	-	-	MCU_RCH_FSL_CAP[1:0]		MCU_LVD_SEL[2:0]			EN_MCU_LVD
14h	RCLTRIM	55	MCU_RCL_FSEL[7:0]							
15h	RCHTRIM	00	MCU_RCH_FSEL[7:0]							
16h	BGCON	30	AUTO_PD_EN_RF	PMU_IBG_RES[1:0]		PMU_VBG_TRIM[4:0]				
17h	LDOLCON	1C	AUTO_PD_EN_OTP	AUTO_PD_EN_EE	LP_LDO_TRIM[2:0]			MCU_VREF_SEL[2:0]		
18h	XTHCON	0B	EN_CONT_RST	EN_STAR_TUP	EN_COUNTER	OSC_IC	EN_XTAL_FB	XTAL_FC[2:0]		
19h	TSTCON	00	CLOCK_RDY	CHIRPFLAG	COUNT_EXTEND	TST_CLK	TST_LVD	TST_RCH	TST_RCL	TST_V
1Ah	RSTFLAG	01	-	-	-	-	OTP_PROF	LVDF	NRSTF	PORF
1Bh	TSTCON1	00	TST_OTP_DMA	ENTER_PROG_EN	TST_LP_DVDD	TST_LP_VREF	TST_BPF	TST_DAC	TST_VC	TST_VBG
1Ch	P1WK	00	P1WK[7:0]							
1Dh	P1IOCF	00	P1IOCF[7:0]							
20h	P0	11	-	-	-	P0[4]	P0[3]	P0[2]	P0[1]	P0[0]
21h	P0OE	00	-	-	-	P0OE[4]	-	-	-	-
25h	P1	00	P1[7]	P1[6]	P1[5]	P1[4]	P1[3]	P1[2]	P1[1]	P1[0]
26h	P1OE	00	P1OE[7]	P1OE[6]	P1OE[5]	P1OE[4]	P1OE[3]	P1OE[2]	P1OE[1]	P1OE[0]

27h	P1PU	80	P1PU[7]	P1PU[6]	P1PU[5]	P1PU[4]	P1PU[3]	P1PU[2]	P1PU[1]	P1PU[0]	
28h	P1PD	00	P1PD[7]	P1PD[6]	P1PD[5]	P1PD[4]	P1PD[3]	P1PD[2]	P1PD[1]	P1PD[0]	
29h	P1DIEN	83	P1DIEN[7]	P1DIEN[6]	P1DIEN[5]	P1DIEN[4]	P1DIEN[3]	P1DIEN[2]	P1DIEN[1]	P1DIEN[0]	
地址	名称	默认值 (0x)	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
2Ah	IOMUX	18	RCOUT_ EN_32K	RCOUT_EN _16MDIV	P10_TXD_ EN	INT1S	INT0S	P11_RXD _EN	LIM_I_O EN	LIM_Q_O EN	
2Bh	IOMUX2	00	-	-	-	-	P12_TXD_ EN	P13_RXD _EN	P15_TXD _EN	P16_RXD _EN	
2Ch	PADNRSTEN	01	wakeup_time_reg[6:0]								P17_NRS T_EN
30h	ZERO	00	8'h00								
31h	ONE	01	8'h01								
32h	WDTCON	00	WDTRF	WDTSEL	WDTEN	-	WDTs[3:0]				
33h	WDTOVR	FF	WDTOVR[7:0]								
35h	T0CON	00	T0CLR	T0M	-	T0EG	T0PSC[2:0]			T0EN	
36h	T0C	00	T0C[7:0]								
37h	T0OVR	00	T0OVR[7:0]								
3Ah	T1CON0	00	T1CLR	T1M	-	T1EG	T1PSC[2:0]			T1EN	
3Bh	T1CON1	00	PWM1NS	PWM1S	PWM0NS	PWM0S	PWM1NEN	PWM1EN	PWM0NEN	PWM0EN	
3Ch	T1CL	00	T1C[7:0]								
3Dh	T1CH	00	T1C[15:8]								
3Eh	T1OVR	00	T1OVR[7:0]								
3Fh	T1OVRH	00	T1OVR[15:8]								
40h	T1D0L	00	T1D0[7:0]								
41h	T1D0H	00	T1D0[15:8]								
42h	T1D1L	00	T1D1[7:0]								
43h	T1D1H	00	T1D1[15:8]								
48h	T2CON0	00	T2CLR	T2M	-	T2EG	T2PSC[2:0]			T2EN	
49h	T2CON1	00	PWM3NS	PWM3S	PWM2NS	PWM2S	PWM3NEN	PWM3EN	PWM2NEN	PWM2EN	
4Ah	T2CL	00	T2C[7:0]								
4Bh	T2CH	00	T2C[15:8]								
4Ch	T2OVR	00	T2OVR[7:0]								
4Dh	T2OVRH	00	T2OVR[15:8]								
4Eh	T2D0L	00	T2D0[7:0]								
4Fh	T2D0H	00	T2D0[15:8]								
50h	T2D1L	00	T2D1[7:0]								
51h	T2D1H	00	T2D1[15:8]								
56h	T3CON1	00	T3EN	T3PSC[2:0]			-	PWM4S	-	PWM4EN	
57h	T3CL	00	T3C[7:0]								
58h	T3CH	00	T3C[15:8]								
59h	T3OVR	00	T3OVR[7:0]								
5Ah	T3OVRH	00	T3OVR[15:8]								
5Bh	T3D0L	00	T3D0[7:0]								
5Ch	T3D0H	00	T3D0[15:8]								
5Fh	UDBUF	00	UDBUF[7:0]								

60h	UBAUDL	45	UBAUD[7:0]							
61h	UBAUDH	00	-	-	-	-	UBAUD[11:8]			
65h	IAPADRL	FF	IAPADR[7:0]							
66h	IAPADRH	07	-	-	-	-	-	IAPADR[10:8]		
67h	IAPDATL	00	IAPDAT[7:0]							
地址	名称	默认值 (0x)	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
68h	IAPDATH	00	IAPDAT[15:8]							
69h	IAPCON	00	-	IAPLOCK	-	-	-	-	-	-
6Ah	IAPTRIG	00	IAPTRIG[7:0]							
6Bh	E2CON	00	PTM[3:0]				-	PERS	PCE	PWE
80h~FFh			通用 RAM							

5 系统描述

5.1 系统 SFR

5.1.1 系统控制寄存器

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0Fh	LVDDBC	0x01	LVDDBC_TIME[7:0]							
10h	CLKCON	0x04	SRC16M_SEL[1:0]		CLKDIV_SEL[1:0]		RUNWCK	EN_MCU_RCL	CLK16MSEL	EN_CLK_BUF
11h	PERCON	0x10	UARTCKEN	T0CKEN	PWM01CKEN	LVDNRSTDIS	PWM4CKEN	RFSRST	PWM23CKEN	RFCKEN
12h	SYSCON	0x25	Reserved*	PWR_UP	EN_MCU_RCH	EN_DPLL	EN_LDO_DPLL	EN_OTP_POWER	LDO_VSEL_1P8V	EN_LDO_DVDD
13h	LVDCON	0x10	-	-	MCU_RCH_FSL_CAP[1:0]		MCU_LVD_SEL[2:0]			EN_MCU_LVD
14h	RCLTRIM	0x55	MCU_RCL_FSEL[7:0]							
15h	RCHTRIM	0x00	MCU_RCH_FSEL[7:0]							
16h	BGCON	0x30	AUTO_PDEN_RF	PMU_IBG_RES[1:0]		PMU_VBG_TRIM[4:0]				
17h	LDOLCON	0x1C	AUTO_PDEN_OTP	AUTO_PDEN_EE	LP_LDO_TRIM[2:0]			MCU_VREF_SEL[2:0]		
18h	XTHCON	0x0B	EN_CONT_RST	EN_STARTUP	EN_COUNTER	OSC_IC	EN_XTAL_FB	XTAL_FC[2:0]		
19h	TSTCON	0x00	CLOCK_RDY	CHIRPFLAG	COUNT_EXTEND	TST_CLK	TST_LVD	TST_RCH	TST_RCL	TST_V
1Ah	RSTFLAG	0x01	-	-	-	-	OTP_PROF	LVDF	NRSTF	PORF
1Bh	TSTCON1	0x00	TST_OTP_DMA	ENTER_PROG_EN	TST_LP_DVDD	TST_LP_VREF	TST_BPF	TST_DAC	TST_VC	TST_VBG

*此位必须为 0

0Fh	LVDDBC				LVDDBC	
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明	
7:0	LVDDBC_TIME	R/W	0x01		LVD 复位去抖时间设置, step 31.25us, 最大 8ms, 注意该寄存器不支持配置为 0x00, 有效值为 0x01~0xFF	
10h	CLKCON				CLKCON	
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明	
7:6	SRC16M_SEL[1:0]	R/W	00	10	MCU 时钟源选择控制位 00: MCU 使用 RC 时钟 01: MCU 使用 OSC 时钟 10: MCU 使用 DPLL 时钟 11: MCU 使用 DPLL 时钟	
5:4	CLKDIV_SEL[1:0]	R/W	00		系统时钟频率选择 00: 8M 01: 4M 10: 2M 11: 1M	
3	RUNWCK	R/W	0		看门狗时钟 WCK 作为 CPUCLK 使能位 1: CPUCLK 为 WCK 0: CPUCLK 为系统时钟	

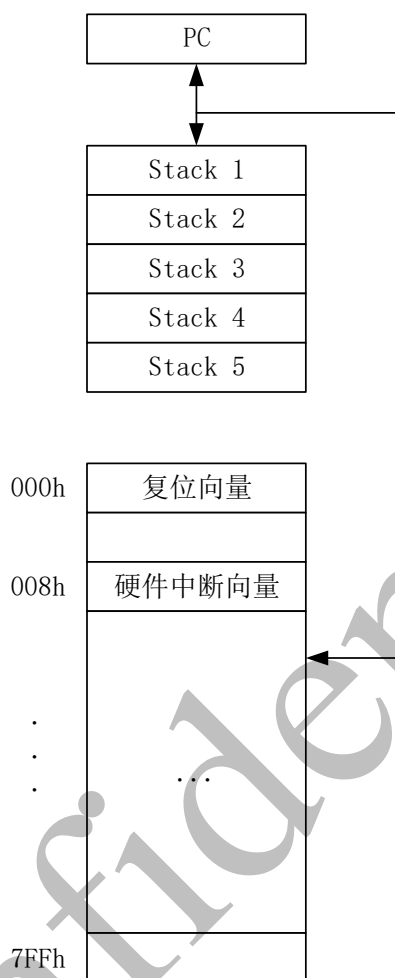
2	EN_MCU_RCL	R/W	1		RCL 使能控制, 1: 使能, 0: 关闭
1	Reserved	R/W	0		Note: 只能配 0
0	EN_CLK_BUF	R/W	0	1	晶振时钟 XTH 输出 buffer 使能 1: XTH 输出 buffer 使能 0: XTH 输出 buffer 关闭
11h				PERCON	
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明
7	UARTCKEN	R/W	0		1: UART 时钟打开 0: UART 时钟关闭
6	T0CKEN	R/W	0		1: timer0 时钟打开 0: timer0 时钟关闭
5	PWM01CKEN	R/W	0		1: timer1/PWM01 时钟打开 0: timer1/PWM01 时钟关闭
4	LVDNRSTDIS	R/W	1		1: LVD 复位功能关闭 0: LVD 复位功能打开
3	PWM4CKEN	R/W	0		1: PWM4 时钟打开 0: PWM4 时钟关闭
2	RFSRST	R/W	0	0	1: RF 软复位使能 0: RF 软复位不使能
1	PWM23CKEN	R/W	0		1: PWM23 时钟打开 0: PWM23 时钟关闭
0	RFCKEN	R/W	0	1	1: RF 时钟打开 0: RF 时钟关闭
12h				SYSCON	
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明
7	EN_EE_POWER	R/W	0		EEPROM POWER 使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
6	PWR_UP	R/W	0	1	晶振启动使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
5	EN_MCU_RCH	R/W	1	1	RCH 使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
4	EN_DPLL	R/W	0	1	DPLL 使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
3	EN_LDO_DPLL	R/W	0	1	DPLL LDO 使能控制, 1: 打开, 0: 关掉
2	EN_OTP_POWER	R/W	1	1	OTPPower 使能控制, 1: 打开, 0: 关掉
1	LDO_VSEL_1P8V	R/W	0	0	LDOH 输出电压调整 1: 1.85V, 0: 1.8V
0	EN_LDO_DVDD	R/W	1	1	DVDD 强 LDO 使能控制, 1: 打开, 0: 关闭
13h				LVDCON	
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明
5:4	MCU_RCH_FSL_CAP[1:0]	R/W	01	01	RCH_16M 频率控制粗调位, 00-->11 频率下降, 2.4MHz/Step 00: 21.28M Hz 01: 16.01M Hz 10: 13.4M Hz 11: 11.07M Hz

3:1	MCU_LVD_SEL	R/W	000		LVD 档位选择 000: 低电压检测阈值 1.87V 001: 低电压检测阈值 1.94V 010: 低电压检测阈值 2.04V 011: 低电压检测阈值 2.20V 100: 低电压检测阈值 2.30V 101: 低电压检测阈值 2.44V 110: 低电压检测阈值 2.54V 111: 低电压检测阈值 2.61V
0	EN_MCU_LVD	R/W	0		LVD 使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
14h	RCLTRIM				
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明
7:0	MCU_RCL_FSEL[7:0]	R/W	0x55	0x10	[7:6]: 32K 粗调, 00 -->11 频率升高, 6.2kHz/Step 00: 25.67kHz 01: 32kHz 10: 38.09kHz 11: 44.22kHz [5:0]: 32k 细调, 000000 -->111111 频率降低, 默认输出 32kHz, 153 Hz/Step, 调节范围 26.4k~35.68kHz
15h	RCHTRIM				
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明
7:0	MCU_RCH_FSEL[7:0]	R/W	0x00	0x58	RCH_16M 频率控制细调, 00000000 -->11111111 频率升高, 默认输出 9M, 调节范围 9M~21.37MHz, 48kHz/Step
16h	BGCON				
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明
7	AUTO_PDEN_RF	R/W	0		0: Stop 模式 RF 不自动断电 1: Stop 模式 RF 自动断电
6:5	PMU_IBG_RES[1:0]	R/W	01	01	Bandgap 电流源电阻控制 00, 122K; 01, 126K; 10, 130K; 11, 134K
4:0	PMU_VBG_TRIM[4:0]	R/W	10000		Bandgap 基准输出控制 00000~11111, 1.194V~1.323V, 4mV/Step
17h	LDOLCON				
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明
7	AUTO_PDEN_OTP	R/W	0		0: Stop 模式 OTP 不自动断电 1: Stop 模式 OTP 自动断电
6	AUTO_PDEN_EE	R/W	0		0: Stop 模式 EEPROM 不自动断电 1: Stop 模式 EEPROM 自动断电
5:3	LP_LDO_TRIM[2:0]	R/W	011		弱 LDO 电压校正 默认输出 1.8V, 000 到 111 电压下降, 87.5mV/Step
2:0	MCU_VREF_SEL[2:0]	R/W	100		弱 LDO 参考电压调整 000~111, 1.193V~1.548V, 步长 50mV
18h	XTHCON				
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明

7	EN_CONT_RST	R/W	0		晶振快速启动控制, 计数 reset 信号 0: 复位 1: 释放
6	EN_STARTUP	R/W	0		晶振快速启动控制, 时钟快速启动模块使能 1: 打开 0: 关闭
5	EN_COUNTER	R/W	0		XTH RDY 计数器控制使能 1: 打开 0: 关闭
4	OSC_IC	R/W	0		晶振电流源控制 1: 小电流 0: 大电流
3	EN_XTAL_FB	R/W	1		晶振反馈环使能 1: 闭环 0: 开环
2:0	XTAL_FC[2:0]	R/W	011		晶振频率微调控制 000: 14pF 111: 18.9pF
19h	TSTCON				
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明
7	CLOCK_RDY	RO	0		晶振快速启动只读信号, 比 COUNT_DONE 延迟 3 个时钟周期
6	CHIRPFLAG	RO	0		晶振快速启动只读信号 1: 快速启动正在工作 0: 快速启动不工作
5	COUNT_EXTEND	R/W	0		晶振快速启动控制, 计数器计数长度选择, 即延时长度 1: $(2^{11})/16M$ 0: $(2^{10})/16M$
4	TST_CLK	R/W	0		MCU 时钟测试总开关使能, 包括 RCH/RCL 1: 打开 0: 关闭
3	TST_LVD	R/W	0		MCU LVD 测试使能 1: 打开 0: 关闭
2	TST_RCH	R/W	0		MCU RCH 测试使能 1: 打开 0: 关闭
1	TST_RCL	R/W	0		MCU RCL 测试使能 1: 打开 0: 关闭
0	TST_V	R/W	0		电压测试总开关, 包括 DAC\VC\VBG 1: 打开 0: 关闭
1Ah	RSTFLAG				
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明
3	OTP_PROF	RO	0		OTP 代码保护只读标志位, 由 CONFIG 区

					设置 1: 保护 0: 不保护
2	LVDF	R/W	0		1: LVD 复位标志位, 写 0 清除 0: 未产生 LVD 复位
1	NRSTF	R/W	0		1: PAD 复位标志位, 写 0 清除 0: 未产生 PAD 复位
0	PORF	R/W	1		1: POR 复位标志位, 写 0 清除 0: 未产生 POR 复位
1Bh	TSTCON1				
位	符号	读写	默认值	推荐值	说明
7	TST_OTP_DMA	R/W	0		OTP DMA 电流测试模式, 将 DMA MUX 到 P16 1: 打开 0: 关闭
6	ENTER_PROG_EN	R/W	0		RESET WINDOW 之后允许进入两线模式 1: 打开 (任何时候都可以进入两线模式) 0: 关闭 (只有在 RESET WINDOW 才可以进入两线模式)
5	TST_LP_DVDD	R/W	0		弱 LDO 输出电压测试使能 1: 打开 0: 关闭
4	TST_LP_VREF	R/W	0		弱 LDO 参考电压测试使能 1: 打开 0: 关闭
3	TST_BPF	R/W	0		接收滤波器测试使能: 1: 打开 0: 关闭
2	TST_DAC	R/W	0		发射 DAC 测试使能 1: 打开 0: 关闭
1	TST_VC	R/W	0		PLL VCTRL 测试使能 1: 打开 0: 关闭
0	TST_VBG	R/W	0		BandGap 基准电压测试使能 1: 打开 0: 关闭

5.2 Program Counter 程序计数器



000h 是 RESET 后的程序起始地址；008h 是所有中断对应的入口地址；每条程序是 16 位，总共 2K*16bit。

6 GPIO

6.1 特性

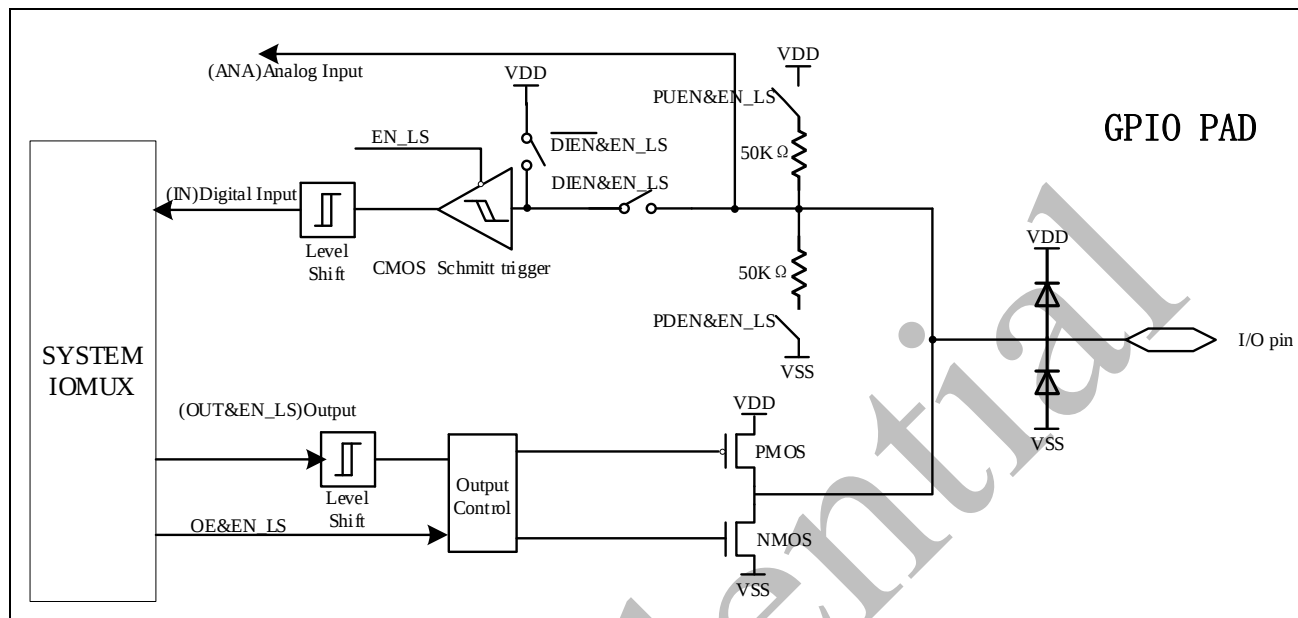


图 6-1 GPIO 电路结构图

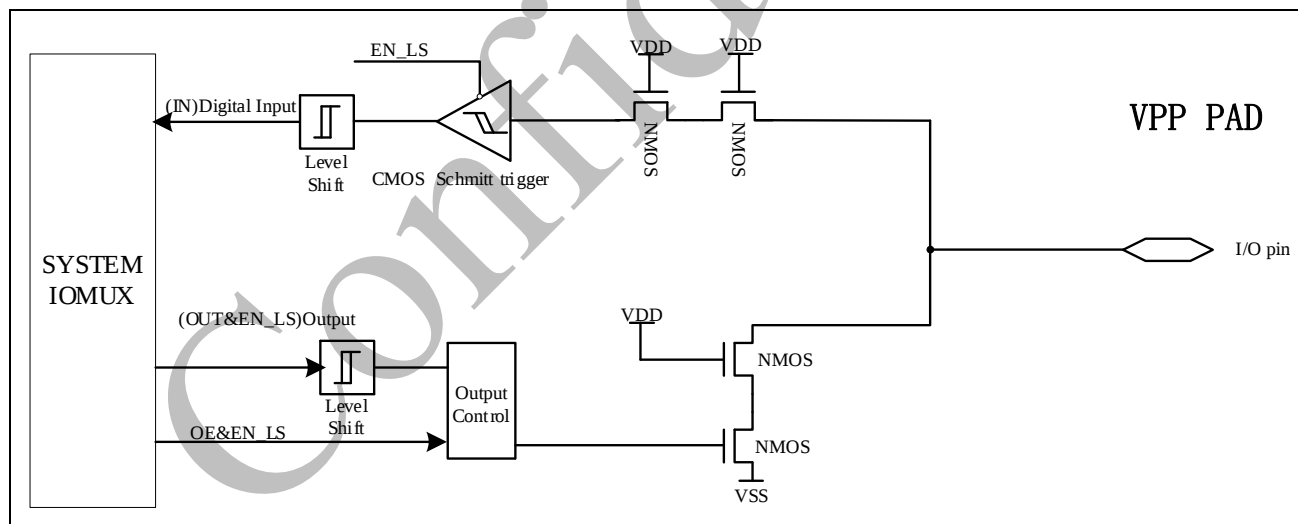


图 6-2 P04/VPP 电路结构图

表 6-1 GPIO 真值表

GPIO	DIEN	OE	OUT	PU	PD	MODE
	0	1	1/0	0	0	1: PUSH-PULL Output Mode, PAD=OUT
	0	1/0	0	0	0	2: OPEN-DRAIN Output Mode PAD=OUT 非
	1	0	X	0	0	3: Input Mode, IN=PAD
	1	0	X	1	0	4: Pull Up Mode, PAD=HIGH
	1	0	X	0	1	5: Pull Down Mode, PAD=LOW
	0	0	X	0	0	6: Analog input/Analog output(数字输入端上拉不漏电)
P04/VPP	DIEN	OE	OUT	PU	PD	MODE
	X	1/0	0	X	X	1: OPEN-DRAIN Output Mode PAD=OUT 非
	X	0	X	X	X	2: Input Mode, IN=PAD

为客户提供最多 9 个 IO 端口，其中 8 个 P1 口均具有唤醒、上下拉功能。1 个 P0 口（P0.4）只能作为输入/OD 输出使用，不具有唤醒功能，P0.4 默认弱下拉。

另外，4 个内部的 P0 口（P0.3、P0.2、P0.1、P0.0），只给片内的 RF 使用。

表 6-2 I/O 口寄存器表

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
1Ch	P1WK	0x00	P1WK[7:0]							
1Dh	P1IOCF	0x00	P1IOCF[7:0]							
20h	P0	0x11	-	-	-	P0[4]	P0[3]	P0[2]	P0[1]	P0[0]
21h	P0OE	0x00	-	-	-	P0OE[4]	-	-	-	-
25h	P1	0x00	P1[7:0]							
26h	P1OE	0x00	P1OE[7:0]							
27h	P1PU	0x80	P1PU[7:0]							
28h	P1PD	0x00	P1PD[7:0]							
29h	P1DIEN	0x83	P1DIEN[7:0]							
2Ah	IOMUX	0x18	RCOUT_EN_32K	RCOUT_EN_16MDIV	P10_TXD_EN	INT1S	INT0S	P11_RXD_EN	LIM_I_OEN	LIM_Q_OEN
2Bh	IOMUX2	0x00					P12_TXD_EN	P13_RXD_EN	P15_TXD_EN	P16_RXD_EN
2Ch	PADNRS_TEN	0x81	WAKEUP_TIME_REG[6:0]							
										P17_Nrst_EN

6.2 P0/P1 口

表 6-3 寄存器说明

1CH P1WK				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	P1WK[7:0]	R/W	0x00	P1x 口唤醒使能控制位 1: 相应 P1 口使能唤醒 0: 相应 P1 口禁止唤醒
1DH P1IOCF				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	P1IOCF[7:0]	R	0x00	P1x 口输入变化中断/唤醒状态位 1: 相应 P1 口被触发 0: 相应 P1 口无触发
20H P0				
位	符号	读写	默认值	说明
4	P0[4]	R/W	1	P0.4 数据位
3	P0[3]	R/W	0	芯片内部使用, 一直为输入, 接 RF 的 miso
2	P0[2]	R/W	0	芯片内部使用, 一直为输出, 接 RF 的 mosi
1	P0[1]	R/W	0	芯片内部使用, 一直为输出, 接 RF 的 csk
0	P0[0]	R/W	1	芯片内部使用, 一直为输出, 接 RF 的 csn
21H P0OE				
位	符号	读写	默认值	说明
4	P0OE[4]	R/W	0	P04 输出使能控制位 1: 打开 0: 关闭
25H P1				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	P1[7:0]	R/W	0x00	P1x 数据位
26H P1OE				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	P1OE[7:0]	R/W	0x00	P1x 输出使能控制位 (注意: IOMUX 也会影响 P1 口的 OE 功能) 1: 输出使能 0: 输出关闭
27H P1PU				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	P1PU[7:0]	R/W	0x80	P1x 上拉电阻使能控制位 1: 使能上拉 0: 禁止上拉
28H P1PD				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	P1PD[7:0]	R/W	0x00	P1x 下拉电阻使能控制位 1: 使能下拉 0: 禁止下拉
29H P1DIEN				
位	符号	读写	默认值	说明

7:0	P1DIEN[7:0]	R/W	0x83	P1x 数字输入使能端 1: P1x 数字输入使能 0: P1x 数字输入关闭, 数字输入连接到地
2AH	IOMUX			
位	符号	读写	默认值	说明
7	RCOUT_EN_32K	R/W	0	1: 使能 P10 输出 RCL 0: 禁止 P10 输出 RCL
6	RCOUT_EN_16MDIV	R/W	0	1: 使能 P11 输出 RCH 的分频时钟 0: 禁止 P11 输出 RCH 的分频时钟
5	P10_TXD_EN	R/W	0	1: 使能 P10 输出 UART TXD 0: 禁止 P10 输出 UART TXD
4	INT1S	R/W	1	外部中断 1 选择 1: P1.2 为外部中断 1 口 0: P1.0 为外部中断 1 口
3	INT0S	R/W	1	外部中断 0 选择 1: P1.3 为外部中断 0 口 0: P1.1 为外部中断 0 口
2	P11_RXD_EN	R/W	0	1: 使能 P11 输入 UART RXD 0: 禁止 P11 输入 UART RXD
1	LIM_I_OEN	R/W	0	1: 使能 P12 输出 RF 测试信号 LIMIT_I 0: 禁止 P12 输出 RF 测试信号 LIMIT_I
0	LIM_Q_OEN	R/W	0	1: 使能 P13 输出 RF 测试信号 LIMIT_Q 0: 禁止 P13 输出 RF 测试信号 LIMIT_Q
2BH	IOMUX2			
位	符号	读写	默认值	说明
3	P12_TXD_EN	R/W	0	1: 使能 P12 输出 UART TXD 0: 禁止 P12 输出 UART TXD
2	P13_RXD_EN	R/W	0	1: 使能 P13 输入 UART RXD 0: 禁止 P13 输入 UART RXD
1	P15_TXD_EN	R/W	0	1: 使能 P15 输出 UART TXD 0: 禁止 P15 输出 UART TXD
0	P16_RXD_EN	R/W	0	1: 使能 P16 输入 UART RXD 0: 禁止 P16 输入 UART RXD
2CH	PADNRSTEN			
位	符号	读写	默认值	说明
7:1	wakeup_time_reg[6:0]	R/W	1000000	唤醒等待时间 WAKEUP_TIME[8:0] = { wakeup_time_reg[6], 1'b0, wakeup_time_reg[5:0], 1'b0} wakeup_time_reg[6]=0, 0~3937.5us 可配, 62.5us/step; wakeup_time_reg[6]=1, (0~3937.5us 可配, 62.5us/step)+8ms, 默认 8ms
0	P17_NRST_EN	R/W	1	1: P17 作为复位 PAD 使用 0: P17 作为 GPIO 使用

7 TIMER/PWM

7.1 TIMER0

7.1.1 特性

TIMER0 为 8 位 Timer，可以工作于定时器模式、计数器模式。

工作于定时器模式：定时时间由 T0PSC[2:0]配置预分频比来控制，定时器从 T0C 的配置值（默认值为 0x00）开始向上计数，计数到 T0OVR 时产生溢出中断。

工作于计数器模式：根据 T0EG 的配置值(0:上升沿，1:下降沿)，对端口 P1.5 的输入信号的上升沿或下降沿进行计数。计数器从 T0C 的配置值（默认值为 0x00）开始向上计数，计数到 T0OVR 值时产生溢出中断。

TIMER0 中断服务程序入口地址为 008h。

TIMER0 对应的中断标志位(T0F)为中断标志寄存器 IF0（SFR：0x06)的 bit1。

TIMER0 对应的中断使能位(ET0)为中断使能寄存器 IEN0（SFR：0x07)的 bit1。

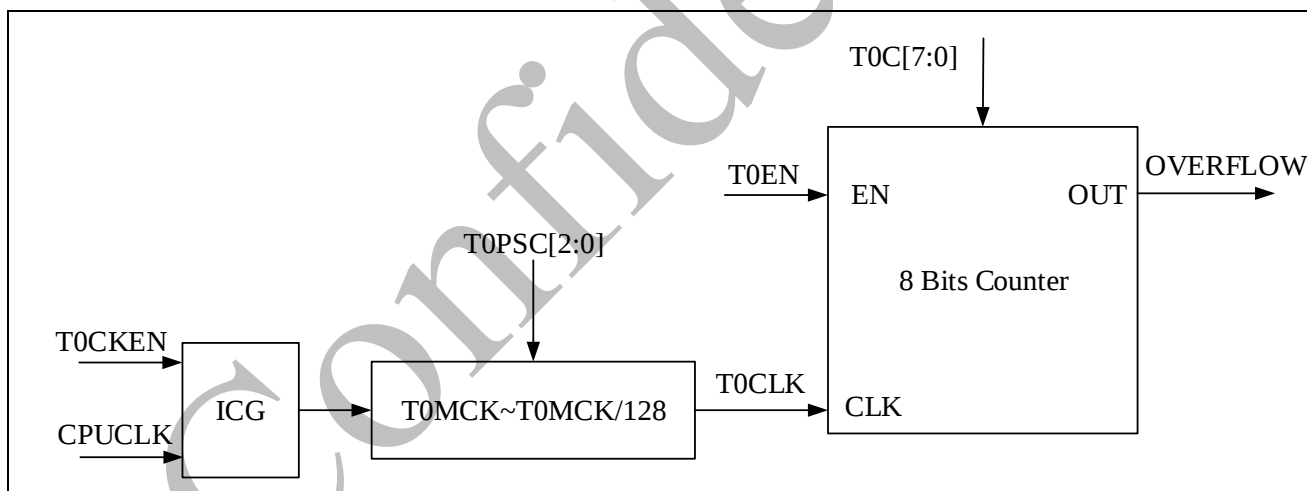


图 7-1 TIMER0 功能框图

7.1.2 寄存器

表 7-1 TIMER0 寄存器列表

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
06h	IF0	0x00							T0F	
07h	IEN0	0x00	EA						ET0	
35h	T0CON	0x00	T0CLR	T0M		T0EG	T0PSC[2:0]			T0EN
36h	T0C	0x00	T0C[7:0]							
37h	T0OVR	0x00	T0OVR[7:0]							

表 7-2 TIMER0 寄存器各位功能表

T0CON	35H																					
位	符号	读写	默认值	说明																		
7	T0CLR	R/W	0	定时器 0 复位计数寄存器 T0C 使能位 1: 使能定时器 0 复位计数寄存器 T0C 0: 禁止定时器 0 复位计数寄存器 T0C 此位置 1 时, T0C 值会清零, 复位完成后硬件自动置 0																		
6	T0M	R/W	0	定时器/计数器 0 模式选择位 1: 计数器模式 0: 定时器模式																		
4	T0EG	R/W	0	计数器的有效沿选择位 1: 下降沿计数 0: 上升沿计数																		
3:1	T0PSC[2:0]	R/W	000	定时器/计数器时钟选择 <table><tr><td>T0PSC[2:0]</td><td>T0CLK</td></tr><tr><td>000</td><td>MCK</td></tr><tr><td>001</td><td>MCK/2</td></tr><tr><td>010</td><td>MCK/4</td></tr><tr><td>011</td><td>MCK/8</td></tr><tr><td>100</td><td>MCK/16</td></tr><tr><td>101</td><td>MCK/32</td></tr><tr><td>110</td><td>MCK/64</td></tr><tr><td>111</td><td>MCK/128</td></tr></table>	T0PSC[2:0]	T0CLK	000	MCK	001	MCK/2	010	MCK/4	011	MCK/8	100	MCK/16	101	MCK/32	110	MCK/64	111	MCK/128
T0PSC[2:0]	T0CLK																					
000	MCK																					
001	MCK/2																					
010	MCK/4																					
011	MCK/8																					
100	MCK/16																					
101	MCK/32																					
110	MCK/64																					
111	MCK/128																					
0	T0EN	R/W	0	定时器/计数器 0 使能位 1: 使能定时器/计数器 0 0: 禁止定时器/计数器 0																		
T0C	36H																					
位	符号	读写	默认值	说明																		
7:0	T0C[7:0]	R/W	0x00	定时器/计数器计数寄存器																		
T0OVR	37H																					
位	符号	读写	默认值	说明																		
7:0	T0OVR[7:0]	R/W	0x00	定时器/计数器溢出寄存器																		

7.1.3 TIMER0 用内部时钟, 定时器方式

定时器模块的输入为 CPUCLK。在定时器模块集成了一个分频器, 分频的时钟 T0CLK 作为 8bits 计数器的输入时钟。当用户设置了定时器模块的使能标志, 8 bits 计数器将启动, 将会从 T0C 递增到 T0OVR。当用户开启定时器 T0 中断, 定时超时发生时, 中断标志位会置 1, 程序计数器会跳转到 008h 以执行中断服务程序。

操作:

1. 打开 T0CKEN;
2. 设置 T0PSC 分频比, 配置 T0PSC[2:0];

3. 设置为定时器模式， $T0M=0$;
4. 设置定时初始值至 $T0C$ ，一般设为 0;
5. 设置定时器溢出值至 $T0OVR$ ； $T0$ 定时时间= $(T0OVR[7:0]-T0C+1)/T0CLK$;
6. 使能定时器 $T0$ 中断： $ET0$ 与 EA ;
7. 使能定时器 $T0$ ： $T0EN=1$;
8. 到达设置的时间，程序会跳转到 008h，进入中断服务程序后，由软件清中断标志位，即 $T0F=0$ 。

7.1.4 TIMER0 用外部时钟，计数器方式

根据 $T0EG$ 的配置值(0:上升沿，1:下降沿)，对端口 $P1.5$ 的输入信号的上升沿或下降沿进行计数。 $TIMER0$ 开始工作于 8 位重加载计数器模式，计数器由 0 开始，计数到 $T0OVR[7:0]$ 时溢出，用户开启定时器 $T0$ 中断后，中断标志位会自动置 1，程序计数器会跳转到 008h 以执行中断服务程序。

操作：

1. 打开 $T0CKEN$;
2. 设置端口 $P1.5$ 为输入模式;
3. 设置为计数器模式， $T0M=1$;
4. 设置 $T0EG$ (0:上升沿，1:下降沿)，配置输入信号上升沿或下降沿有效。
5. 设置计数器初值至 $T0C$ 。一般设为 0;
6. 设置计数器溢出值至 $T0OVR$ 。计数次数= $(T0OVR[7:0]-T0C+1)$;
7. 使能定时器 $T0$ 中断： $ET0$ 与 EA 。
8. 使能定时器 $T0$ ： $T0EN=1$;
9. 当计数溢出时，程序会跳转到 008h，进入中断服务程序后，由软件清中断标志位，即 $T0F=0$ 。

7.2 TIMER1/PWM0、1

7.2.1 特性

TIMER1 为 16 位 Basic Timer。可以工作于定时器模式、计数器模式、PWM 模式。

工作于定时器模式：定时时间由 T1PSC[2:0]配置预分频比来控制，定时器从 T1C 的配置值（默认值为 0x0000）开始向上计数，计数到 T1OVR 时产生溢出中断。

工作于计数器模式：根据 T1EG 的配置值(0:上升沿，1:下降沿)，对端口 P1.4 的输入信号的上升沿或下降沿进行计数。计数器从 T1C 的配置值（默认值为 0x0000）开始向上计数，计数到 T1OVR 值时产生溢出中断。

工作于 PWM 模式：根据 T1D0、T1D1 设置 PWM0、1 的占空比。

TIMER1 中断服务程序入口地址为 008h。

TIMER1 对应的中断标志位(T1F)为中断标志寄存器 IF0（SFR：0x06)的 bit2。

TIMER1 对应的中断使能位(ET1)为中断使能寄存器 IEN0（SFR：0x07)的 bit2。

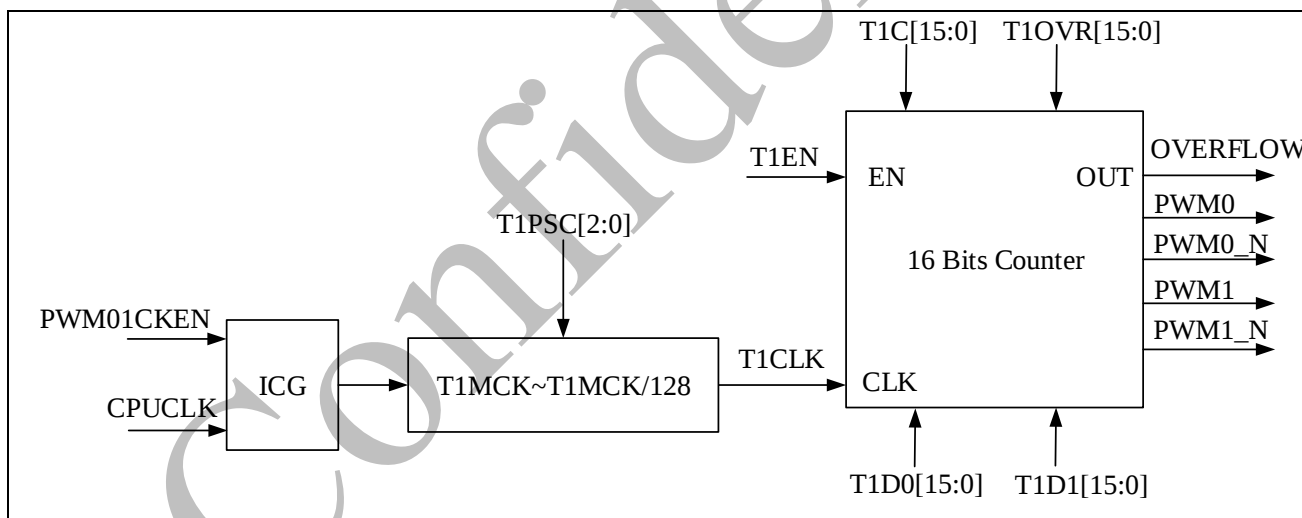


图 7-2 TIMER1 功能框图

7.2.2 寄存器

表 7-3 TIMER1 寄存器列表

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
06h	IF0	0x00						T1F		
07h	IEN0	0x00	EA					ET1		
0Ah	IF1	0x00							PWM1F	PWM0F
0Bh	IEN1	0x00							EPWM1	EPWM0
3Ah	T1CON0	0x00	T1CLR	T1M		T1EG	T1PSC[2:0]			T1EN

3Bh	TICON1	0x00	PWM1NS	PWM1S	PWM0NS	PWM0S	PWM1NEN	PWM1EN	PWM0NEN	PWM0EN
3Ch	T1CL	0x00	T1C[7:0]							
3Dh	T1CH	0x00	T1C[15:8]							
3Eh	T1OVR	0x00	T1OVR[7:0]							
3Fh	T1OVRH	0x00	T1OVR[15:8]							
40h	T1D0L	0x00	T1D0[7:0]							
41h	T1D0H	0x00	T1D0[15:8]							
42h	T1D1L	0x00	T1D1[7:0]							
43h	T1D1H	0x00	T1D1[15:8]							

表 7-4 TIMER1 寄存器各位功能表

TICON0		3AH			
位	符号	读写	默认值	说明	
7	T1CLR	R/W	0	定时器 1 复位计数寄存器 T1C 使能位 1: 使能定时器 1 复位计数寄存器 T1C 0: 禁止定时器 1 复位计数寄存器 T1C 此位置 1 时, T1C 值会清零, 复位完成后硬件自动置 0	
6	T1M	R/W	0	定时器/计数器 1 模式选择位 1: 计数器模式 0: 定时器模式	
4	T1EG	R/W	0	计数器的有效沿选择位 1: 下降沿计数 0: 上升沿计数	
3:1	T1PSC[2:0]	R/W	000	定时器/计数器时钟选择	
				T1PSC[2:0]	T1CLK
				000	MCK
				001	MCK/2
				010	MCK/4
				011	MCK/8
				100	MCK/16
				101	MCK/32
				110	MCK/64
111	MCK/128				
0	T1EN	R/W	0	定时器/计数器 1 使能位 1: 使能定时器/计数器 1 0: 禁止定时器/计数器 1	
TICON1		3BH			
位	符号	读写	默认值	说明	
7	PWM1NS	R/W	0	PWM1N 输出有效电平选择位 (和 PWM1 电平互补) 1: PWM1N 初始电平为 0, 占空比期间为高电平。 0: PWM1N 初始电平为 1, 占空比期间为低电平。	
6	PWM1S	R/W	0	PWM1 输出有效电平选择位 1: PWM1 初始电平为 1, 占空比期间为低电平。 0: PWM1 初始电平为 0, 占空比期间为高电平。	
5	PWM0NS	R/W	0	PWM0N 输出有效电平选择位 (和 PWM0 电平互补) 1: PWM0N 初始电平为 0, 占空比期间为高电平。	

				0: PWM0N 初始电平为 1, 占空比期间为低电平。
4	PWM0S	R/W	0	PWM0 输出有效电平选择位 1: PWM0 初始电平为 1, 占空比期间为低电平。 0: PWM0 初始电平为 0, 占空比期间为高电平。
3	PWM1NEN	R/W	0	PWM1 互补输出使能位 1: 使能 PWM1 互补输出 0: 关闭 PWM1 互补输出
2	PWM1EN	R/W	0	PWM1 使能位 1: 使能 PWM1 输出 0: 关闭 PWM1 输出
1	PWM0NEN	R/W	0	PWM0 互补输出使能位 1: 使能 PWM0 互补输出 0: 关闭 PWM0 互补输出
0	PWM0EN	R/W	0	PWM0 使能位 1: 使能 PWM0 输出 0: 关闭 PWM0 输出
T1CH 3DH				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T1C[15:8]	R/W	0x00	定时器/计数器计数寄存器
T1CL 3CH				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T1C[7:0]	R/W	0x00	定时器/计数器计数寄存器
T1OVRH 3FH				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T1OVR[15:8]	R/W	0x00	定时器/计数器溢出寄存器
T1OVRH 3EH				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T1OVR[7:0]	R/W	0x00	定时器/计数器溢出寄存器
T1D0H 41H				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T1D0[15:8]	R/W	0x00	PWM0 占空比高 8 位寄存器
T1D0L 40H				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T1D0[7:0]	R/W	0x00	PWM0 占空比低 8 位寄存器
T1D1H 43H				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T1D1[15:8]	R/W	0x00	PWM1 占空比高 8 位寄存器
T1D1L 42H				
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T1D1[7:0]	R/W	0x00	PWM1 占空比低 8 位寄存器
IF1 0AH				
位	符号	读写	默认值	说明
1	PWM1F	R/W	0	PWM1 占空比中断标志位
0	PWM0F	R/W	0	PWM0 占空比中断标志位
IEN1 0BH				
位	符号	读写	默认值	说明
1	EPWM1	R/W	0	PWM1 占空比中断使能位

				1: 开启 PWM1 占空比中断 0: 关闭 PWM1 占空比中断
0	EPWM0	R/W	0	PWM0 占空比中断使能位 1: 开启 PWM0 占空比中断 0: 关闭 PWM0 占空比中断

注：对于定时器 16 位寄存器，读写统一要求如下：

要求先高 8 位，后低 8 位，同时写入 2 字节方有效，否则可能会出现错误。

7.2.3 定时器

定时器模块的输入为 MCK。在定时器模块集成了一个分频器，分频的时钟 T1CLK 作为 16 bits 计数器的输入时钟。当用户设置了定时器模块的使能标志，16 bits 计数器将启动，将会从 0 递增到 T1OVR。用户需要设置 T1OVR（定时器模块中断信号选择器）以选择定时超时中断信号。当定时超时发生时，中断标志位会自设置，程序计数器会跳转到 08h 以执行中断服务程序。

操作：

1. 打开 PWM01CKEN;
2. 设置 T1CLK，选择定时器/计数器时钟；
3. 设置 T1M，配置为定时器模式；
4. 设置 T1OVR，选择定时器溢出值；
5. 设置寄存器标志位：ET1 与 EA，使能定时器中断；
6. 设置寄存器标志位：T1EN，使能定时器；
7. 当定时器超时发生时，程序计数器会跳转到 008H；

$$T1 \text{ 定时时间} = (T1OVR[15:0] - T1C + 1) / T1CLK$$

7.2.4 计数器

工作于 16 位重加载计数器模式时，根据 T1EG 的配置值（0：上升沿，1：下降沿），对端口 P1.4 的输入信号的上升沿或下降沿进行计数。TIMER1 开始工作于 16 位重加载计数器模式，计数器从 0 开始，计数到 T1OVR[15:0]溢出值产生中断。

操作：

1. 打开 PWM01CKEN;

2. 设置 T1CLK,选择定时器/计数器时钟;
3. 设置 T1M, 配置为计数器模式;
4. 设置 T1OVR, 选择定时器溢出值;
5. 设置 T1EG (0: 上升沿, 1: 下降沿), 选择上升沿或下降沿进行计数;
6. 设置寄存器标志位: ET1 与 EA, 使能定时器中断;
7. 设置寄存器标志位: T1EN, 使能定时器;
8. 当定时超时发生时, 程序计数器会跳转到 008H。

$$\text{计数次数} = (\text{T1OVR}[15:0] - \text{T1C} + 1)$$

7.2.5 PWM

定时器 1 有两路 PWM0/1 输出, 两路 PWM 的周期大小通过配置 T1PSC[2:0]和 T1OVR[15:0]来实现, PWM0 占空比由 T1D0[15:0]来调整, PWM0NEN 配置 PWM0 互补输出。PWM1 占空比由 T1D1[15:0]来调整, PWM1NEN 配置 PWM1 互补输出。

7.2.5.1 两路 PWM 输出

$$\text{PWM 的周期} = (\text{T1OVR}[15:0] + 1) / \text{T1CLK}$$

$$\text{PWMx 的占空比} = \text{T1Dx}[15:0] / (\text{T1OVR}[15:0] + 1)$$

操作:

1. 打开 PWM01CKEN;
2. 设置 T1PSC[2:0], 配置两路 PWM 时钟;
3. 设置 T1OVR, 设置两路 PWM 周期;
4. 设置 T1Dx, 设置 PWMx 占空比;
5. 设置 PWMxS, 设置 PWMx 输出有效电平;
6. 设置寄存器标志位: PWMxEN, 使能 PWMx 输出;
7. 设置寄存器标志位: T1EN, 使能定时器;
8. 当 PWMx 内部计数器计数等于 T1Dx 时, 占空比中断标志会置位, 如此时占空比中断使能打开, 程序计数器会跳转到 008H;
9. 当 T1C 计数等于 T1OVR 时, 中断标志会置位。定时器 1 中断使能位如打开的话,

程序计数器会跳转到 008H。

周期为 $T1OVR+1$ ，PWM0 高电平脉宽为 $T1D0$ 。PWM0 波形输出如下：

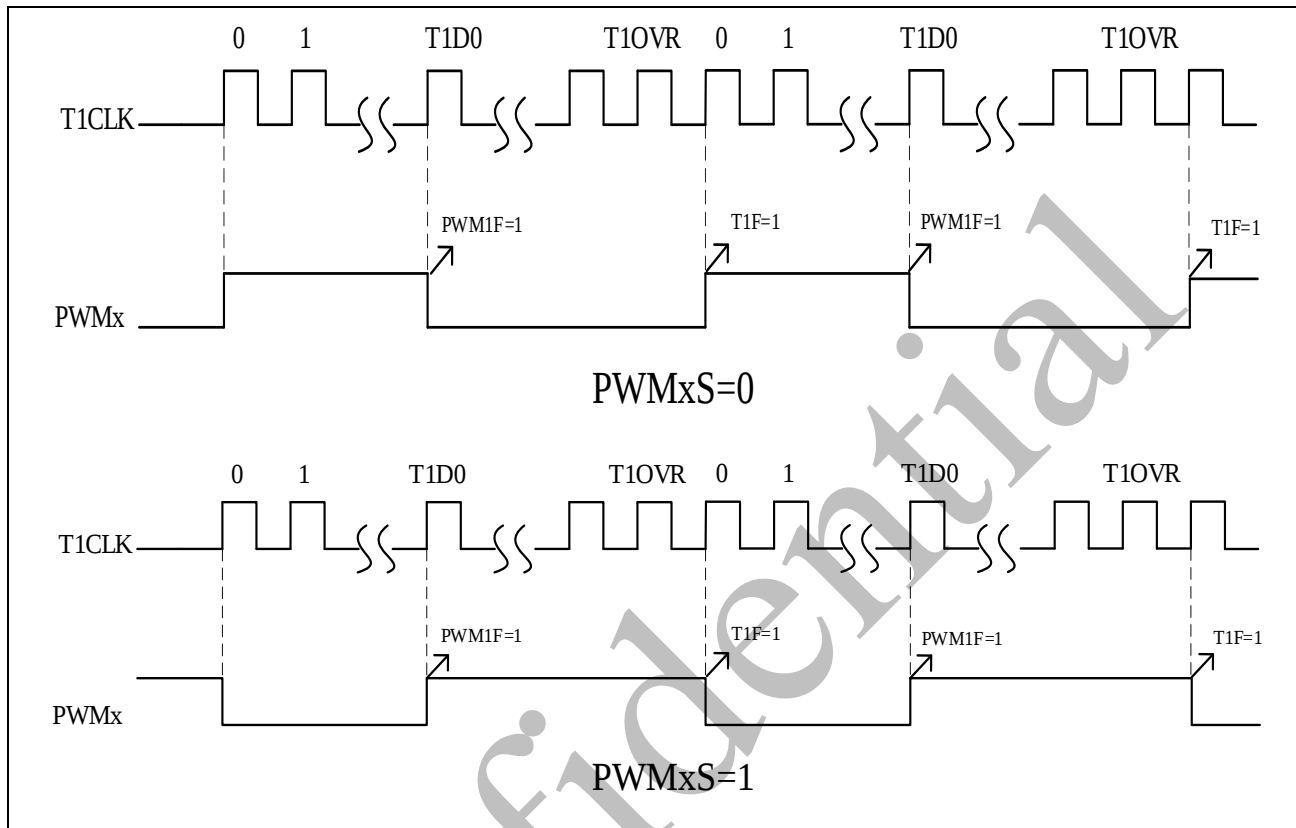


图 7-2 PWMx 波形

7.2.5.2 PWM 互补输出

PWM 的周期 = $(T1OVR[15:0]+1) / T1CLK$

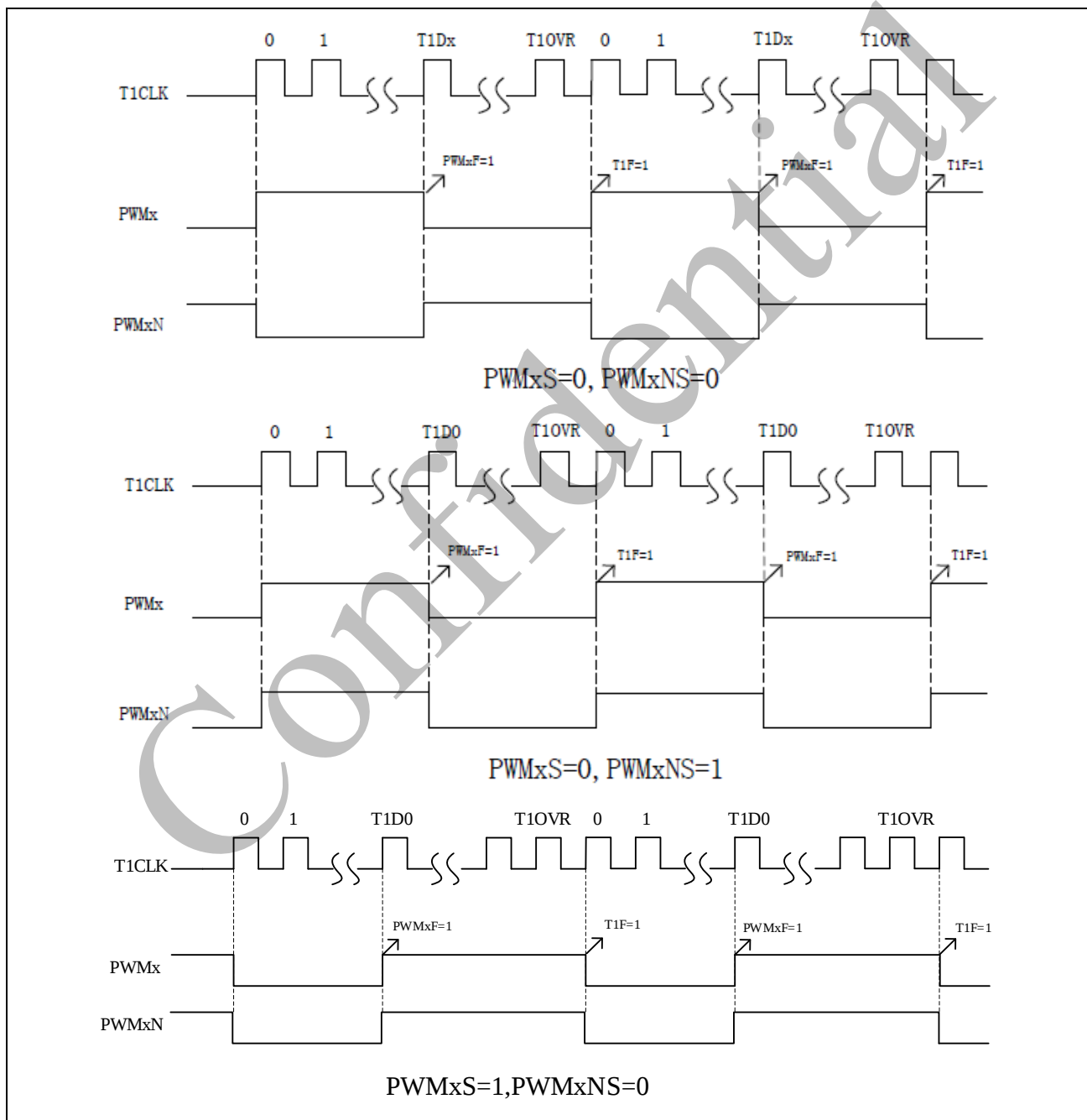
PWMx 的占空比 = $T1Dx[15:0]/(T1OVR[15:0] + 1)$

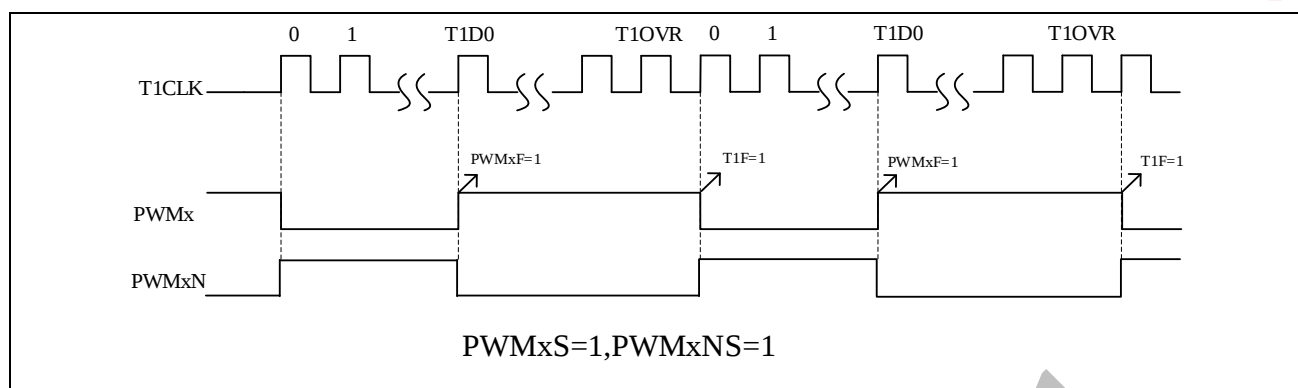
操作：

1. 打开 PWM01CKEN；
2. 设置 T1PSC[2:0]，配置两路 PWM 时钟；
3. 设置 T1OVR，设置两路 PWM 周期；
4. 设置 T1Dx，设置 PWMx 占空比；
5. 设置 PWMxS 和 PWMxNS，设置 PWMx 和 PWMxN 互补输出有效电平；
6. 设置寄存器标志位：PWMxEN 和 PWMxNEN，使能 PWMx 和 PWMN 互补输出；
7. 设置寄存器标志位：T1EN，使能定时器；

8. 当 PWM 内部计数器计数等于 $T1Dx$ 时，占空比中断标志会置位，如此时占空比中断使能打开，程序计数器会跳转到 008H；
9. 当 $T1C$ 计数等于 $T1OVR$ 时，中断标志会置位。定时器 1 中断使能位如果打开的话，程序计数器会跳转到 008H。

周期为 $T1OVR+1$ ， $PWMx$ 高电平脉宽为 $T1Dx$ 。 $PWMx$ 波形输出如下：





Confidential

7.3 TIMER2/PWM2、3

7.3.1 特性

PWM2、3 与 TIMER1 的 PWM 功能一样，只工作于 PWM 模式。

工作于 PWM 模式：根据 T2D0、T2D1 设置 PWM2、3 的占空比。

TIMER2 中断服务程序入口地址为 008h。

TIMER2 对应的中断标志位(T2F)为中断标志寄存器 IF1（SFR：0x0A)的 bit7。

TIMER2 对应的中断使能位(ET2)为中断使能寄存器 IEN1（SFR：0x0B)的 bit7。

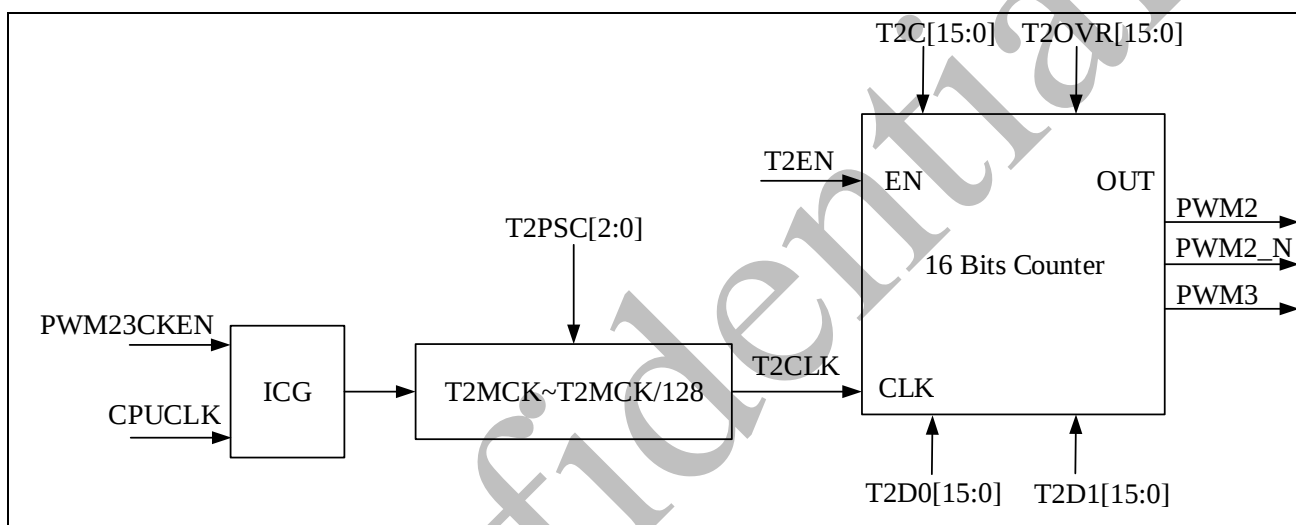


图 7-3 TIMER2 功能框图

7.3.2 寄存器

表 7-5 PWM2/3 寄存器列表

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0Ah	IF1	0x00	T2F		PWM3F	PWM2F				
0Bh	IEN1	0x00	ET2		EPWM3	EPWM2				
48h	T2CON0	0x00	T2CLR	T2M			T2PSC[2:0]			T2EN
49h	T2CON1	0x00	PWM3NS	PWM3S	PWM2NS	PWM2S	PWM3NEN	PWM3EN	PWM2NEN	PWM2EN
4Ah	T2CL	0x00	T2C[7:0]							
4Bh	T2CH	0x00	T2C[15:8]							
4Ch	T2OVR	0x00	T2OVR[7:0]							
4Dh	T2OVRH	0x00	T2OVR[15:8]							
4Eh	T2D0L	0x00	T2D0[7:0]							
4Fh	T2D0H	0x00	T2D0[15:8]							
50h	T2D1L	0x00	T2D1[7:0]							
51h	T2D1H	0x00	T2D1[15:8]							

表 7-6 PWM2、3 寄存器位功能表

T2CON0		48H																				
位	符号	读写	默认值	说明																		
7	T2CLR	R/W	0	定时器 2 复位计数寄存器 T2C 使能位 1: 使能定时器 2 复位计数寄存器 T2C 0: 禁止定时器 2 复位计数寄存器 T2C 此位置 1 时，T2C 值会清零，复位完成后硬件自动置 0																		
6	T2M	R/W	0	定时器/计数器 2 模式选择位 1: 计数器模式（不支持） 0: 定时器模式																		
3:1	T2PSC[2:0]	R/W	000	定时器/计数器时钟选择 <table><tr><td>T2PSC[2:0]</td><td>T2CLK</td></tr><tr><td>000</td><td>MCK</td></tr><tr><td>001</td><td>MCK/2</td></tr><tr><td>010</td><td>MCK/4</td></tr><tr><td>011</td><td>MCK/8</td></tr><tr><td>100</td><td>MCK/16</td></tr><tr><td>101</td><td>MCK/32</td></tr><tr><td>110</td><td>MCK/64</td></tr><tr><td>111</td><td>MCK/128</td></tr></table>	T2PSC[2:0]	T2CLK	000	MCK	001	MCK/2	010	MCK/4	011	MCK/8	100	MCK/16	101	MCK/32	110	MCK/64	111	MCK/128
T2PSC[2:0]	T2CLK																					
000	MCK																					
001	MCK/2																					
010	MCK/4																					
011	MCK/8																					
100	MCK/16																					
101	MCK/32																					
110	MCK/64																					
111	MCK/128																					
0	T2EN	R/W	0	定时器/计数器 2 使能位 1: 使能定时器/计数器 2 0: 禁止定时器/计数器 2																		
T2CON1		49H																				
位	符号	读写	默认值	说明																		
7	PWM3NS	R/W	0	PWM3N 输出有效电平选择位（和 PWM3 电平互补） 1: PWM3N 初始电平为 0，占空比期间为高电平。 0: PWM3N 初始电平为 1，占空比期间为低电平。																		
6	PWM3S	R/W	0	PWM3 输出有效电平选择位 1: PWM3 初始电平为 1，占空比期间为低电平。 0: PWM3 初始电平为 0，占空比期间为高电平。																		
5	PWM2NS	R/W	0	PWM2N 输出有效电平选择位（和 PWM2 电平互补） 1: PWM2N 初始电平为 0，占空比期间为高电平。 0: PWM2N 初始电平为 1，占空比期间为低电平。																		
4	PWM2S	R/W	0	PWM2 输出有效电平选择位 1: PWM2 初始电平为 1，占空比期间为低电平。 0: PWM2 初始电平为 0，占空比期间为高电平。																		
3	PWM3NEN	R/W	0	PWM3 互补输出使能位 1: 使能 PWM3 互补输出 0: 关闭 PWM3 互补输出																		
2	PWM3EN	R/W	0	PWM3 使能位 1: 使能 PWM3 输出 0: 关闭 PWM3 输出																		
1	PWM2NEN	R/W	0	PWM2 互补输出使能位 1: 使能 PWM2 互补输出 0: 关闭 PWM2 互补输出																		
0	PWM2EN	R/W	0	PWM2 使能位																		

				1: 使能 PWM2 输出 0: 关闭 PWM2 输出
T2CH	4BH			
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T2C[15:8]	R/W	0x00	定时器/计数器计数寄存器
T2CL	4AH			
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T2C[7:0]	R/W	0x00	定时器/计数器计数寄存器
T2OVRH	4DH			
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T2OVR [15:8]	R/W	0x00	定时器/计数器溢出寄存器
T2OVRH	4DH			
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T2OVR [7:0]	R/W	0x00	定时器/计数器溢出寄存器
T2D0H	4FH			
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T2D0[15:8]	R/W	0x00	PWM2 占空比高 8 位寄存器
T2D0L	4EH			
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T2D0[7:0]	R/W	0x00	PWM2 占空比低 8 位寄存器
T2D1H	51H			
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T2D1[15:8]	R/W	0x00	PWM3 占空比高 8 位寄存器
T2D1L	50H			
位	符号	读写	默认值	说明
7:0	T2D1[7:0]	R/W	0x00	PWM3 占空比低 8 位寄存器
IF1	0AH			
位	符号	读写	默认值	说明
7	T2F	R/W	0	定时器 2 中断标志位
5	PWM3F	R/W	0	PWM3 占空比中断标志位
4	PWM2F	R/W	0	PWM2 占空比中断标志位
IEN1	0BH			
位	符号	读写	默认值	说明
7	ET2	R/W	0	定时器 2 中断使能位 1: 开启定时器 2 中断 0: 关闭定时器 2 中断
5	EPWM3	R/W	0	PWM3 占空比中断使能位 1: 开启 PWM3 占空比中断 0: 关闭 PWM3 占空比中断
4	EPWM2	R/W	0	PWM2 占空比中断使能位 1: 开启 PWM2 占空比中断 0: 关闭 PWM2 占空比中断

注: 对于定时器 16 位寄存器, 读写统一要求如下:

要求先高 8 位, 后低 8 位, 同时写入 2 字节方有效, 否则可能会出现错误。

7.3.3 PWM

定时器 2 有两路 PWM2/3 输出，两路 PWM 的周期大小通过配置 T2PSC[2:0]和 T2OVR[15:0]来实现，PWM2 占空比由 T2D0[15:0]来调整，PWM2NEN 配置 PWM2 互补输出。PWM3 占空比由 T2D1[15:0]来调整，PWM3NEN 配置 PWM3 互补输出。

7.3.3.1 两路 PWM 输出

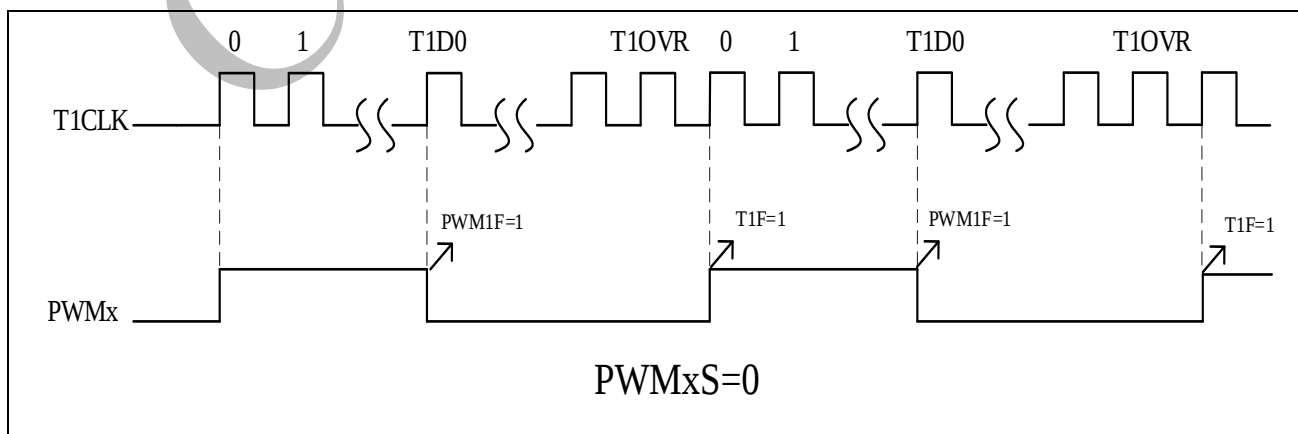
PWM 的周期 = (T2OVR[15:0] + 1) / T2CLK

PWM_x 的占空比 = T2D_x[15:0] / (T2OVR[15:0] + 1)

操作：

1. 打开 PWM23CKEN;
2. 设置 T2PSC[2:0]，配置两路 PWM 时钟;
3. 设置 T2OVR，设置两路 PWM 周期;
4. 设置 T2D_x，设置 PWM_x 占空比;
5. 设置 PWM_xS，设置 PWM_x 输出有效电平;
6. 设置寄存器标志位：PWM_xEN，使能 PWM_x 输出;
7. 设置寄存器标志位：T2EN，使能定时器;
8. 当 PWM_x 内部计数器计数等于 T2D_x 时，占空比中断标志会置位，如此时占空比中断使能打开，程序计数器会跳转到 008H;
9. 当 T2C 计数等于 T2OVR 时，中断标志会置位。定时器 2 中断使能位如打开的话，程序计数器会跳转到 008H。

周期为 T2OVR+1，PWM2 高电平脉宽为 T2D0。PWM2 波形输出如下：



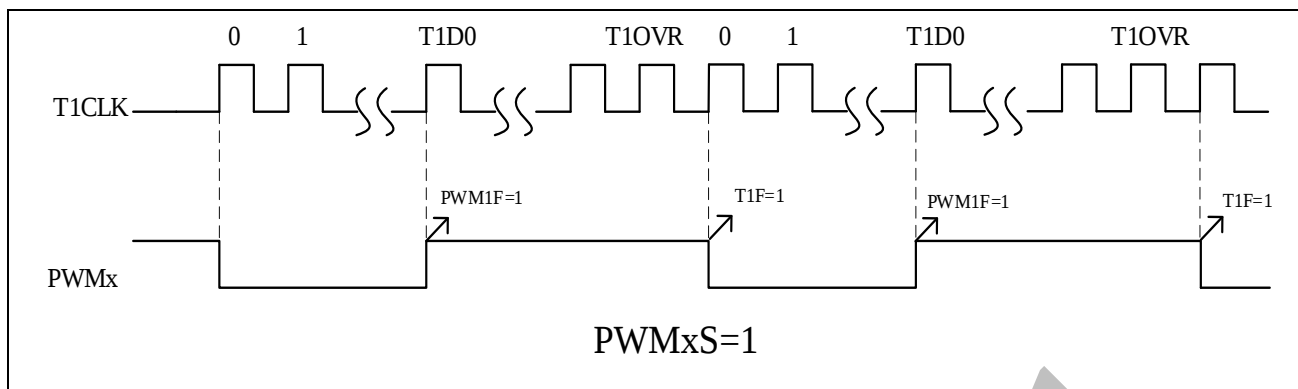


图 7-3 PWMx 波形

7.3.3.2 PWM 互补输出

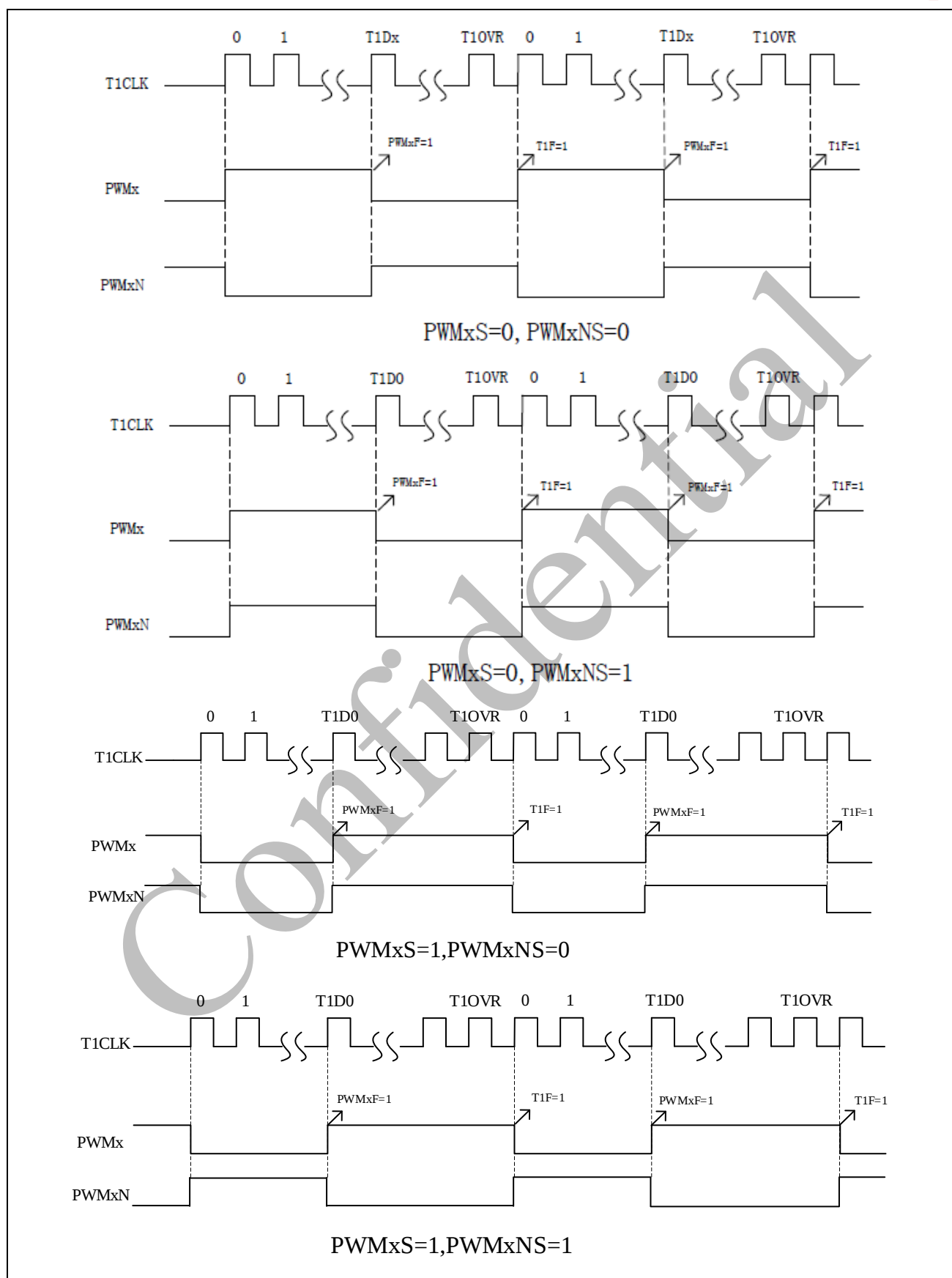
PWM 的周期 = $(T2OVR[15:0] + 1) / T2CLK$

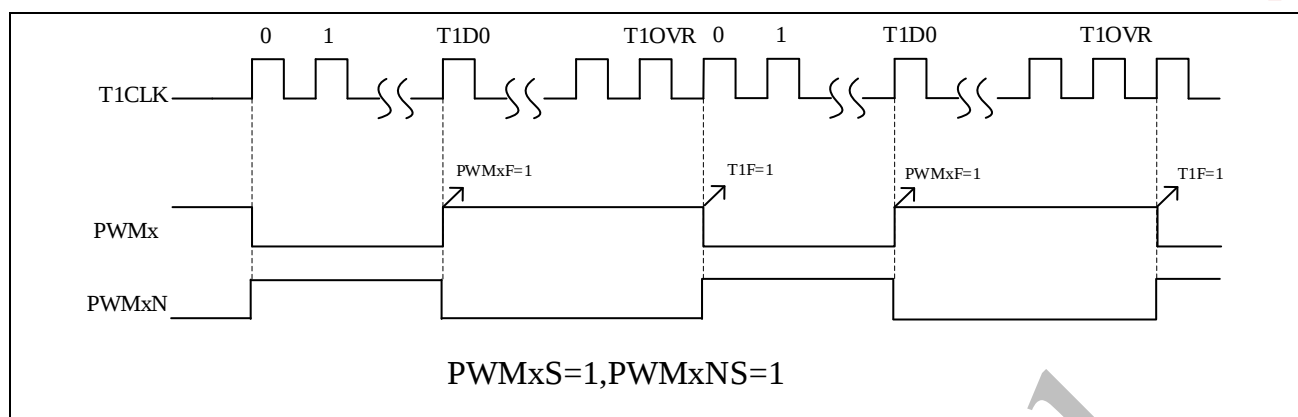
PWMx 的占空比 = $T2Dx[15:0] / (T2OVR[15:0] + 1)$

操作：

1. 打开 PWM23CKEN;
2. 设置 T2PSC[2:0], 配置两路 PWM 时钟;
3. 设置 T2OVR, 设置两路 PWM 周期;
4. 设置 T2Dx, 设置 PWMx 占空比;
5. 设置 PWMxS 和 PWMxNS, 设置 PWMx 和 PWMxN 互补输出有效电平;
6. 设置寄存器标志位: PWMxEN 和 PWMxNEN, 使能 PWMx 和 PWMN_x 互补输出;
7. 设置寄存器标志位: T2EN, 使能定时器;
8. 当 PWM 内部计数器计数等于 T2Dx 时, 占空比中断标志会置位, 如此时占空比中断使能打开, 程序计数器会跳转到 008H;
9. 当 T2C 计数等于 T2OVR 时, 中断标志会置位。定时器 2 中断使能位如果打开的话, 程序计数器会跳转到 008H。

周期为 $T2OVR + 1$, PWMx 高电平脉宽为 T2Dx。PWMx 波形输出如下：





Confidential

7.4 TIMER3/PWM4

7.4.1 特性

TIMER3 与 TIMER1 的 PWM 功能一样，只工作于 PWM 模式，并且只有一路。

根据 T3D0 设置 PWM4 的占空比。

TIMER3 中断服务程序入口地址为 008h。

TIMER3 对应的中断标志位(T3F)为中断标志寄存器 IF2（SFR：0x0D)的 bit0。

TIMER3 对应的中断使能位(ET3)为中断使能寄存器 IEN2（SFR：0x0E)的 bit0。

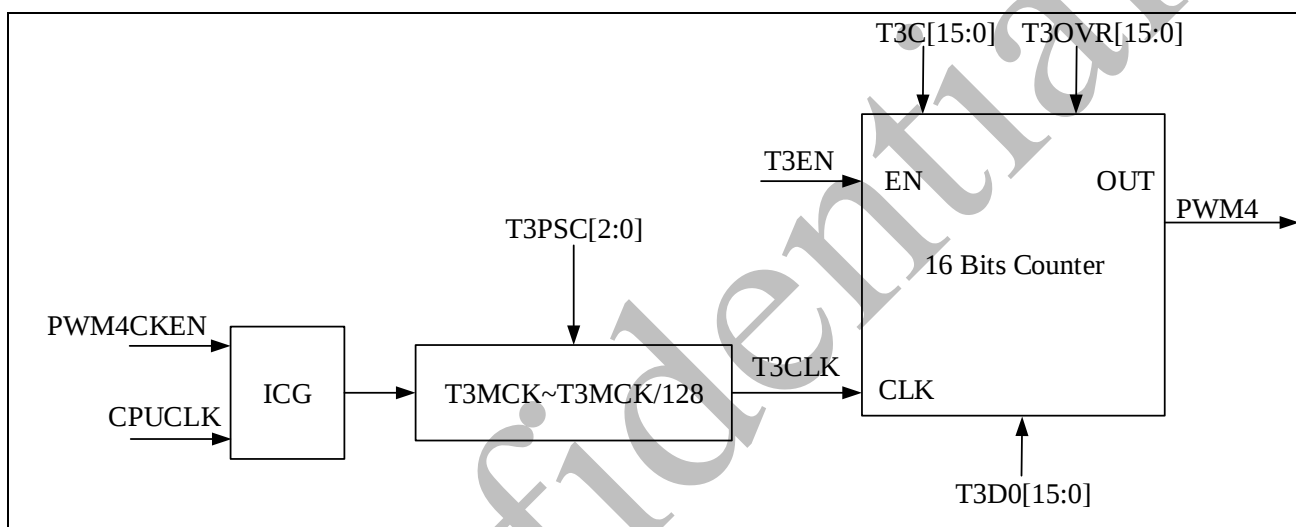


图 7-4 TIMER3 功能框图

7.4.2 寄存器

表 7-7 PWM4 寄存器列表

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0Ah	IF1	0x00		PWM4F						
0Bh	IEN1	0x00		EPWM4						
0Dh	IF2	0x00								T3F
0Eh	IEN2	0x00								ET3
56h	T3_CON1	0x00	T3EN	T3PSC[2:0]				PWM4S		PWM4EN
57h	T3_CL	0x00	T3C[7:0]							
58h	T3_CH	0x00	T3C[15:8]							
59h	T3_OVRL	0x00	T3OVR[7:0]							
5Ah	T3_OVRH	0x00	T3OVR[15:8]							
5Bh	T3_D0L	0x00	T3D0[7:0]							
5Ch	T3_D0H	0x00	T3D0[15:8]							

表 7-8 PWM4 寄存器位功能表

T3_CON1		56H																				
位	符号	读写	默认值	说明																		
7	T3EN	R/W	0	定时器 3 使能位 1: 使能定时器 3 0: 禁止定时器 3																		
6:4	T3PSC[2:0]	R/W	000	定时器/计数器时钟选择 <table><tr><td>T3PSC[2:0]</td><td>T3CLK</td></tr><tr><td>000</td><td>MCK</td></tr><tr><td>001</td><td>MCK/2</td></tr><tr><td>010</td><td>MCK/4</td></tr><tr><td>011</td><td>MCK/8</td></tr><tr><td>100</td><td>MCK/16</td></tr><tr><td>101</td><td>MCK/32</td></tr><tr><td>110</td><td>MCK/64</td></tr><tr><td>111</td><td>MCK/128</td></tr></table>	T3PSC[2:0]	T3CLK	000	MCK	001	MCK/2	010	MCK/4	011	MCK/8	100	MCK/16	101	MCK/32	110	MCK/64	111	MCK/128
T3PSC[2:0]	T3CLK																					
000	MCK																					
001	MCK/2																					
010	MCK/4																					
011	MCK/8																					
100	MCK/16																					
101	MCK/32																					
110	MCK/64																					
111	MCK/128																					
2	PWM4S	R/W	0	PWM4 输出有效电平选择位 1: PWM4 初始电平为 1，占空比期间为低电平。 0: PWM4 初始电平为 0，占空比期间为高电平。																		
0	PWM4EN	R/W	0	PWM4 使能位 1: 使能 PWM4 输出 0: 关闭 PWM4 输出																		
T3_CH		58H																				
位	符号	读写	默认值	说明																		
7:0	T3C[15:8]	R/W	0x00	定时器/计数器计数寄存器																		
T3_CL		57H																				
位	符号	读写	默认值	说明																		
7:0	T3C[7:0]	R/W	0x00	定时器/计数器计数寄存器																		
T3_OVRH		5AH																				
位	符号	读写	默认值	说明																		
7:0	T3OVR [15:8]	R/W	0x00	定时器/计数器溢出寄存器																		
T3_OVRL		59H																				
位	符号	读写	默认值	说明																		
7:0	T3OVR [7:0]	R/W	0x00	定时器/计数器溢出寄存器																		
T3_D0H		5CH																				
位	符号	读写	默认值	说明																		
7:0	T3D0[15:8]	R/W	0x00	PWM4 占空比高 8 位寄存器																		
T3_D0L		5BH																				
位	符号	读写	默认值	说明																		
7:0	T3D0[7:0]	R/W	0x00	PWM4 占空比低 8 位寄存器																		
IF1		0AH																				
位	符号	读写	默认值	说明																		
6	PWM4F	R/W	0x00	PWM4 占空比中断标志位																		
IEN1		0BH																				
位	符号	读写	默认值	说明																		

6	EPWM4	R/W	0x00	PWM4 占空比中断使能位 1: 开启 PWM4 占空比中断 0: 关闭 PWM4 占空比中断
---	-------	-----	------	---

注：对于定时器 16 位寄存器，读写统一要求如下：

要求先高 8 位，后低 8 位，同时写入 2 字节方有效，否则可能会出现错误。

7.4.3 PWM

定时器 4 有一路 PWM4 输出，PWM 的周期大小通过配置 T3PSC[2:0]和 T3OVR[15:0]来实现，PWM4 占空比由 T3D0[15:0]来调整。

7.4.3.1 一路 PWM 输出

PWM 的周期 = (T3OVR[15:0] + 1) / T3CLK

PWMx 的占空比 = T3Dx[15:0] / (T3OVR[15:0] + 1)

操作：

1. 打开 PWM4CKEN;
2. 设置 T3PSC[2:0]，配置 PWM 时钟;
3. 设置 T3OVR，设置 PWM 周期;
4. 设置 T3Dx，设置 PWMx 占空比;
5. 设置 PWMxS，设置 PWMx 输出有效电平;
6. 设置寄存器标志位：PWMxEN，使能 PWMx 输出;
7. 设置寄存器标志位：T3EN，使能定时器;
8. 当 PWMx 内部计数器计数等于 T3Dx 时，占空比中断标志会置位，如此时占空比中断使能打开，程序计数器会跳转到 008H;
9. 当 T3C 计数等于 T3OVR 时，中断标志会置位。定时器 3 中断使能位如打开的话，程序计数器会跳转到 008H。

周期为 T3OVR+1，PWM4 高电平脉宽为 T3D0。PWM4 波形输出如下：

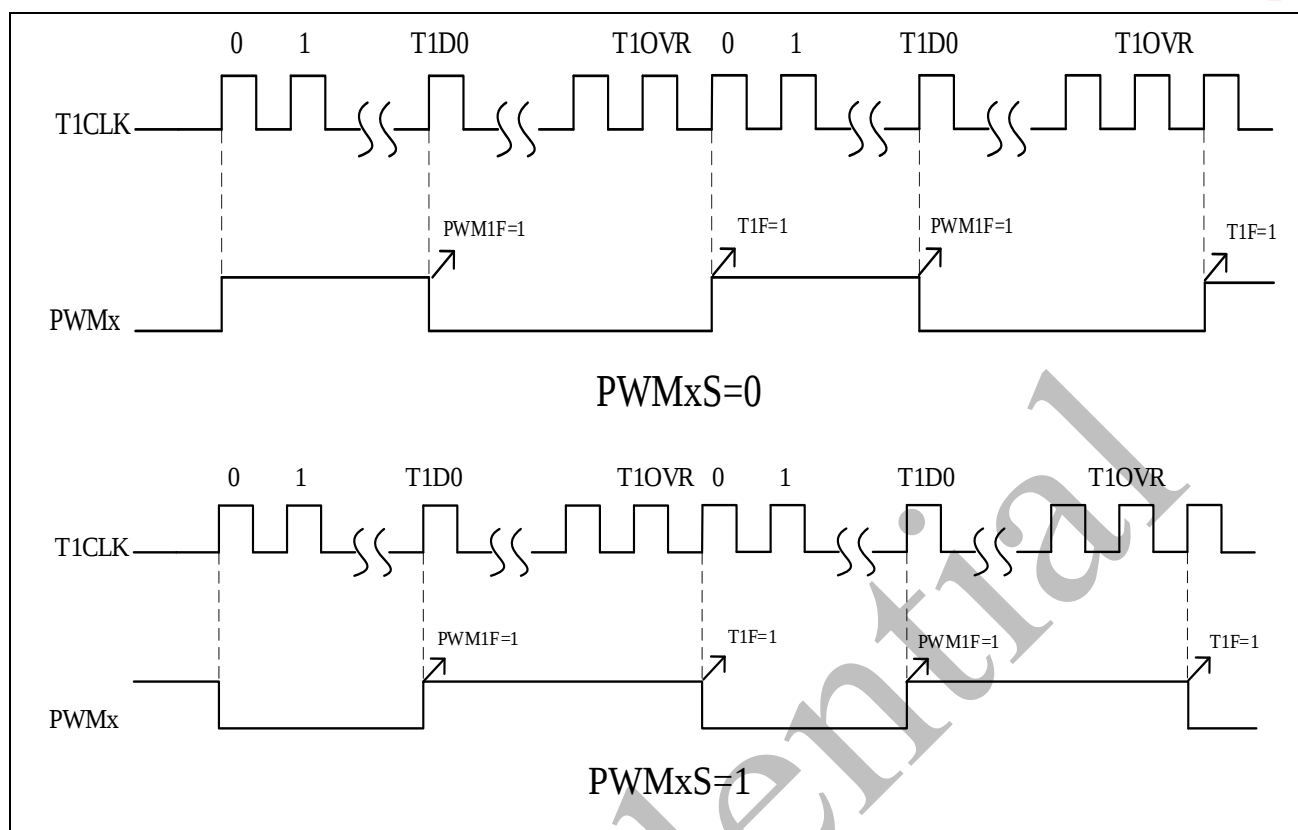


图 7-4 PWMx 波形

8 WDT

8.1 特性

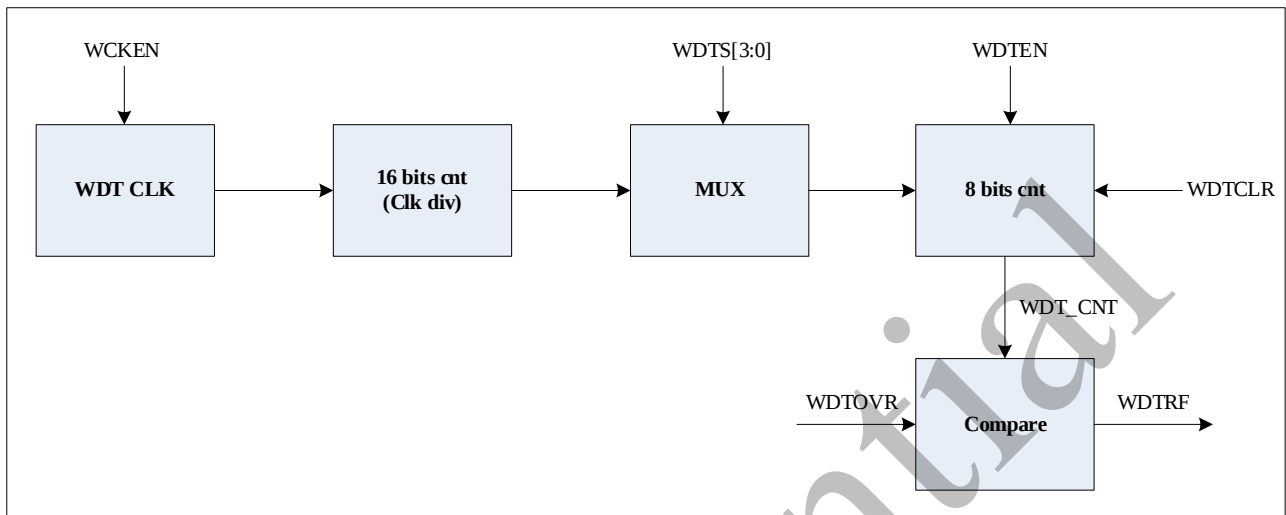


图 8-1 看门狗定时器功能框图

看门狗定时器（WDT）用于防止程序由于某些不确定因素而失去控制。当 WDT 启动时，WDT 计时超时后将使 CPU 复位。当出现某些故障时，程序会被 WDT 复位到正常状态下，但程序不会复位 WDT。

当用户把 EN_MCU_RCL 置 1 时，则内部的低速 RC 振荡器（32KHz）将会启动，产生的时钟被送到“16 bits 计数器”来进行时钟分频。用户根据 WDTS[3:0]来选择不同的时钟分频系数来送给后面的“8 bits 计数器”。当用户置位 WDTEN 时，“8 bits 计数器”开始计数，“8 bits 计数器”的输出是内部信号 WDT_CNT[7:0]。当 WDT_CNT 的值与 WDTOVR 数值相等时看门狗便溢出，溢出时它会发送 WDTRF 信号复位 CPU 及置位 WDTRF 标志位。用户可以使用指令 CLRWDT 复位 WDT。

8.2 寄存器

表 8-1 WDT 定时器寄存器表

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
32h	WDTCON	0x00	WDTRF	WDTSEL	WDTEN	-	WDTS[3:0]			
33h	WDTOVR	0xFF	WDTOVR[7:0]							

表 8-2 WDT 寄存器各位功能表

WDTCON	32H				
位	符号	读写	默认值	说明	
7	WDTRF	R/W	0	WDT 溢出标志位	

				WDT 产生溢出时此位会置 1，需要软件清 0	
6	WDTSEL	R/W	0	WDT 功能选择位 1：唤醒功能，可以唤醒 IDLE 或 STOP 模式 0：复位功能	
5	WDTEN	R/W	0	WDT 使能位 1：开启 WDT 0：禁止 WDT	
3:0	WDTS[3:0]	R/W	0000	WDT 计数时钟选择位	
				WDTS[3:0]	WDT 分频系数
				0000	WDTCLK /65536
				0001	WDTCLK /32768
				0010	WDTCLK /16384
				0011	WDTCLK /8192
				0100	WDTCLK /4096
				0101	WDTCLK /2048
				0110	WDTCLK /1024
				0111	WDTCLK /512
				1000	WDTCLK /256
				1001	WDTCLK /128
				1010	WDTCLK /64
				1011	WDTCLK /32
				1100	WDTCLK /16
				1101	WDTCLK /8
1110	WDTCLK /4				
1111	WDTCLK /2				
WDTOVR		33H			
位	符号	读写	默认值	说明	
7:0	WDTOVR[7:0]	R/W	0xFF	WDT 溢出寄存器	

操作：

1. 打开 EN_MCU_RCL；
2. 设置 WDTS[3:0]，选择 WDT 时钟分频；
3. 设置 WDTOVR，选择不同的溢出时间值；
4. 选择 WDT 功能：WDTSEL=0 选择为复位功能；
5. 使能 WDT：WDTEN=1；
6. 在产生复位前，清狗，即使用 CLRWDT 指令。

WDT 溢出时间计算公式：

$$\text{溢出时间} = \frac{2^{(16-\text{WDTS}[3:0])}}{32k} * (\text{WDTOVR}[7:0] + 1)$$

WDTS[3:0]范围为 0~15，WDTOVR[7:0]范围为 0~255。

表 8-3 WDT 分频和复位时间对应表

WDTS[3:0]	计数器时钟	时间（当 WDTOVR=FFH）
0000	WDTCLK /65536	524288ms
0001	WDTCLK /32768	262144ms
0010	WDTCLK /16384	131072ms
0011	WDTCLK /8192	65536ms
0100	WDTCLK /4096	32768ms
0101	WDTCLK /2048	16384ms
0110	WDTCLK /1024	8192ms
0111	WDTCLK /512	4096ms
1000	WDTCLK /256	2048ms
1001	WDTCLK /128	1024ms
1010	WDTCLK /64	512ms
1011	WDTCLK /32	256ms
1100	WDTCLK /16	128ms
1101	WDTCLK /8	64ms
1110	WDTCLK /4	32ms
1111	WDTCLK /2	16ms

9 UART

UART 所支持的功能有：

- 波特率可配：2400、9600、14400、19200、38400、57600、115200
- 数据位宽：8 bits
- Parity: Disable
- Stop bit: 1
- Flow ctrl: Disable

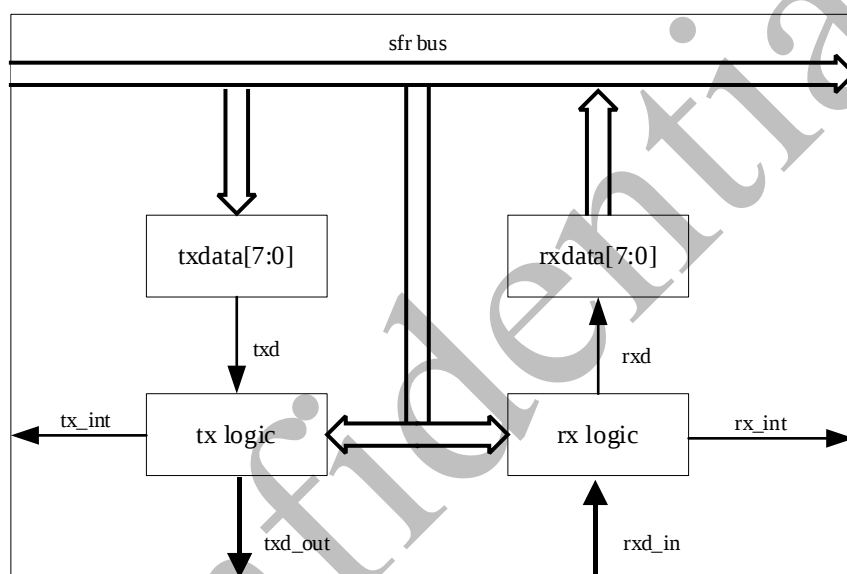


图 9-1 UART 原理图

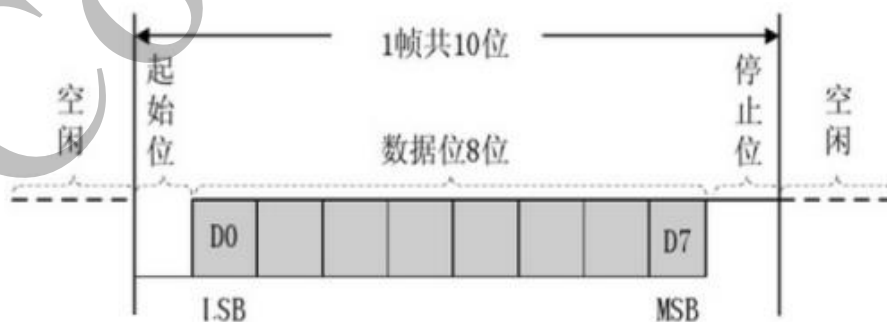


图 9-2 UART 协议图

使用说明：

1. 令 UARTCKEN=1，使能 UART 模块时钟；
2. 如果需要使用 UART 的 RX 或者 TX 中断，打开相关使能位；

3. 配置波特率，其值为当前系统时钟对一个 bit 的计数周期；
4. UART 接收到数据或者发送完数据均会产生中断，并且区分 RX/TX 中断；
5. UTXF 支持软件写 0 复位、写 1 置位，URXF 只支持软件写 0 复位。

表 9-1 UART 相关 SFR 寄存器

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
06h	IF0	0x00		URXF	UTXF					
07h	IEN0	0x00	EA	EURX	EUTX					
11h	PERCON	0x10	UARTCKEN							
5Fh	UDBUF	0x00	UTXDATA[7:0]							
60h	UBAUDL	0x45	UBAUD[7:0]							
61h	UBAUDH	0x00					UBAUD[11:8]			

UDBUF:

读的时候用于读取 UART 收到的数据，写的时候用于写入 UART 待发送的数据，注意读写对应的寄存器不一样。

UBAUDH、UBAUDL:

可读写寄存器，用于设置当前使用的波特率。这两个寄存器的值不光与 host 选择的波特率有关系，还与芯片选择的系统时钟频率有关系，其值为当前系统时钟对一个串口 bit 的计数周期。 $UBAUD[11:0] = \text{系统时钟频率} \div \text{波特率}$ ，比如系统频率为 8M，波特率为 115200，那么 $8M \div 115200 = 69$ ，对应十六进制为 0x45，也就是我们的默认值。

10 RF 收发机

10.1 概述

PAN221x 系列 2.4G GFSK 收发机工作在世界通用 ISM 频段 2.400~2.4835 GHz，通信上兼容 BLE 广播包（4.2 短包）、XN297L 以及 24L01。

RF 收发机在芯片内部通过 SPI 接口与 MCU 连接，详见下表：

表 10-1 芯片特殊接口

RF 收发机	IO	说明
CSN	P00	外设 RF SPI 片选
SCK	P01	外设 RF SPI 时钟
MOSI	P02	外设 RF SPI MOSI
MISO	P03	外设 RF SPI MISO

注：这四个 IO 为特定 IO，仅供外设 RF 使用。

10.1.1 特性

PAN221x 系列 RF 收发机特性包括：

- 常规
 - 通信频段：2.4GHz ~2.4835GHz
 - 调制方式：GFSK
 - 数据率：250kbps、1Mbps、2Mbps
 - 天线口：收发共用
- 射频综合器
 - 完全集成频率合成器
 - 1Mbps/2Mbps 模式
 - 250kbps 模式
- 发射机
 - 输出功率：-45~14dBm
 - 18mA@0dBm
- 接收机
 - -97 dBm@250kbps
 - -88 dBm@1Mbps
 - -84 dBm@2Mbps

- 19mA@1Mbps
- 协议
 - 支持 1 到 64 字节数据长度可配
 - 支持自动应答及自动重传
 - 6 个接收通道构成 1:6 的星状网络
 - 支持 BLE 4.2 广播包
 - 兼容 297L 帧结构
 - 兼容 24L01 帧结构

10.1.2 框图

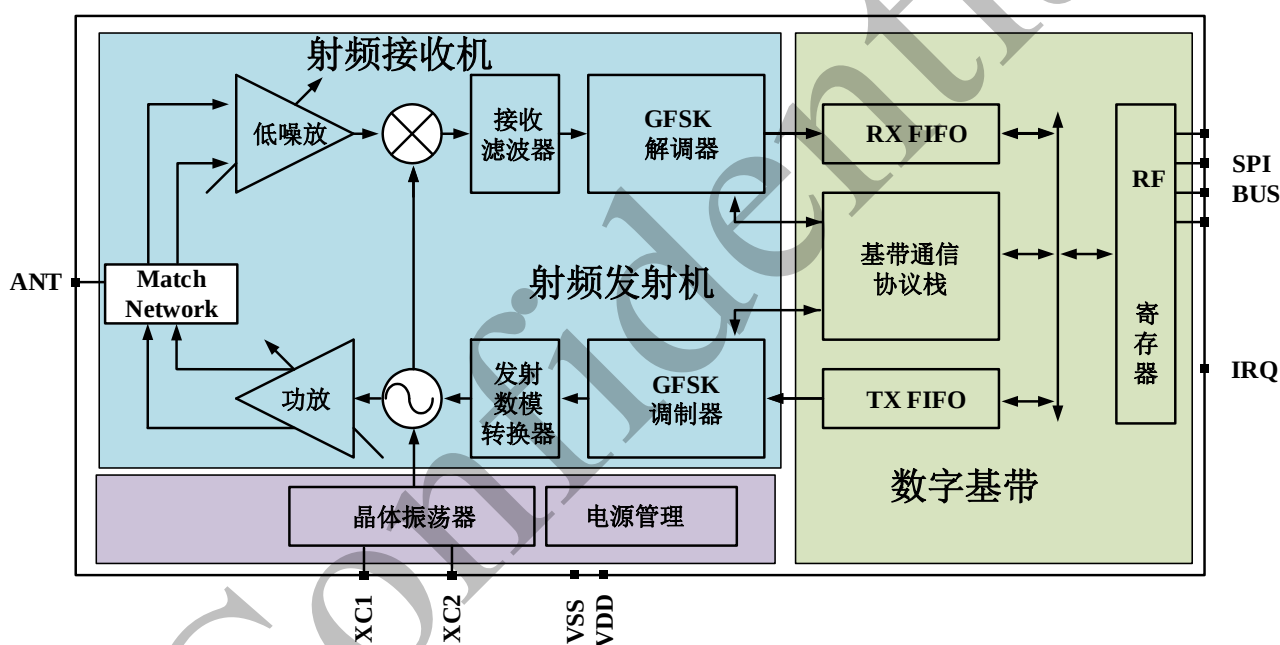


图 10-1 RF 收发机框图

10.1.3 功能描述

本小节描述 RF 收发机的不同工作模式以及其他一些功能点。

10.1.3.1 工作模式

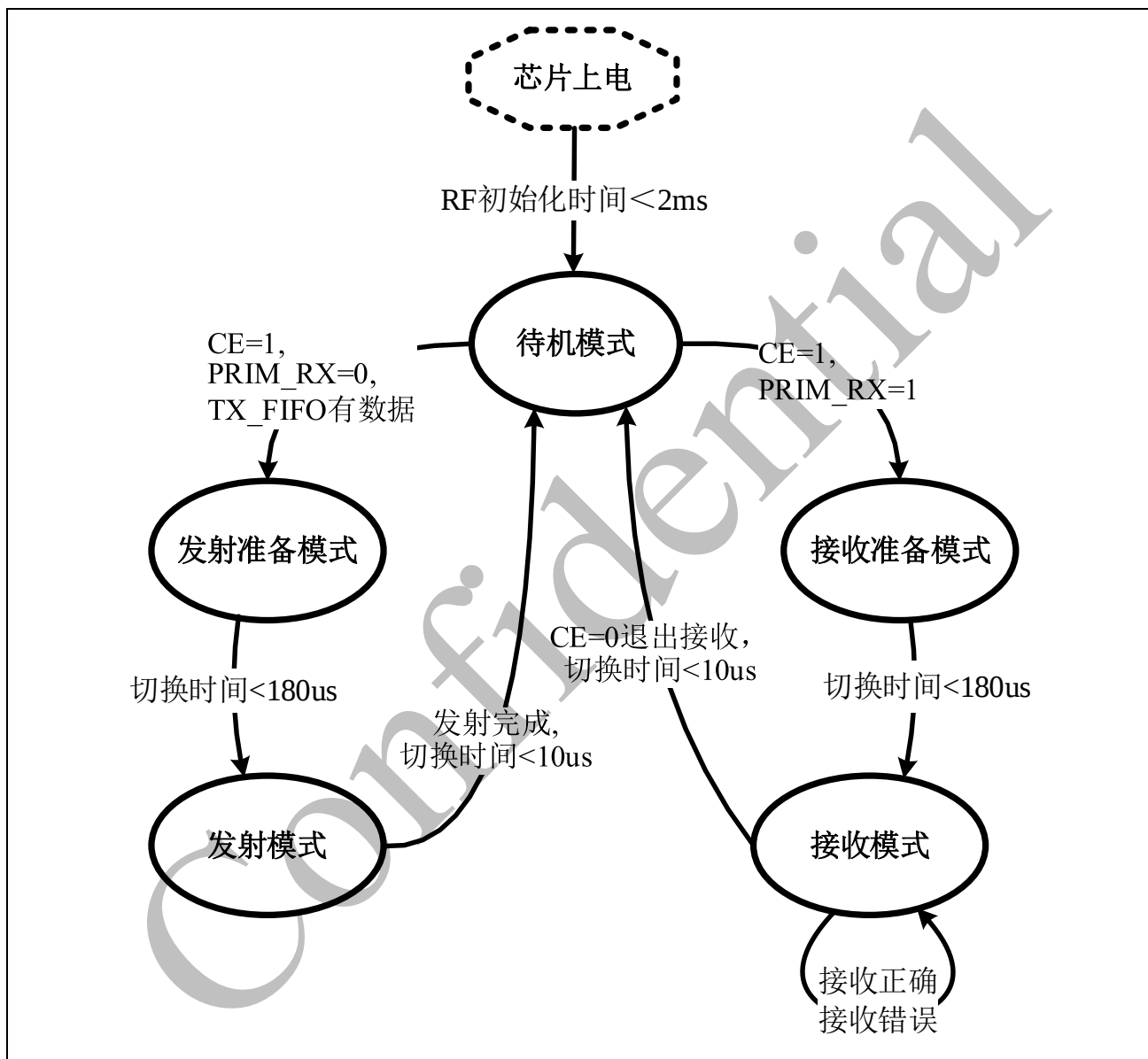


图 10-2 RF 收发机普通模式状态转移图

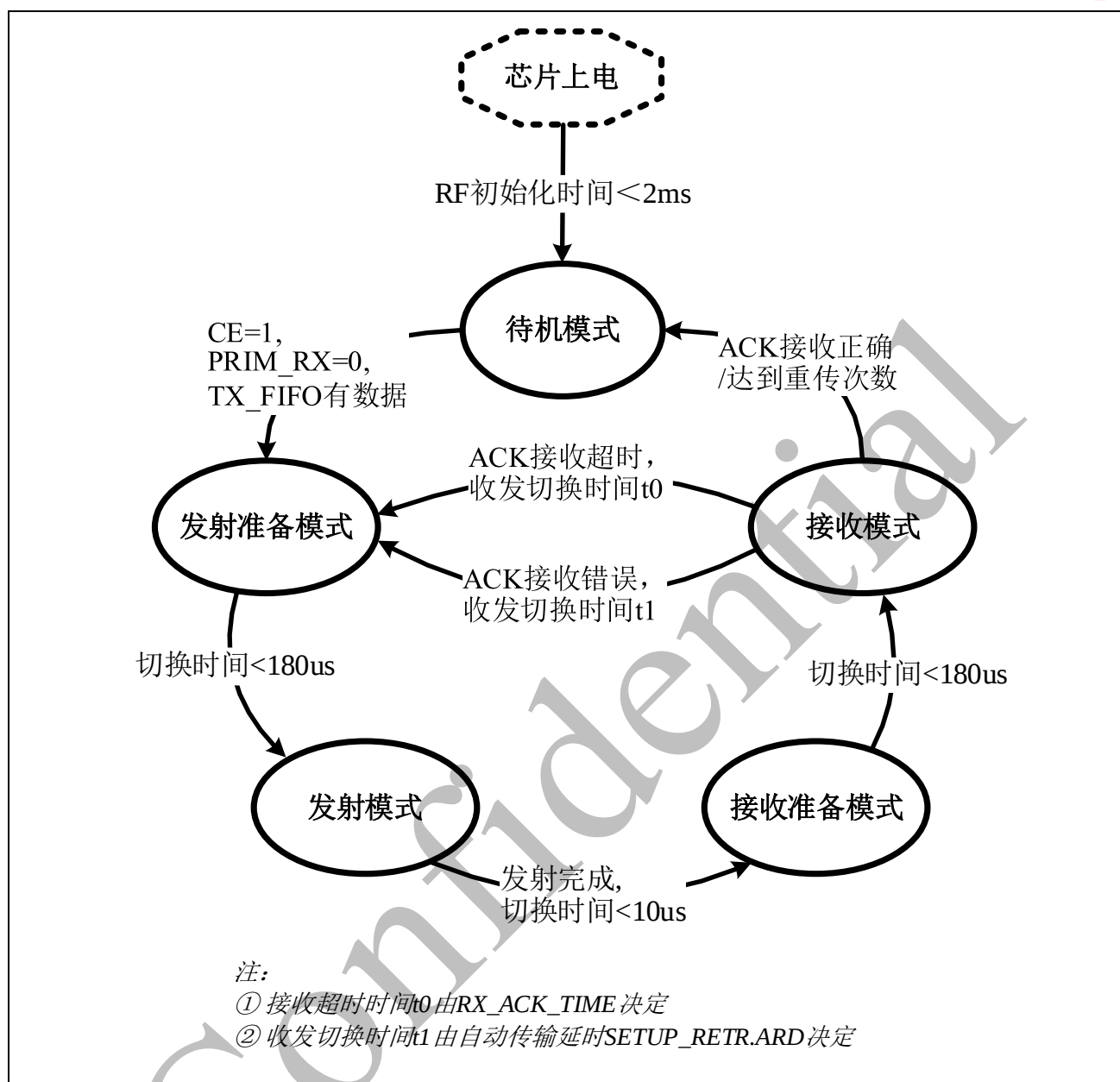


图 10-3 RF收发机增强型发射模式状态转移图

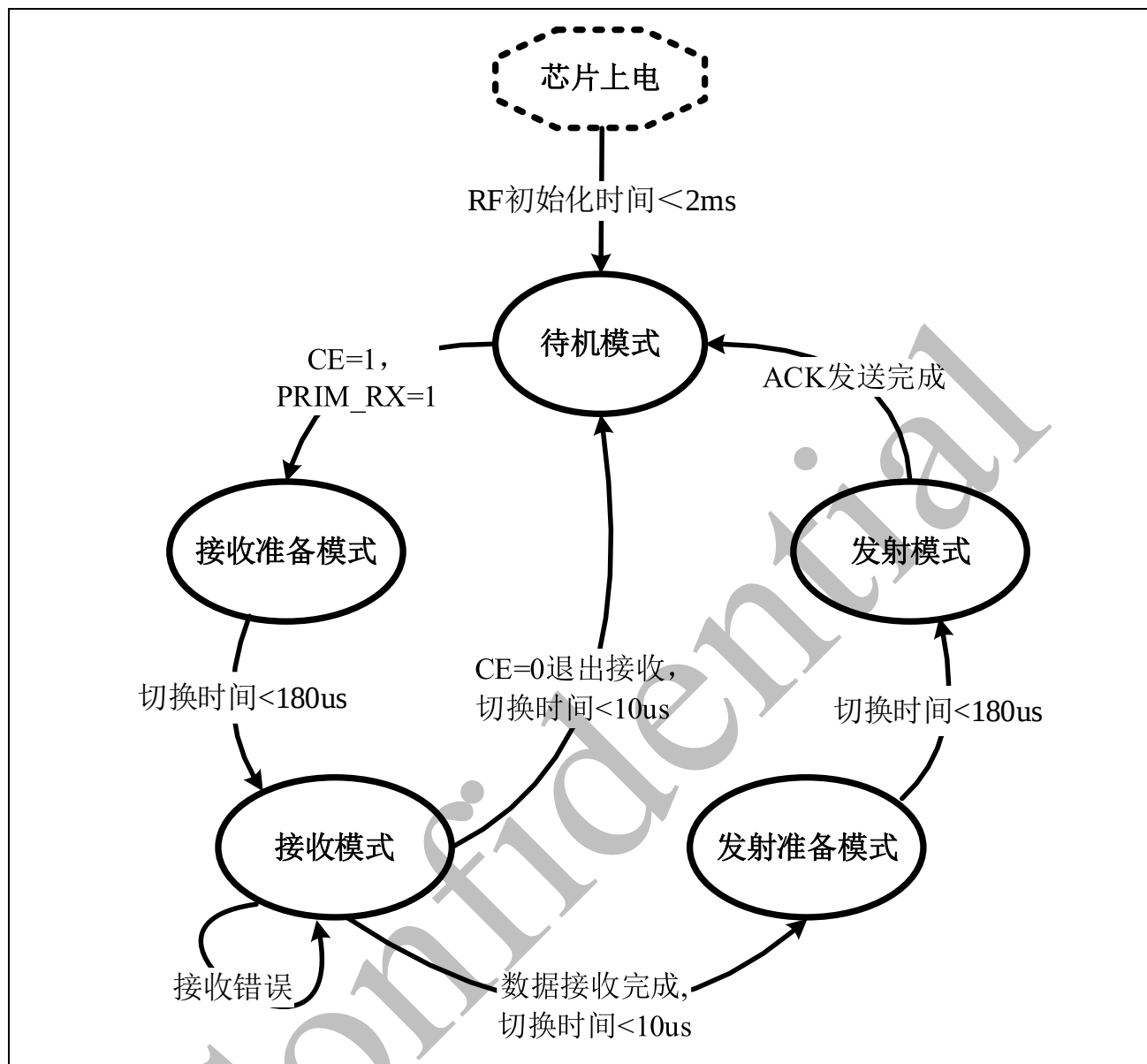


图 10-4 RF 收发机增强型接收模式状态转移图

RF 收发机有以下五种工作模式：普通型发射模式、普通型接收模式、增强型发射模式、增强型接收模式、待机模式。

- 普通型发射模式：收发机处于 Burst 发射状态，在 MCU 的控制下将 FIFO 中的数据发射出去并上报中断给 MCU
- 普通型接收模式：收发机一直处于接收状态，在收到有效数据后上报中断给 MCU
- 增强型发射模式：收发机一开始处于发射状态，发射完成后自动进入接收状态，等待 ACK 或者 ACK + PAYLOAD
- 增强型接收模式：收发机一开始处于接收状态，接收到有效数据后上报中断给

MCU 并且自动进入发射状态，发送 ACK 或者 ACK + PAYLOAD

- 待机模式：收发机处于待机状态，等待进一步的 MCU 指令

表 10-2 RF 收发机工作模式

寄存器模式	EN_DPLL	PWR_UP	RFCKEN	PRIM_RX	RF_CE	ARC	ENAA_P0	FIFO
普通型发射	0	1	1	0	1	0000	0	TX
普通型接收	1	1	1	1	1	-	0	RX
增强型发射	1	1	1	0	1	>0	0	TX/RX
增强型接收	1	1	1	1	1	-	1	RX/TX
待机模式	0	1	0	-	0	-	-	-

链路层的数据组帧、校验、地址判断、数据白化、数据重传和 ACK 响应等处理是由收发机内部完成的，无需 MCU 参与。

收发机可配置为两个不同的 RX FIFO（32 字节）或者一个 RX FIFO（64 字节）（6 个接收通道共享）、二个不同的 TX FIFO（32 字节）或者一个 TX FIFO（64 字节）。

PAN221x 主要有两种数据通信模式：

- 不带自动重传不带 ACK 的通信模式（后简称为普通模式），发射端可以使用命令有 W_TX_PAYLOAD, REUSE_TX_PL 等
- 带自动重传带 ACK 的通信模式（后简称为增强模式），发射端可以使用命令有 W_TX_PAYLOAD, W_TX_PAYLOAD_NOACK, REUSE_TX_PL 等。接收端可以使用命令有 W_ACK_PAYLOAD 等

表 10-3 普通模式

通信名称	普通模式	
通信方	PTX	PRX
特点	单向发送	单向接收
发送数据的组帧方式	发送数据组帧方式 I	无
开启 REUSE_TX_PL 命令	重复发送前一包数据	无

表 10-4 增强模式

通信名称	增强模式	
通信方	PTX	PRX
特点	发送数据后，等待接收 ACK	接收数据后，发送 ACK
发送数据的组帧方式	发送数据组帧方式 II	发送 ACK 组帧方式 III
PTX 使用 REUSE_TX_PL 命令	重复发送前一包数据	每收到一包，发送 ACK
PTX 使用 W_TX_PAYLOAD 命令 PRX 使用 W_ACK_PAYLOAD 命令	发送数据后，等待接收 ACK PAYLOAD	接收数据后，发送 ACK PAYLOAD， 组帧方式 II
PTX 使用 W_TX_PAYLOAD_NO ACK 命令	发送一次数据，不等 ACK，组帧方式 II	接收数据，不回 ACK

10.1.3.2 普通模式

普通模式下，发送端从 TX FIFO 中取出数据并且发送，发送完成后上报中断（中断需要清除），同时 TX FIFO 清除该数据（TX FIFO 需要清空）；接收端接收到有效的地址和数据时上报中断通知 MCU，随后 MCU 可将该数据从 RX FIFO 中读出（TX FIFO 和 RX FIFO 需要清空，中断需要清除）。

普通模式，EN_AA（0x01）寄存器的低 5 位置 0x00，SETUP_RETR（0x04）寄存器置 0x00，DYNPD（0x1C）寄存器置 0x00，FEATURE（0x1D）寄存器的低 3 bit 置 000。

10.1.3.3 增强模式

增强模式下，把主动发起通信的一方称为 PTX（主发端），把接收数据并响应的一方称为 PRX（主收端）。PTX 发出数据后等待应答信号，PRX 接收到有效数据后回应信号。PTX 规定时间内未收到应答信号，自动重新发送数据。自动重传和自动应答功能为收发机自带，无需 MCU 参与。

PTX 在发送数据后自动转到接收模式等待应答信号。如果没有在规定时间内收到正确的应答信号，PTX 将重发相同的数据包，直到收到应答信号，或传输次数超过 ARC 的值（SETUP_RETR 寄存器）产生 MAX_RT 中断。PTX 收到应答信号，即认为数据已经发送成功（PRX 收到有效数据），清除 TX FIFO 中的数据并产生 TX_DS 中断（TX FIFO 和 RX FIFO 需要清空，中断需要清除）。

PRX 每次收到一包有效数据都会回 ACK 应答信号，该数据如果为新数据（PID 值与上一包数据不同）保存到 RX FIFO，否则就丢弃。

增强模式，需要保证 PTX 的 TX 地址（TX_ADDR）、通道 0 的 RX 地址（如 RX_ADDR_P0），以及 PRX 的 RX 地址（如 RX_ADDR_P5）三者相同。例：在图 10.4 中，PTX5 对应 PRX 的数据通道 5，地址设置如下：

- PTX5: TX_ADDR=0xC2C3C4C5C1
- PTX5: RX_ADDR_P0=0xC2C3C4C5C1
- RX: RX_ADDR_P5=0xC2C3C4C5C1

增强模式有如下特征：

- 减少 MCU 的控制，简化软件操作；

- 抗干扰能力强，减少无线传输中因瞬间同频干扰造成的丢包，更易开发跳频算法；
- 重传过程中，减少 MCU 每次写入待发送数据的操作时间。

10.1.3.4 增强发送模式

1. CE 置 0，CONFIG 寄存器的 PRIM_RX 位置 0。
2. 当发送数据时，发送地址（TX_ADDR）和有效数据（TX_PLD）按字节写入地址寄存器和 TX FIFO。
3. CE 从 0 置 1，启动发射（CE 至少置 1 在 30us 以上，该操作生效）。
4. 自动应答模式下（SETUP_RETR 寄存器置非 0，ENAA_P0=1），PTX 发送完数据后立即自动将通道 0 切换到接收模式等待应答信号。如果在有效应答时间范围内收到 ACK 应答信号，则认为数据发送成功，状态寄存器的 TX_DS 位置 1 并自动清除 TX FIFO 中的数据。如果在设定时间范围内没有接收到应答信号，则自动重传数据。
5. 如果自动传输计数器（ARC_CNT）溢出（超过了设定值），则状态寄存器的 MAX_RT 位置 1，不清除 TX FIFO 中的数据。当 MAX_RT 或 TX_DS 为 1 时，IRQ 引脚产生中断（需要使能相应中断）。中断可以通过写状态寄存器来复位。
6. 数据包丢失计数器（PLOS_CNT）在每次产生 MAX_RT 中断后加一。自动传输计数器 ARC_CNT 统计重发数据包的次数；数据包丢失计数器 PLOS_CNT 统计在达到最大允许传输次数时仍没有发送成功的数据包个数。
7. 产生 MAX_RT 或 TX_DS 中断后，RF 进入 STB 模式。

10.1.3.5 增强接收模式

1. CE 置 0，CONFIG 寄存器的 PRIM_RX 位置 1。准备接收数据的通道必须被使能（EN_RXADDR 寄存器），所有工作在增强型通信模式下的数据通道的自动应答功能是由 EN_AA 寄存器来使能的，有效数据宽度是由 RX_PW_Px 寄存器来设置的。
2. 接收模式由设置 CE 为 1 启动。
3. 预设的等待时间后，PRX 开始检测无线信号。
4. 接收到有效的数据包后，数据存储于 RX_FIFO 中，同时 RX_DR 位置 1，产生中

断。状态寄存器中 RX_P_NO 位显示数据是由哪个通道接收到的。

5. 自动发送 ACK 应答信号。
6. 如果 CE 保持为 1，继续进入接收模式；如果 CE 置为 0，则 RF 进入 STB 模式；
7. MCU 将数据读出。

10.1.3.6 增强模式下的数据包识别

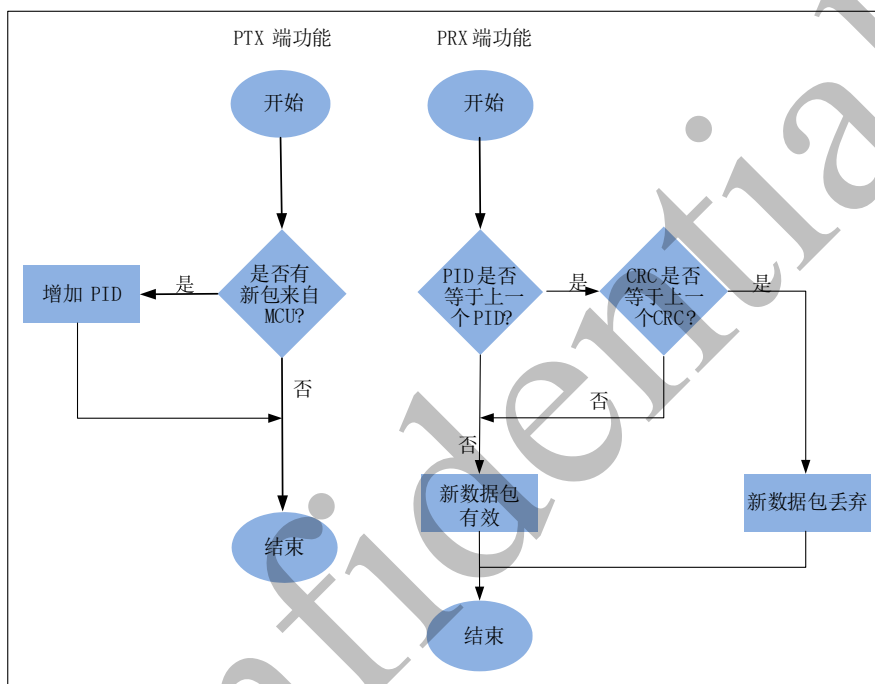


图 10-5 PID 生成和检测

每一包数据都包括两位的 PID（数据包标志位）用来帮助接收端识别该数据是新数据包还是重发的数据包，防止多次存入相同的数据包，PID 的生成和检测如上图所示。发送端从 MCU 取得一包新数据后 PID 值加 1。

10.1.3.7 增强模式下的 PTX 和 PRX 时序图

如图 10-6 所示的是一次 PTX 和 PRX 通信的内部时序图，使得通信成功必须满足以下两个条件：

- 条件 1：PTX 发射的锁相环稳定+功放使能+功放 RAMP UP 的三段时间之和，大于 PRX 接收的锁相环稳定时间，这样可以保证 PTX 发射数据的时间段落在 PRX 接收数据的时间段内，即：

$$PTX.T1 + PTX.T2/PTX.T3 + PTX.T4 > PRX.T1 + PRX.T2$$

- 条件 2: PRX 发送 ACK 的锁相环稳定+功放使能+功放 RAMP UP 的三段时间之和, 大于 PTX 接收的锁相环稳定时间, 保证 PRX 回复 ACK 的时间端落在 PTX 等待 ACK 的时间段内, 即:

$$PRX.T5 + PRX.T6/PRX.T7 + PRX.T8 > PTX.T8 + PTX.T9$$

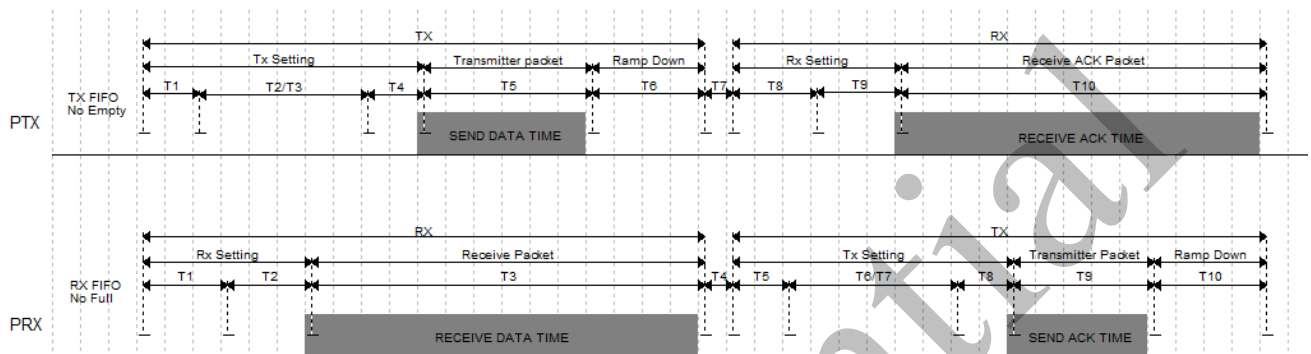


图 10-6 增强模式的时序图

图 10-6 中的各段时间描述见下表:

PTX 时间	PRX 时间	描述	决定因素	最小值	最大值	默认值	备注
T1	T5	LDO 使能到 TX 通道使能	CE_JUST_TIME[1:0] + LDO_WAIT_TIME[2:0]	0	12us	4us	两个相加
T2	T6	TX 通道使能到 EN_PA	EX_PA_TIME[5:0]	0	1008us	112us	
T3	T7	TX 通道使能到锁相环开环	TX_SETUP_TIME[5:0]	0	1008us	320us	
T4	T8	PA 使能/锁相环开环(以后开者为准)到开始发射数据的时间间隔	TRX_TIME[3:0]	0	120us	0us	
T5	T9	数据发射的时间	由 payload 的长度决定	74us	602us	-	
T6	T10	EN_PA 拉低到 TX 通道关闭	RDEWT_REG[2:0] TX_WAITSTOP_TIME[1:0]	0.75us	27.25us	15.25us	具体参考寄存器 RDEWT_REG 的描述
T7	T4	TX/RX 切换时间	固定值	8us	8us	8us	
T8	T1	LDO 使能到 PLL 使能	LDO_WAIT_TIME[2:0]	0	56us	32us	
T9	T2	PLL 使能到 RX 通道使能	RX_SETUP_TIME[4:0]	0	496us	320us	
T10	T3	接收窗口	TX 数据包	0	+∞	-	

增强模式下的接收端一对多通信

PAN221x 作为发射端, 对于一对多通信, 可以采用不同的地址与多个接收端进行通信。

PAN221x 作为接收端, 可以接收 6 路不同地址、相同频率的发送端数据。每个数据通

道拥有自己的地址。

使能哪些数据通道是通过寄存器 EN_RXADDR 来设置的。每个数据通道的地址是通过寄存器 RX_ADDR_Px 来配置的。通常情况下不允许不同的数据通道设置完全相同的地址。如下表给出了一例多接收通道地址配置的示例。

表 10-5 多通道地址设置

	Byte 4	Byte 3	Byte 2	Byte 1	Byte 0
Data pipe 0(RX_ADDR_P0)	0xF1	0xD2	0xE6	0xA2	0x33
Data pipe 1(RX_ADDR_P1)	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3
Data pipe 2(RX_ADDR_P2)	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3	0xD4
Data pipe 3(RX_ADDR_P3)	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3	0xD5
Data pipe 4(RX_ADDR_P4)	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3	0xD6
Data pipe 5(RX_ADDR_P5)	0xD3	0xD3	0xD3	0xD3	0xD7

从上表可以看出数据通道 0 的 5 byte 总共 40 位的地址都是可配的；数据通道 1~5 的地址配置为 32 位共用地址（与数据通道 1 共用）+ 8 位各自的地址（最低字节）。

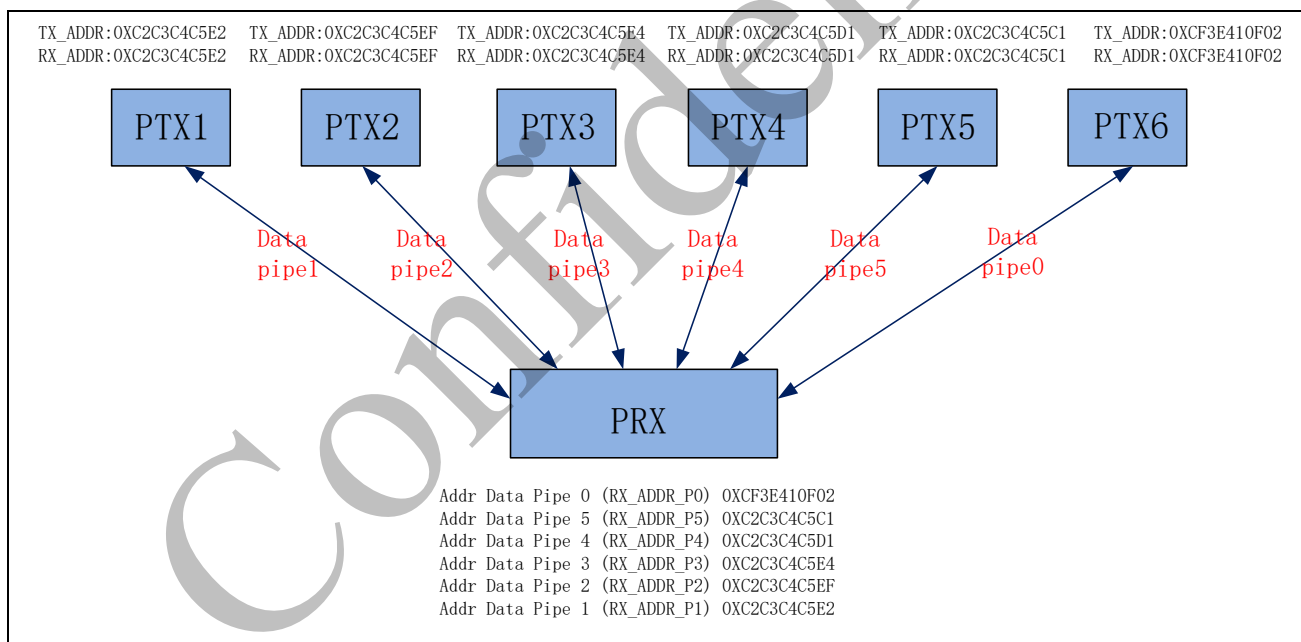


图 10-7 星状网络下的数据管道寻址示例

PAN221x 在接收模式下可以与最多 6 路不同通道通信，如上图所示。每一个数据通道使用不同的地址，共用相同的频道。所有的发射端和接收端设置为增强模式。

PRX 在接收到有效数据后记录 PTX 的 TX 地址，并以此地址为目标地址发送应答信号。PTX 数据通道 0 被用做接收应答信号时，数据通道 0 的 RX 地址要与 TX 地址相等以确保接收到正确的应答信号。上图给出了 PTX 和 PRX 地址如何配置的例子。

DATA FIFO

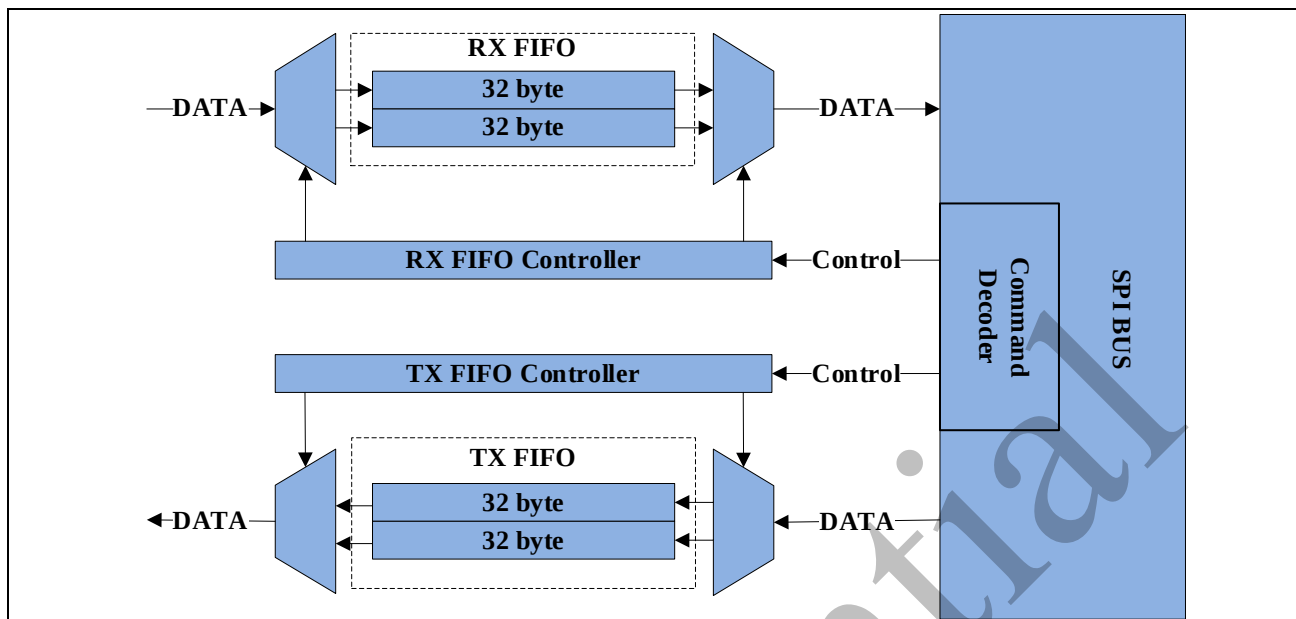


图 10-8 FIFO 框图

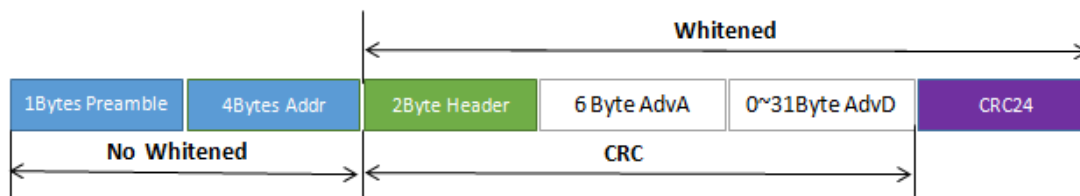
PAN221x 包含发 TX_FIFO, RX_FIFO。通过 SPI BUS 可以读写 FIFO。在发送模式下通过 W_TX_PAYLOAD 和 W_TX_PAYLOAD_NO_ACK 指令来写 TX_FIFO。如果产生 MAX_RT 中断, 在 TX_FIFO 中的数据不会被清除。在接收模式下通过 R_RX_PAYLOAD 指令读取 RX_FIFO 中的 payload, R_RX_PL_WID 指令读取 payload 的长度。FIFO_STATUS 寄存器指示 FIFO 的状态。

10.1.3.8 数据包格式描述

RF 收发机支持以下几种帧结构:

BLE 4.2 广播包

兼容 BLE 4.2 广播包格式, 注意接收端会把 2 bytes 的 header 存到 FIFO 里边。



297L普通型数据包

普通模式的数据包格式如表 10-6 所示，组帧方式 I。

表 10-6 普通模式的数据包形式

前导码 (3 字节)	地址 (3~5 字节)	数据 (1~32/64 字节)	CRC 校验 (1/2 字节)
---------------	----------------	--------------------	--------------------

表 10-6 中地址和数据部分可以选择扰码方式，使能/关闭扰码配置位。

297L增强型数据包

增强模式的数据包格式如表 10-7 所示，组帧方式 II。

表 10-7 增强模式的数据包形式

前导码 (3 字节)	地址 (3~5 字节)	标识 (10bit)			数据 (0~32/64 字节)	CRC 校验 (1/2 字节)
		数据长度标识 (7bit)	PID 标识 (2bit)	NO_ACK 标识 (1bit)		

表 10-7 中地址、标识和数据部分可以选择扰码方式，使能/关闭扰码配置位。

297L增强型ACK包

增强模式的 ACK 包格式如表 10-8 所示，组帧方式 III。

表 10-8 增强模式的数据包形式

前导码 (3 字节)	地址 (3~5 字节)	标识 (10bit)			CRC 校验 (1/2 字节)
		数据长度标识 (7bit)	PID 标识 (2bit)	NO_ACK 标识 (1bit)	

表 10-8 中地址和标识部分需要选择与 PTX 相同的使能/关闭扰码方式。

24L01普通型数据包

24L01 普通模式的数据包格式如表 10-9 所示，组帧方式 I。

表 10-9 24L01 普通模式的数据包形式

前导码 (1 字节)	地址 (3~5 字节)	数据 (1~32 字节)	CRC 校验 (1/2 字节)
---------------	----------------	-----------------	--------------------

表 10-9 中地址和数据部分可以选择 CRC8 或者 CRC16，无扰码配置。

24L01增强型数据包

24L01 增强模式的数据包格式如表 10-10 所示，组帧方式 II。

表 10-10 增强模式的数据包形式

前导码 (1 字节)	地址 (3~5 字节)	标识 (9bit)			数据 (0~32 字节)	CRC 校验 (1/2 字节)
		数据长度标识 (6bit)	PID 标识 (2bit)	NO_ACK 标识 (1bit)		

表 10-10 中地址、标识和数据部分可以选择 CRC8 或者 CRC16，无扰码配置。

24L01增强型ACK包

24L01 增强模式的 ACK 包格式如表 10-11 所示，组帧方式 III。

表 10-11 增强模式的数据包形式

前导码 (1 字节)	地址 (3~5 字节)	标识 (9bit)			CRC 校验 (1/2 字节)
		数据长度标识 (6bit)	PID 标识 (2bit)	NO_ACK 标识 (1bit)	

数据包组件描述

前导码

297L 中的前导码长度为 3 个字节。前导码的比特序列是固定的，它不能由寄存器配置。前导码用于使接收器解调器与输入比特流同步。

地址

寄存器将地址宽度配置为 3,4 或 5 个字节。接收器对来自发送器的数据包进行解调，如果数据包的地址与接收器的地址相同，它会把后续有效负载保存在 RX FIFO 中，否则丢弃后续有效负载并恢复同步。

标识

分组控制字段由 10 比特组成，其包含 7 比特的数据长度标识字段，2 比特 PID（数据包标识）字段和 1 比特 NO_ACK 标识。仅存在于增强模式中。

数据长度标识

数据长度标识由 7 比特组成。有效载荷的长度可以是 0 到 64 个字节。

编码：0000000 = 0 字节（仅用于空 ACK 数据包），1000000 = 64 字节。

仅当启用动态有效载荷长度功能时才使用此字段。

NO_ACK 标识

NO_ACK 标识仅在 297L 增强模式时使用。使用此功能时，PTX 在发送数据包后直接进入待机模式。PRX 在收到数据包时不发送 ACK 数据包。

有效载荷

有效载荷可以是 0 到 64 字节，其中包含用户定义的信息。

在普通模式下，发射机和接收机具有相同的静态长度。不同于普通模式，增强模式具有动态有效载荷长度，静态有效载荷长度除外。

利用静态有效载荷长度，发射器和接收器之间的所有数据包都具有相同的长度。静态有效载荷长度由接收器侧的 RX_PW_Px 寄存器设置。在发送器上，有效载荷长度由时钟输入 TX_FIFO 的字节数设置，并且必须等于接收器侧 RX_PW_Px 寄存器中的值。

DPL 启用动态有效负载长度。这意味着发送器将具有可变有效载荷长度的数据包发送到接收器。MCU 可以使用 R_RX_PL_WID 命令而不是使用 RX_PW_Px 寄存器来读取接收到的有效负载的长度。为了使能 DPL，必须先使能 FEATURE 寄存器中的 EN_DPL 位。在 RX 模式下，必须设置 DYNPD 寄存器。如果要将 PTX 发送给一个使能 DPL 的 PRX，这个 PTX 必须设置 DYNPD 的 DPL_P0 位。

CRC

CRC 是数据包中的强制性错误检测机制。它在 CONFIG 寄存器中设置使能位和字节数。如果启用了 CRC，接收器将检查接收到的数据包的 CRC。如果它们不相同，接收方将丢弃数据而不产生中断。如果 CRC 被禁用，当地址相同时，接收器将把数据保存在 FIFO 中。

10.1.3.9 中断引脚

作为外设，RF 的中断引脚 IRQ 为高电平触发，IRQ 引脚初始状态为低电平，当状态寄存器中 TX_DS、RX_DR 或 MAX_RT 为 1，以及相应的中断上报使能位为 0 时，IRQ 引脚的中断触发。MCU 给相应中断源写 ‘1’ 时，清除中断。IRQ 引脚的中断触发可以被屏蔽或者使能，通过设置中断上报使能位为 1，禁止 IRQ 引脚的中断触发。

10.1.3.10 BLE 白名单

在 BLE 接收模式下，支持两种白名单过滤方式，一种是基于 Header.Length 的过滤方

式，硬件自动过滤 length 小于等于 6 的广播包；另一种是基于 payload 的过滤方式，根据寄存器 WL_MATCH_MODE、WL_ADDR 对 payload 进行匹配。

基于 payload 的过滤方式由寄存器 WL_MATCH_MODE[2:0]、WL_ADDR[47:0]共同决定：

WL_MATCH_MODE[2:0]	描述
000	不过滤 payload，全部上报
001	只需匹配上 WL_ADDR[47:40]即上报
010	只需匹配上 WL_ADDR[47:32]即上报
011	只需匹配上 WL_ADDR[47:24]即上报
100	只需匹配上 WL_ADDR[47:16]即上报
101	只需匹配上 WL_ADDR[47:8]即上报
110	只需匹配上 WL_ADDR[47:0]即上报
111	不过滤 payload，全部上报，同 000
WL_ADDR[47:0]	BLE 模式白名单地址设置，该地址为 AdvD 当中的一段数据，用于 RX 端过滤功能。WL_MATCH_MODE 设为 001，使用 AdvD 第 7 个字节作为过滤字节。将 WL_MATCH_MODE 设为 010，使用 AdvD 第 6、7 字节作为过滤字节，以此类推

10.2 SPI 指令格式

命令名	命令字	命令字 (二进制)	后带数据 (字节数)	操作
W_PAGE_OF_REG	0xF0	1111 0000	1	写寄存器的 page, 大部分位于 page0, 个别位于 page1
R_PAGE_OF_REG	0xFE	1111 1110	1	读寄存器的 page, 大部分位于 page0, 个别位于 page1
R_REGISTER	0x00+addr	000A AAAA	1 to 5 低字节在前	读状态寄存器 AAAAA=5bit 寄存器地址
W_REGISTER	0x20+addr	001A AAAA	1 to 5 低字节在前	写状态寄存器 AAAAA=5bit 寄存器地址 仅在休眠和待机模式-I 下执行。
R_RX_PAYLOAD	0x61	0110 0001	1 to 32/64 低字节在前	读接收数据, 读操作通常由第 0 字节开始, 读完后数据将从 RX FIFO 中删除, 接收模式下执行。
W_TX_PAYLOAD	0xA0	1010 0000	1 to 32/64 低字节在前	写发射数据, 写操作通常由 0 字节开始。
FLUSH_TX	0xE1	1110 0001	1 byte 00	清 TX FIFO, TX 模式下执行。
FLUSH_RX	0xE2	1110 0010	1 byte 00	清 RX FIFO, RX 模式下执行。
REUSE_TX_PL	0xE3	1110 0011	1 byte 00	用在 PTX 端, 再次使用最后一帧发送的数据并且发送。该命令在刚发送数据或者执行 FLUSH_TX 命令后可用。该命令不可以在发送数据的过程中使用。
ACTIVE	0x50	0101 0000	1	用该命令后跟数据 0x73, 将激活以下功能 • R_RX_PL_WID • W_TX_PAYLOAD_NOACK • W_ACK_PAYLOAD
DE_ACTIVE	0x50	0101 0000	1	用该命令后跟数据 0x8C, 将关闭以下功能 • R_RX_PL_WID • W_TX_PAYLOAD_NOACK • W_ACK_PAYLOAD
R_RX_PL_WID	0x60	0110 0000	0	读 RX FIFO 最顶部 RX-payload 数据宽度。
W_ACK_PAYLOAD	0xA8+PPP	1010 1PPP	1 to 32/64 低字节在前	Rx 模式下执行 写 PIPE PPP(PPP 的值从 000 到 101) 响应 ACK 时同时回传的数据。最多可设置 2 个 ACK 数据包。同 PIPE 的数据将以先进先出的原则发送。写操作通常从 0 字节开始。
W_TX_PAYLOAD_NOACK	0xB0	1011 0000	1 to 32/64 低字节在前	写发射数据, 写操作通常由 0 字节开始。TX 模式下执行, 使用该命令发送数据, 发送完成后给出 TX_DS 标志并且不判自动应答。

S_REG0_WR	0xF1	1111 0001	00/01	S register 0 写操作，写 0x00 复位 RF 模块，写 0x01 复位释放
S_REG0_RD	0xF2	1111 0010		S register 0 读操作
CE_ON	0xFD	1111 1101	00	该命令使 CE 内部逻辑置 1
CE_OFF	0xFC	1111 1100	00	该命令使 CE 内部逻辑置 0
RST_HOLD	0x53	0101 0011	1	该命令后跟数据 0x5A，使得进入复位状态并保持
RST_RELS	0x53	0101 0011	1	该命令后跟数据 0xA5，使得释放复位状态并开始正常工作
NOP	0xFF	1111 1111	0	无操作

R_REGISTER 和 W_REGISTER 寄存器可操作单字节或多字节寄存器。当访问多字节寄存器时首先要读/写的是最低字节的高位。对于多字节寄存器可以只写部分字节，没有写的高字节保持原有内容不变。例如：RX_ADDR_P0 寄存器的最低字节可以通过写一个字节给寄存器 RX_ADDR_P0 来改变。

10.3 RF 寄存器列表

可以通过 SPI 读写列表中的寄存器来控制 RF。表中未定义的寄存器，读取结果为“0”。

PAGE 0						
地址 (hex)	寄存器	BIT	默认值	推荐值	读写	说明
00	CONFIG	7:0	0x06	0x06		工作配置寄存器
	WORK_MODE	7:6	00		R/W	工作模式选择 00: 297L 模式 01: BLE 广播包模式 10: 24L01 模式 11: 未定义
	MASK_RX_DR	5	0		R/W	接收数据成功的中断上报使能位 1: 中断不反映到 IRQ 引脚 0: RX_DR 中断反映到 IRQ 引脚
	MASK_TX_DS	4	0		R/W	发送数据成功的中断上报使能位 1: 中断不反映到 IRQ 引脚 0: TX_DS 中断反映到 IRQ 引脚
	MASK_MAX_RT	3	0		R/W	发送失败并达到最大传输次数的中断上报使能位 1: 中断不反映到 IRQ 引脚 0: MAX_RT 中断反映到 IRQ 引脚
	CRC16_SEL	2	1		R/W	1: CRC16 0: CRC8
	CRC_EN	1	1		R/W	CRC 使能位 1: CRC 使能 0: CRC 不使能
	PRIM_RX	0	0		R/W	RX/TX 控制位 1: PRX 0: PTX
01	EN_AA	7:0	0x01	0x00		接收通道的自动应答使能
	RF_DR[1:0]	7:6	00		R/W	模拟滤波器速率设置, 注意与 Modem 的 DIG_DR 分开配置: 00: 1Mbps 01: 2Mbps 10: 125kbps 11: 250kbps
	ENAA_P5	5	0		R/W	使能 pipe5 自动应答
	ENAA_P4	4	0		R/W	使能 pipe4 自动应答
	ENAA_P3	3	0		R/W	使能 pipe3 自动应答
	ENAA_P2	2	0		R/W	使能 pipe2 自动应答
	ENAA_P1	1	0		R/W	使能 pipe1 自动应答
	ENAA_P0	0	1		R/W	使能 pipe0 自动应答
02	AW_RXADDR	7:0	0xC1	0xC1		接收通道使能
	AW	7:6	11		R/W	RX/TX 地址宽度, 如果地址宽度设置低于 5 字节, 地址使用低字节

						00: 无效 01: 3 字节 10: 4 字节 11: 5 字节
	ERX_P5	5	0		R/W	使能 data pipe 5
	ERX_P4	4	0		R/W	使能 data pipe 4
	ERX_P3	3	0		R/W	使能 data pipe 3
	ERX_P2	2	0		R/W	使能 data pipe 2
	ERX_P1	1	0		R/W	使能 data pipe 1
	ERX_P0	0	1		R/W	使能 data pipe 0
03	SETUP_RX	23:0	0x5D401E	0xfbc01e		接收通道设置
	BN_CTM[2:0]	23:21	010	111	R/W	Balun 的电容控制: 000~111 电容线性增大
	LNA_GC[1:0]	20:19	11	11	R/W	接收机 LNA 的增益控制: 00, 8.1dB 01, 13.89dB 10, 19.65dB 11, 26.02dB
	LNA_BC	18	1	0	R/W	接收端 LNA 电流控制: 1, 大电流; 0, 小电流
	LNA_CTM[2:0]	17:15	010	111	R/W	LNA 和 PA buf 的负载电容控制: 000~111, step=1 电容线性增大
	BPF_CTRL_GAIN	14	1	1	R/W	接收端中频滤波器增益控制: 1, 低增益; 0, 高增益
	BPF_CTRL_BW	13	0	0	R/W	接收端中频滤波器带宽控制: 1, 大带宽; 0, 小带宽
	IB_BPF_TRIM	12	0	0	R/W	BPF 大电流控制位, 0: 小电流, 1: 大电流
	Reserved	11:8	0000			
	BW_500K	7	0	0	R/W	滤波器带宽控制位: BW_500K=0, BPF_SR<1:0>=00 滤波器带宽为 1M BW_500K=0, BPF_SR<1:0>=01 滤波器带宽为 2M BW_500K=0, BPF_SR<1:0>=10 滤波器带宽为 0.5M
	GC_500K	6	0	0	R/W	250K 模式增益控制: 1, 高增益; 0, 低增益
	RCCAL_IN[5:0]	5:0	011110		R/W	RC calibration 输出 code 手动控制
04	SETUP_RETR	7:0	0x03	0x00		自动传输设置
	ARD	7:4	0000	0000	R/W	自动传输延时 0000 :250μs 0001 :500μs 0010 :750μs 1111: 4000μs
	ARC	3:0	0011	0000	R/W	自动传输次数设置

						0000: 不带自动重传不带 ACK 的通信模式 0001~1111: 带自动重传的通信模式 0001: 带 ACK 的 1 次传输 0002: 带自动重传带 ACK 的 2 次传输 1111: 带自动重传带 ACK 的 15 次传输
05	RF_CH	15:0	0x008E	0x0042		通信频道设置
	Reserved	15:9	0000000			
	HIGH_RF	8	0		R/W	rx frequency high or low selection, 0 for high, Channel + 2M 1 for low, Channel - 2M
	CH_NUM	7:0	10001110	01000010	R/W	设置 TX 使用频道为 Channel=CH_NUM + 2336
06	SETUP_RXTX	23:0	0x492A48			通信参数配置
	AMP_SEL_I[2:0]	23:21	010	111	R/W	1 路 LO BUF 输出幅度控制, 会影响接收端的镜像抑制, 增加 LO BUF 的输出幅度 000, 幅度变化最小 111, 幅度变化最大
	Reserved	20:18	010	111	R/W	
	PH_SEL_I[2:0]	17:15	010	010	R/W	I 路 LO BUF 输出相位控制, 会影响接收端的镜像抑制, 改变 LO BUF 的输出相位 000, 相位变化最小 111, 相位变化最大
	PH_SEL_Q[2:0]	14:12	010	010	R/W	最高位没有用, 低两位是 VCO PTAT 电流源控制: 00, 38uA 01, 53uA 10, 68uA 11, 83uA
	RCCAL_EN	11	1	1	R/W	滤波器带宽校准使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
	Reserved	10	0			
	DA_GC	9	1	1M/2M:1 250K:0	R/W	DAC 增益控制: 1, 高增益, 0, 低增益, 此时增益降低 3.75dB(0.6489)
	DA_LPF_BW	8	0	0	R/W	DAC 带宽选择: 1, 2M 带宽模式 0, 1M 带宽和 250K 带宽模式
	DA_VREF_MB[2:0]	7:5	010	1M:001 2M:011 250K:010	R/W	DAC 参考电压控制: 000~111 变化范围, 1.179V~1.136V, 22mV/step
	DA_VREF_LB[2:0]	4:2	010	1M:001 2M:010 250K:001	R/W	DAC 参考电压控制: 000~111 变化范围, 0.84V~0.998V, 22mV/step

	DIG_DR[1:0]	1:0	00		R/W	MDM 速率设置，与模拟滤波器分开配置： 01: 2Mbps 00: 1Mbps 11: 250kbps 10: 125kbps
07	STATUS	7:0	0x0E	0x0e		状态寄存器
	Reserved	7	0			
	RX_DR	6	0		R/W	RX FIFO 接收数据中断位， 在新数据被接收并到达 RX FIFO 时产生中断。 写 1 清中断
	TX_DS	5	0		R/W	TX FIFO 发送数据成功中断位， 在不带自动重传模式下，数据发送完成后产生中断； 在带自动重传模式下，仅在发送端收到 ACK 信号后才会将该位置高。 写 1 清中断
	MAX_RT	4	0		R/W	发送达到最大传输次数未成功中断位。 写 1 清中断 产生该中断后，继续进行通信必须先清该中断
	RX_P_NO	3:1	111		R	可从 RX_FIFO 读取的 pipe 号 000-101: pipe 号 110: Not Used 111: RX_FIFO 空
	TX_FULL	0	0		R	TX FIFO 满标志 1: TX FIFO 满 0: TX FIFO 未可用
08	OBSERVE_TX	7:0	0x00	0x00		传输状态寄存器
	PLOS_CNT	7:4	0000		R	丢包计数器 该计数器达到最大值 15 时将停止计数， 该计数器在写 CH_NUM 时被复位， 未复位该值时可以继续进行通信
	ARC_CNT	3:0	0000		R	自动重传的传输次数计数器 自动重传增加一次，ARC_CNT 加一； 在 ARC_CNT 达到 ARC 限定值时，视为丢包，并将 PLOS_CNT 加一； 当新数据写入 TX FIFO 时该计数器复位。
09	DATAOUT	15:0	0x8000			只读寄存器
	VCO_CODE_VAL[3:0]	15:12	1000		RO	VCO 校正结果
	Reserved	11:6	000000			
	RCCAL_VAL[5:0]	5:0	000000		RO	
0A	RX_ADDR_P0	39:0	0xE7E7E7E7		R/W	data pipe 0 的接收地址，最长 5 字节。（由低字开始写。地址长度由 AW 定义）
0B	RX_ADDR_P1	39:0	0xC2C2C2C2		R/W	data pipe 1 的接收地址，最长 5 字节。（由

						低字节开始写。地址长度由 AW 定义)
0C	RX_ADDR_P2P3	15:0	0xC3C4			
	RX_ADDR_P2	15:8	0xC3		R/W	data pipe 2 的接收地址, 仅最低 8 位, 高位等于 RX_ADDR_P1[39:8]
	RX_ADDR_P3	7:0	0xC4		R/W	data pipe 3 的接收地址, 仅最低 8 位, 高位等于 RX_ADDR_P1[39:8]
0D	RX_ADDR_P4P5	15:0	0xC5C6			
	RX_ADDR_P4	15:8	0xC5		R/W	data pipe 4 的接收地址, 仅最低 8 位, 高位等于 RX_ADDR_P1[39:8]
	RX_ADDR_P5	7:0	0xC6		R/W	data pipe 5 的接收地址, 仅最低 8 位, 高位等于 RX_ADDR_P1[39:8]
0E	SETUP_RF	15:0	0x3FFB	0x3ffd		
	TXSYN_ALWAYS_ON	15	0		R/W	1: EN_TX_SYN 常高 0: EN_TX_SYN 受状态机控制
	RXSYN_ALWAYS_ON	14	0		R/W	1: EN_RX_SYN 常高 0: EN_RX_SYN 受状态机控制
	EN_RX_LNA	13	1		R/W	接收 LNA 使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
	EN_RX_MIX	12	1		R/W	接收混频器使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
	EN_RX_BPF	11	1		R/W	接收滤波器使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
	EN_RX_LIMITER	10	1		R/W	接收限幅放大器使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
	Reserved	9	1		R/W	
	EN_TX_DAC	8	1		R/W	发射机通道 DAC 使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
	EN_TX_PABUF	7	1		R/W	发射机通道 PA BUF 使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
	EN_SYN_PFD	6	1		R/W	PLL PFD 使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
	EN_SYN_CP	5	1		R/W	PLL CP 使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
	CAL_VREF_SEL	4	1		R/W	VCO Calibration 参考电压控制: 1, 1.11V; 0, 1.25V
	Reserved	3:0	1011			
0F	Reserved					
10	TX_ADDR	39:0	0xE7E7E7E7E7		R/W	发送端地址 (由低字节开始写) 只能在配置为 PTX 模式的芯片中使用, 需要设置 RX_ADDR_P0 等于该地址以 便接收 ACK 自动应答。
11	RX_PW_P0	7:0	0x00	0x20		data pipe 0 中的 RX payload 的数据长度
	Reserved	7	0			
	RX_PW_P0	6:0	0000000		R/W	data pipe 0 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 32/64 字节) 0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 32/64 = 32/64bytes
12	RX_PW_P1	7:0	0x80	0x80		data pipe 1 中的 RX payload 的数据长度
	IBUF2X	7	1		R/W	LO buf I 路电流控制: 电流最小

						1, 电流加倍
	RX_PW_P1	6:0	0000000		R/W	data pipe 1 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 32/64 字节) 0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 32/64 = 32/64 bytes
13	RX_PW_P2	7:0	0x80	0x80		data pipe 2 中的 RX payload 的数据长度
	Reserved	7	1			
	RX_PW_P2	6:0	0000000		R/W	data pipe 2 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 32/64 字节) 0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 32/64 = 32/64 bytes
14	RX_PW_P3	7:0	0x00			data pipe 3 中的 RX payload 的数据长度
	AGC_GAIN_RST	7	0		WO	AGC 使能的时候, 将 RX GAIN 复位到最大值, 只写寄存器, 写 1 后自动清除
	RX_PW_P3	6:0	0000000		R/W	data pipe 3 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 32/64 字节) 0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 32/64 = 32/64 bytes
15	RX_PW_P4	7:0	0x00			data pipe 4 中的 RX payload 的数据长度
	Reserved	7	0			
	RX_PW_P4	6:0	0000000		R/W	data pipe 4 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 32/64 字节) 0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 32/64 = 32/64 bytes
16	RX_PW_P5	7:0	0x00			data pipe 5 中的 RX payload 的数据长度
	RX_DATA_JUST	7	0		R/W	会影响 FSM 中 rx_data_mark 的产生, 297L 是常低
	RX_PW_P5	6:0	0000000		R/W	data pipe 5 中的 RX payload 的数据长度 (1 到 32/64 字节) 0: 该 Pipe 未用 1 = 1 byte ... 32/64 = 32/64 bytes
17	FIFO_STATUS	7:0	0x11		RO	FIFO 状态寄存器
	Reserved	7				
	TX_REUSE	6	0		R	调用上一帧数据发送的指示位 在使用 REUSE_TX_PL 命令后, 该位为 1, 重传上一次发送中最后一帧数据。该位可以由命令 W_TX_PAYLOAD、

						W_TX_PAYLOAD_NOACK、DEACTIVATE、FLUSH TX 进行复位操作。
	TX_FULL	5	0		R	TX FIFO 满标志位 1: TX FIFO 满 0: TX FIFO 可用
	TX_EMPTY	4	1		R	TX FIFO 空标志位 1: TX FIFO 空 0: TX FIFO 有数据
	VCOCAL_1TIME_FLAG	3	0		R	只做 1 次 VCO 校正标志位， EN_VCOCAL_ONLY1 置 1 时有效 1: 做了一次 VCO 校正 0: 一次 VCO 校正都没做
	Reserved	2	0			
	RX_FULL	1	0		R	RX FIFO 满标志位 1: RX FIFO 满 0: RX FIFO 可用
	RX_EMPTY	0	1		R	RX FIFO 空标志位 1: RX FIFO 空 0: RX FIFO 有数据
18	SETUP_PLL	23:0	0x4460AC	0x3fc9ab		PLL 相关寄存器设置
	RX_VCO_BIAS[3:0]	23:20	0100	0011	R/W	RX 时 VCO 电流源电流控制： 0000，电流最小；1111，电流最大
	TX_VCO_BIAS[3:0]	19:16	0100	1111	R/W	TX 时 VCO 电流源电流控制： 0000，电流最小；1111，电流最大
	VCO_CT[1:0]	15:14	01	11	R/W	VCO 频率范围粗调： 00，4.774G~5.338G 01，4.662G~5.192G 10，4.558G~5.056G 11，4.459G~4.929G
	PRE_BC[2:0]	13:11	100	001	R/W	Prescaler 电流源电流控制： 000，28uA 001，42uA 010，42uA 011，56uA 100，56uA 101，70uA 110，70uA 111，84uA
	BUF_IC[1:0]	10:9	00	00	R/W	LO Buffer 电流源电流控制： 00，600uA 01，800uA 10，1000uA 11，1200uA
	CPSEL[1:0]	8:7	01	11	R/W	电荷泵电流源电流控制： 00，26uA 01，52uA

						10, 78uA 11, 104uA
	IVCO_SEL[1:0]	6:5	01	01	R/W	VCO 电流源 IPTAT 电流与 IBG 电流控制: IBG=0uA、IPTAT=68uA 01, IBG=9uA、IPTAT=51uA 10, IBG=18uA、IPTAT=34uA 11, IBG=27uA、IPTAT=17uA
	Reserved	4	0	0		
	PRE_EN	3	1	1	R/W	Prescaler 使能控制: 1, 打开; 0, 关掉
	DIV2_IB[2:0]	2:0	100	011	R/W	VCO IQ 除 2 电流控制: 000, 34uA 001, 42.5uA 010, 51uA 011, 59.5uA 100, 64uA 101, 72.5uA 110, 81uA 111, 90.5uA
19	DEMOD_CAL	7:0	0x0F	0x19		调制解调参数寄存器 (可由方案需要来配置)
	CHIP	7	0		R/W	设置芯片是否进入测试模式 1: 进入测试模式 0: 退出测试模式
	CARR_MOSI	6	0		R/W	代替 MOSI, 进单载波, 只影响 RX 1: CHIP=1 并且 CE=1 并且 en_rx_mode=0, EN_RF_RX=1 0: CHIP=1 并且 CE=1 并且 en_rx_mode=0, EN_RF_RX=0
	CARR_CSK	5	0		R/W	代替 CSK, 进单载波, 影响 TX 跟 RX 对 TX 的影响: 1: CHIP=1 并且 CE=0, EN_RF_TX=1 0: CHIP=1 并且 CE=0, EN_RF_TX=0 对 RX 的影响: 1: CHIP=1 并且 CE=1 并且 en_rx_mode=1, EN_RF_RX=1 0: CHIP=1 并且 CE=1 并且 en_rx_mode=1, EN_RF_RX=0
	GAUS_CAL	4:1	0111	1M:1000 2M:0110 250K:1100 不同速率其他 配置参考 Devition 配置参 考	R/W	高斯滤波器输出到 DAC 的信号大小调整, 该输出信号大小是发射调制频偏大小的决定因素之一 1111: 信号较小 ... 1000: 信号中等 ... 0000: 信号较大
	SCR_EN	0	1		R/W	扰码功能是否使能

						1: 使能 0: 关闭
1A	RF_CAL2	23:0	0xDC4BF8			补充射频寄存器（一般使用默认值）
	EN_LDO_1P8V_REG	23	1	1	R/W	RF-LDO 控制寄存器，当 TH1 为 1 时， EN_LDO_1P8V=EN_LDO_1P8V_REG， 当 TH1=0 时，EN_LDO_1P8V 由 RF 状态机控制
	QBUF2X	22	1	1	R/W	LO buf Q 路电流控制： 电流最小等于 I 路电流 1，Q 路电流加倍
	PA_GC[3:0]	21:18	0111		R/W	PA BUF 的电流源控制： 000，59.36uA 001，94.16uA 010，140.16uA 011，174.66uA 100，209.16uA 101，243.66uA 110，278.16uA 111，312.16uA
	RDEWT_REG[2:0]	17:15	000		R/W	设置在 TX_WAITSTOP 状态，拉低 EN_PA 的等待时间，该时间 $time_w = (RDEWT_REG[2:0] * 8) + 3$ ，单位 0.5us 注意 $time_w$ 的取值范围与 TX_WAITSTOP_TIME 有关系，如果 $time_w$ 超出范围那么 EN_PA 拉低与 EN_TX_SYN 拉低的时间间隔固定为 0.25us，否则 EN_PA 拉低与 EN_TX_SYN 拉低的时间间隔 = (TX_WATISTOP 等待时间 - $time_w + 0.75$) us，step 为 4us TX_WAITSTOP_TIME = 00: $2 < time_w < 8$ TX_WAITSTOP_TIME = 01: $2 < time_w < 20$ TX_WAITSTOP_TIME = 10: $2 < time_w < 32$ TX_WAITSTOP_TIME = 11: $2 < time_w < 56$
	TX_WAITSTOP_TIME[1:0]	14:13	10		R/W	TX_WATISTOP 等待时间选择 00: 4us 01: 10us 10: 16us 11: 28us
	CCLUDE1	12	0		R/W	TX 状态机 CONCLUDE 状态，TX DATA 后 4 位选择，该值为 dummy 数据： 0: TX DATA 后 4 位全 0 1: TX DATA 后 4 位全 1
	TX_WAITSTOP_DAT	11	1		R/W	TX 状态机 WAITSTOP 状态，TX DATA 等于 TX_WAITSTOP_DAT，该值为

						dummy 数据
	PA_RAMP_REG[6:0]	10:4	0111111		R/W	设置 PA 功率, TX 模式下 PA_RAMP[6:0] 等于 PA_RAMP_REG[6:0], 否则等于 0
	FREQ_SEL	3	1		R/W	VCO 频率粗调挡位, 0: 低频; 1: 高频
	PA_RAMP_SEL	2	0		R/W	RAMP TIME SETTING 1: 15uS 0: 8uS
	PA_BIAS_SEL[1:0]	1:0	00		R/W	PA POWER CASCODE BIAS SET 00: 3.3V 01: 2.9V 10: 2.5V 11: 2.5V
1B	DEMOD_CAL2	23:0	0x00DF0B	0x00df0b		补充解调参数寄存器 (一般使用默认值)
	PIN	23:21	000		R/W	设置芯片进入测试模式后的输出 PIN (MISO 引脚/IRQ 引脚) 000 (且 CHIP 为 0) 为工作模式, 作数据输出和中断输出 000 (且 CHIP 为 1) 为测试灵敏度模式, 作解调数据和时钟输出 110 (且 CHIP 为 1) 为测试接收模式, 作 limit I 和 Q 两路输出
	EN_RX_MODE	20	0		R/W	接收通道是否与锁相环同时开启 1: 同时打开 0: 分时打开
	DELAY1	19	0		R/W	锁相环开环是否使能, 锁相环使能开环状态可以作为发射的载波漂移测试 1: 锁相环使能开环 0: 锁相环开环受状态机控制
	DELAY0	18	0		R/W	解调器是否叠加收报的初始偏移量, 解调器不叠加初始偏移量可作为接收灵敏度测试 1: 不叠加初始偏移量 0: 叠加初始频偏, 接收状态下可以抵消由于中心频偏引起的误差
	TH1	17	0		R/W	发射单载波测试模式下, LDO (除 DVDD 的 LDO 外) 是否使能 1: EN_LDO_1P8V= EN_LDO_1P8V_REG 0: EN_LDO_1P8V=lido_en (状态机控制)
	PTH	16:13	0110		R/W	接收机数字解调器前导码相关阈值设置, 24 位前导码的相关阈值=PTH+16 1000: 24 位 0110: 22 位 0000: 16 位
	SYNC_SEL	12	1		R/W	接收机数字解调器的 4 倍采样, 取几点相关上计算该位数据正确 1: 3bit

						0: 2bit
	DECOD_INV	11	1		R/W	前导码是否按位取反, 一般置 1 使能该功能需要收发两端进行 1: 不按位取反 0: 按位取反
	GAIN1	10:7	1110		R/W	解调器的数据中心值调整环路的基准波形的幅度, 置 1110
	GAIN2	6:1	000101		R/W	解调器的数据中心值调整环路的根据基准波形的调整速度, 置 000101
	AGGRESSIVE	0	1		R/W	解调器的码率同步单元的速度选择 1: 大步长调整, 速度快 0: 小步长调整, 速度慢
1C	DYNPD		0x00	0x40		动态 PAYLOAD 长度使能
	EN_VCOCAL_ONLY1	7	0		R/W	只做一次 VCO 校正使能位, 前提是不切换频点 1: 只做一次 VCO 校正, 后续 TX/RX 不做 VCO 校正并且会省掉 VCO 校正的时间 0: 该功能关闭
	noIRQ_noWORK	6	0	1	R/W	1: 不清 IRQ 数字 FSM 不工作 0: 不清 IRQ 数字 FSM 也工作
	DPL_P5	5	0		R/W	使能 PIPE 5 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P5)
	DPL_P4	4	0		R/W	使能 PIPE 4 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P4)
	DPL_P3	3	0		R/W	使能 PIPE 3 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P3)
	DPL_P2	2	0		R/W	使能 PIPE 2 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P2)
	DPL_P1	1	0		R/W	使能 PIPE 1 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P1)
	DPL_P0	0	0		R/W	使能 PIPE 0 动态 PAYLOAD 长度 (需要 EN_DPL 和 ENAA_P0)
1D	FEATURE	7:0	0x00		R/W	特征寄存器
	IRQ_INV_SEL	7	0		R/W	IRQ 输出是否取反 0: 不取反 1: 取反
	MUX_PA_IRQ	6	0		R/W	选择 IRQ 信号输出还是 EN_PA 信号输出到 PIN 0: IRQ 信号输出到 PIN 1: EN_PA 信号输出到 PIN
	IQ_SW	5	0	1	R/W	接收端 I/Q 取反开关配置
	DATA_LEN_SEL	4:3	00		R/W	数据长度选择 11: 64byte (512bit) 模式 00: 32byte (256bit) 模式
	EN_DPL	2	0		R/W	使能动态 PAYLOAD 长度
	EN_ACK_PAY	1	0		R/W	使能 ACK 带 PAYLOAD

	EN_DYN_ACK	0	0		R/W	使能 W_TX_PAYLOAD_NOACK 命令
1E	RF_CAL	15:0	0x0E68	0x0e68		射频参数寄存器（可由方案需要来配置）
	Reserved	15:12	0000			
	OTA_GC[2:0]	11:9	111		R/W	TIA 增益控制： 000, 低增益；111, 高增益
	Reserved	8	0		R/W	
	REF_DIV_SEL	7	0		R/W	reference clock frequency selection, 0 , 1M 1 , 2M
	VCO_CAL_EN	6	1		R/W	VCO 校准使能控制： 1, 打开；0, 关掉
	VCO_DLY_SEL[1:0]	5:4	10		R/W	vco calibration delay time selection 00 , 3us 01 , 6us 10 , 9us 11 , 12us
	VCO_CODE_IN[3:0]	3:0	1000		R/W	VCO 负载电容控制位，可调 VCO 输出 频率： 1111, 频率最大；0000, 频率最小
1F	BB_CAL	39:0	0x9C600EA50A	0x9c401061d3		数字基带参数寄存器（一般使用默认值）
	INVERTER	39	1		R/W	进入 RX_block 前是否取反 RX 通路数据 1: 取反 0: 保持不变
	DAC_MODE	38	0		R/W	dac_out[5:0] 是否需要取反输出， dac_out[5:0]为 DAC 数据输入端 1:dac_out[5:0]<= [0:5] 0:dac_out[5:0]<= [5:0]
	DAC_BASAL	37:32	011100		R/W	预发送阶段的 DAC 数据输入的初始值
	CE_JUST_TIME	31:30	01		R/W	主状态机从 STANDBY 进入 TX_SET 的 等待时间，时间长度计算： CE_JUST_TIME×4, 单位 us 范围 0~12us, 默认 4us
	LDO_WAIT_TIME	29:27	100	000	R/W	LDO 稳定时间，之前是 30us 做死的，298 改为可配置，时间长度计算： LDO_WAIT_TIME × 8, 单位 us 范围 0~56us, 默认 32us
	TRX_TIME	26:23	0000		R/W	锁相环开环/PA 使能（以后开者为基准） 到开始发射数据的时间间隔，时间长度 计算： TRX_TIME×8, 单位为 us 范围 0~120us, 默认 0us
	EX_PA_TIME	22:17	000111	001000	R/W	发射锁相环使能到 PA 使能的时间间隔， 时间长度计算： EX_PA_TIME×16, 单位为 us 范围 0~1008us, 默认 112us
	TX_SETUP_TIME	16:11	010100	001100	R/W	发射锁相环使能到锁相环开环的时间间 隔，时间长度计算：

						TX_SETUP_TIME×16, 单位为 us 范围 0~1008us, 默认 320us
	RX_SETUP_TIME	10:6	10100	00111	R/W	RX 射频通路锁相环稳定时间, 时间长度计算: RX_SETUP_TIME×16, 单位为 us 范围 0~496us, 默认 320us
	RX_ACK_TIME	5:0	001010	1Mbps:010010 2Mbps:011000 250Kbps:001100 以上配置 ACK_Payload 支持到 32Byte, 具体时间根据 ACK 字节数和 重传效率去配 置	R/W	PTX 转为接收模式后等待 ACK 的最长 时间, 超出该时间则认为本次传输失败, 2Mbps 模式下的时间长度计算: (RX_ACK_TIME×16)+16, 单位为 us 1Mbps 模式下的时间长度计算: (RX_ACK_TIME×32)+32, 单位为 us 250kbps 模式下的时间计算: (RX_ACK_TIME×128)+128, 单位为 us 125kbps 模式下的时间计算: (RX_ACK_TIME×256)+256, 单位为 us

PAGE 1

地址 (hex)	寄存器	BIT	默认值	推荐值	读写	说明
00	P1_REG_00	47:0	0x0000000000000			
	WL_ADDR	47:0	0x0000000000000		R/W	BLE 模式白名单地址设置, 该地址实际为 AdvD 当中的一段数据, 用于 RX 过滤功能。 WL_MATCH_MODE 设为 1, 使用 AdvD 第 7 个字节作为过滤字节, 将 WL_MATCH_ MODE 设为 2, 使用 AdvD 的第 6、7 字节 作为过滤字节, 以此类推
01	P1_REG_01	7:0	0x00			
	Reserved	7:4	0000		R/W	
	FIR_CUT_MODE	3	0		R/W	解调器内部 fir_filter 模式选择: 0: 297L 模式 1: 新增滤波器溢出保护模式
	WL_MATCH_MODE	2:0	000		R/W	BLE RX 白名单过滤模式选择: 000: 不过滤, 全部上报 001: 只需匹配上 WL_ADDR[47:40] 即上 报 010: 只需匹配上 WL_ADDR[47:32] 即上 报 011: 只需匹配上 WL_ADDR[47:24] 即上 报 100: 只需匹配上 WL_ADDR[47:16] 即上 报 101: 只需匹配上 WL_ADDR[47:8] 即上报 110: 需要 WL_ADDR[47:0]全部匹配即上 报 111: 同 000, 不过滤全部上报

02	P1_REG_02	31:0	0x8E89BED6			
	ACCESS_ADDRESS	31:0	0x8E89BED6		R/W	BLE 模式 Access Address 设置 Advertising packets – always 0x8e89bed6 Data packets – different for each link layer connection
03	P1_REG_03	15:0	0x0000			
	DEV_COM_POS	15:0	0x0000		R/W	整体定向频偏调节，向上调值，步进值为： 2M 模式： 步进值约 4KHz； 1M 模式： 步进值约 514Hz； 250K 模式： 步进值约 8Hz； 125K 模式： 步进值约 1Hz；
04	P1_REG_04	15:0	0x0000			
	DEV_COM_NEG	15:0	0x0000		R/W	整体定向频偏调节，向下调值，步进值为： 2M 模式： 步进值约 4KHz； 1M 模式： 步进值约 514Hz； 250K 模式： 步进值约 8Hz； 125K 模式： 步进值约 1Hz；
05	P1_REG_05	7:0	0x35			RX Path
	Reserved	7	0			
	OTA_VSEL<2:0>	6:4	011		R/W	混频器 OTA DC 工作点控制：1.044~1.376
	MIX_ISEL<1:0>	3:2	01		R/W	混频器基准电流控制： 00, 20uA 01, 30uA 10, 40uA 11, 50uA
	MIX_RSEL<1:0>	1:0	01		R/W	混频器输出 DC 工作点控制，default 设为和 MIX_ISEL<1:0>一致

11 中断

11.1 特性

PAN221x 系列有 16 个中断源，所有中断对应一个中断入口地址 008H。如果全局中断 EA 置 1，并且相应使能位置 1，只要有中断标志位就会有中断响应，响应中断之后需要软件将中断标志位清除，否则会不断响应中断。

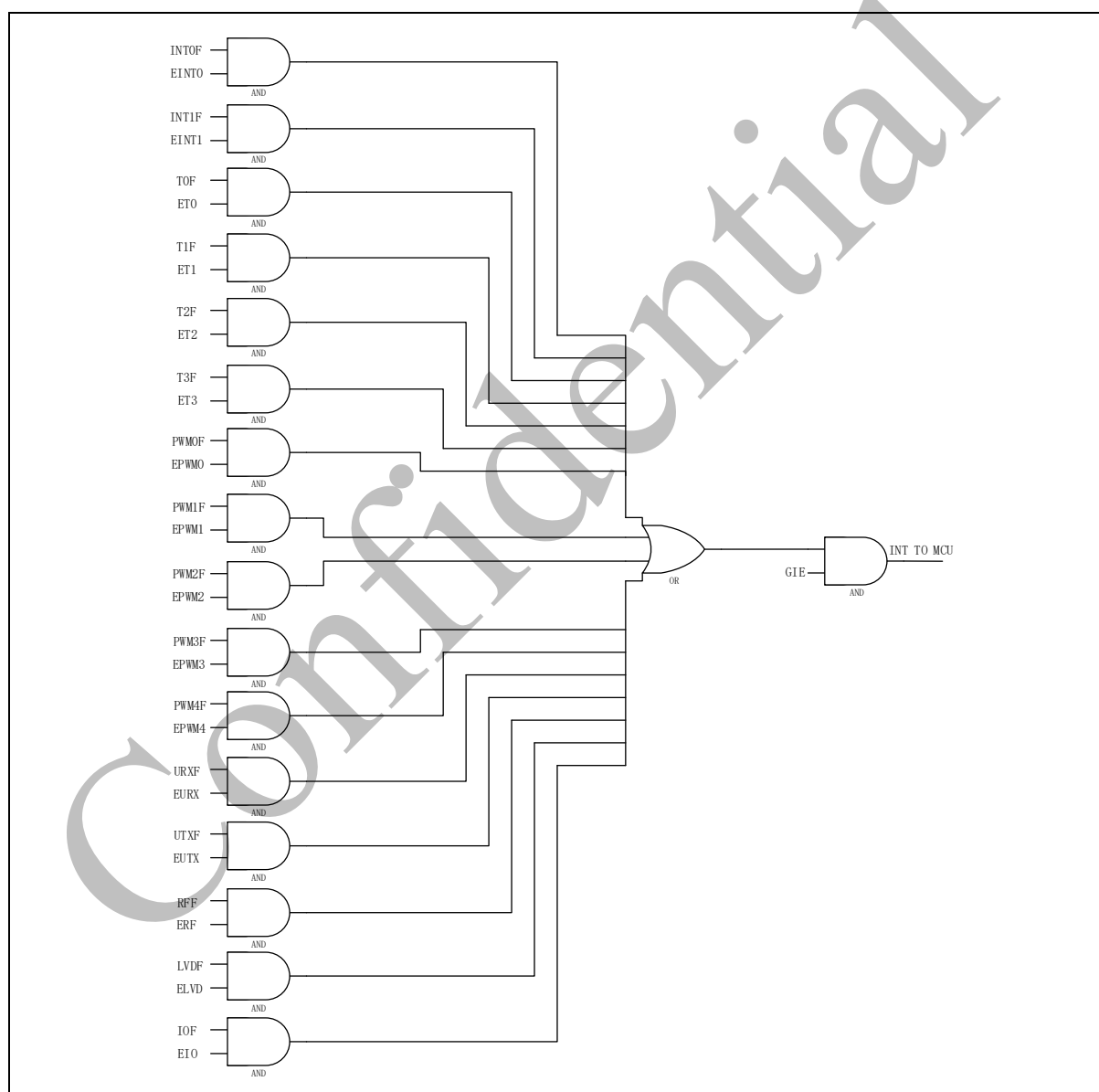


图 11-1 中断逻辑图

11.2 寄存器

表 11-1 中断寄存器列表

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
06h	IF0	0x00	—	URXF	UTXF	LVDF	INT1F	T1F	T0F	RFF
07h	IEN0	0x00	EA	EURX	EUTX	ELVD	EINT1	ET1	ET0	ERF
0Ah	IF1	0x00	T2F	PWM4F	PWM3F	PWM2F	IOF	INT0F	PWM1F	PWM0F
0Bh	IEN1	0x00	ET2	EPWM4	EPWM3	EPWM2	EIO	EINT0	EPWM1	EPWM0
0Ch	EXINTS	0x00	—	—	—	—	E1EG[1:0]	—	E0EG[1:0]	—
0Dh	IF2	0x00	—	—	—	—	—	—	—	T3F
0Eh	IEN2	0x00	—	—	—	—	—	—	—	ET3
1Ch	P1WK	0x00	P1WK[7:0]							
1Dh	P1IOCF	0x00	P1IOCF[7:0]							

表 11-2 中断寄存器各位功能表

IF0	06H			
位	符号	读写	默认值	说明
6	URXF	R/W	0	UART RX 中断标志位
5	UTXF	R/W	0	UART TX 中断标志位
4	LVDF	R/W	0	低电压检测 (LVD) 中断标志位
3	INT1F	R/W	0	外部中断 1 中断标志位
2	T1F	R/W	0	定时器/计数器 1 中断标志位
1	T0F	R/W	0	定时器/计数器 0 中断标志位
0	RFF	R/W	0	RF 中断标志位
IEN0	07H			
位	符号	读写	默认值	说明
7	EA	R/W	0	全局中断使能位 1: 使能全局中断 0: 禁止全局中断
6	EURX	R/W	0	UART RX 中断使能位 1: 使能 UART RX 中断 0: 禁止 UART RX 中断
5	EUTX	R/W	0	UART TX 中断使能位 1: 使能 UART TX 中断 0: 禁止 UART TX 中断
4	ELVD	R/W	0	低电压检测 (LVD) 中断使能位 1: 使能低电压检测 (LVD) 中断 0: 禁止低电压检测 (LVD) 中断
3	EINT1	R/W	0	外部中断 1 使能位 1: 使能外部中断 1 0: 禁止外部中断 1
2	ET1	R/W	0	定时器/计数器 1 中断使能位 1: 使能定时器/计数器 1 中断 0: 禁止定时器/计数器 1 中断
1	ET0	R/W	0	定时器/计数器 0 中断使能位 1: 使能定时器/计数器 0 中断 0: 禁止定时器/计数器 0 中断

0	ERF	R/W	0	RF 中断使能位 1: 使能 RF 中断 0: 禁止 RF 中断
IF1 0AH				
位	符号	读写	默认值	说明
7	T2F	R/W	0	定时器 2 中断标志位
6	PWM4F	R/W	0	PWM4 占空比中断标志
5	PWM3F	R/W	0	PWM3 占空比中断标志
4	PWM2F	R/W	0	PWM2 占空比中断标志
3	IOF	R/W	0	IO 中断标志
2	INT0F	R/W	0	INT0 中断标志
1	PWM1F	R/W	0	PWM1 占空比中断标志
0	PWM0F	R/W	0	PWM0 占空比中断标志
IEN1 0BH				
位	符号	读写	默认值	说明
7	ET2	R/W	0	定时器 2 中断使能位 1: 使能定时器 2 中断 0: 禁止定时器 2 中断
6	EPWM4	R/W	0	PWM4 占空比中断使能位 1: 使能 PWM4 占空比中断 0: 禁止 PWM4 占空比中断
5	EPWM3	R/W	0	PWM3 占空比中断使能位 1: 使能 PWM3 占空比中断 0: 禁止 PWM3 占空比中断
4	EPWM2	R/W	0	PWM2 占空比中断使能位 1: 使能 PWM2 占空比中断 0: 禁止 PWM2 占空比中断
3	EIO	R/W	0	IO 中断使能位 1: 使能 IO 中断 0: 禁止 IO 中断
2	EINT0	R/W	0	INT0 中断使能位 1: 使能 INT0 中断 0: 禁止 INT0 中断
1	EPWM1	R/W	0	PWM1 占空比中断使能位 1: 使能 PWM1 占空比中断 0: 禁止 PWM1 占空比中断
0	EPWM0	R/W	0	PWM0 占空比中断使能位 1: 使能 PWM0 占空比中断 0: 禁止 PWM0 占空比中断
IF2 0DH				
位	符号	读写	默认值	说明
0	T3F	R/W	0	定时器 3 中断标志位
IEN2 0EH				
位	符号	读写	默认值	说明
0	ET3	R/W	0	定时器 3 中断使能位 1: 使能定时器 3 中断 0: 禁止定时器 3 中断

11.3 外部中断 0

P1.3/P1.1(由 IOMUX.bit3 选择)可作为外部中断 0 的输入端。触发方式由寄存器 EXINTS、IEN0 和 IF0 决定。IEN0 寄存器中的 EINT0 为外部中断 0 的使能位。可唤醒 STOP 或 IDLE 模式。唤醒 IDLE 的时候,唤醒电平至少持续 1us。唤醒 STOP 的时候,唤醒电平至少持续 16ms。

IDLE 模式支持高电平、低电平、上升沿、下降沿唤醒。STOP 模式只支持高电平、低电平唤醒。

表 11-3 外部中断 0 寄存器各位功能表

0AH	IF1			
位	符号	读写	默认值	说明
2	INT0F	R/W	0	外部中断 0 中断标志位
07H	IEN0			
位	符号	读写	默认值	说明
7	EA	R/W	0	全局中断使能位 1: 使能 0: 禁止
0BH	IEN1			
位	符号	读写	默认值	说明
2	EINT0	R/W	0	外部中断 0 中断使能位 1: 使能 0: 禁止
0CH	EXINTS			
位	符号	读写	默认值	说明
1:0	E0EG[1:0]	R/W	00	外部中断 0 触发方式选择
				E0EG[1:0] 触发方式选择
				00 低电平触发 (E0EGL)
				01 高电平触发 (E0EGH)
				10 下降沿触发 (E0EGD)
				11 上升沿触发 (E0EGU)

11.4 外部中断 1

P1.2/P1.0(由 IOMUX.bit4 选择)可作为外部中断 1 的输入端。触发方式由寄存器 EXINTS、IEN0 和 IF0 决定。IEN0 寄存器中的 EINT1 为外部中断 1 的使能位。可唤醒 STOP 或 IDLE 模式。唤醒 IDLE 的时候,唤醒电平至少持续 1us。唤醒 STOP 的时候,唤醒电平至少持续 16ms。

IDLE 模式支持高电平、低电平、上升沿、下降沿唤醒。STOP 模式只支持高电平、低电平唤醒。

表 11-4 外部中断 1 寄存器各位功能表

06H	IF0			
位	符号	读写	默认值	说明
3	INT1F	R/W	0	外部中断 1 中断标志位
07H	IEN0			
位	符号	读写	默认值	说明
7	EA	R/W	0	全局中断使能位 1: 使能 0: 禁止
3	EINT1	R/W	0	外部中断 1 中断使能位 1: 使能 0: 禁止
0CH	EXINTS			
位	符号	读写	默认值	说明
3:2	E1EG[1:0]	R/W	00	外部中断 1 触发方式选择
				E1EG[1:0] 触发方式选择
				00 低电平触发 (E1EGL)
				01 高电平触发 (E1EGH)
				10 下降沿触发 (E1EGD)
				11 上升沿触发 (E1EGU)

11.5 P1 口输入变化中断

P1 口在作为唤醒口时，如果打开了 EA 使能和 EIOC 使能，只要输入状态改变，就可以产生中断，P1IOCF 对应 P1 口的在输入变化中断或唤醒时的状态。

表 11-5 P1 口输入变化中断寄存器功能表

0AH	IF1			
位	符号	读写	默认值	说明
3	IOF	R/W	0	I/O 输入变化中断标志位，需软件清 0
07H	IEN0			
位	符号	读写	默认值	说明
7	EA	R/W	0	全局中断使能位 1: 使能全局中断 0: 禁止全局中断
0BH	IEN1			
位	符号	读写	默认值	说明
3	EIO	R/W	0	I/O 输入变化中断使能位 1: 使能 P1 口输入变化中断 0: 禁止 P1 口输入变化中断
1DH	P1IOCF			
位	符号	读写	默认值	说明
7: 0	P1IOCF[7:0]	R	0	P1 口输入变化中断/唤醒状态寄存器，IOCF 清 0 时会将此所有位清 0 1: 对应 I/O 口发生电平翻转 0: 对应 I/O 口电平无变化
1CH	P1WK			
位	符号	读写	默认值	说明
7: 0	P1WK[7:0]	R/W	0x00	P1 口唤醒功能使能 1: 对应 I/O 口具有唤醒功能 0: 对应 I/O 口不具有唤醒功能

注:

- 只有在 EA 和 EIOC 均置 1，同时 P1 口唤醒功能使能，才能打开 P1 输入变化中断。
- I/O 唤醒功能也会影响 IOCF 置 1，P1IOCF 状态查询寄存器只读，清除 IOCF 的同时会自动清除 P1IOCF。

11.6 其他中断

- 定时/计数器 0 溢出中断
- 定时/计数器 1 溢出中断
- LVD 中断
- PWM0/1/2/3/4 占空比中断
- RF 中断

Confidential

12 复位

PAN221x 系列有以下几种复位方式：

- 上电复位 POR_N_RST
- P17 引脚复位 PAD_N_RST
- 低电压复位 LVD_N_RST
- 看门狗复位 WDT_N_RST
- 下载口复位 PROG_N_RST
- RF 软复位 RFSRST

下图给出了复位电路原理图：

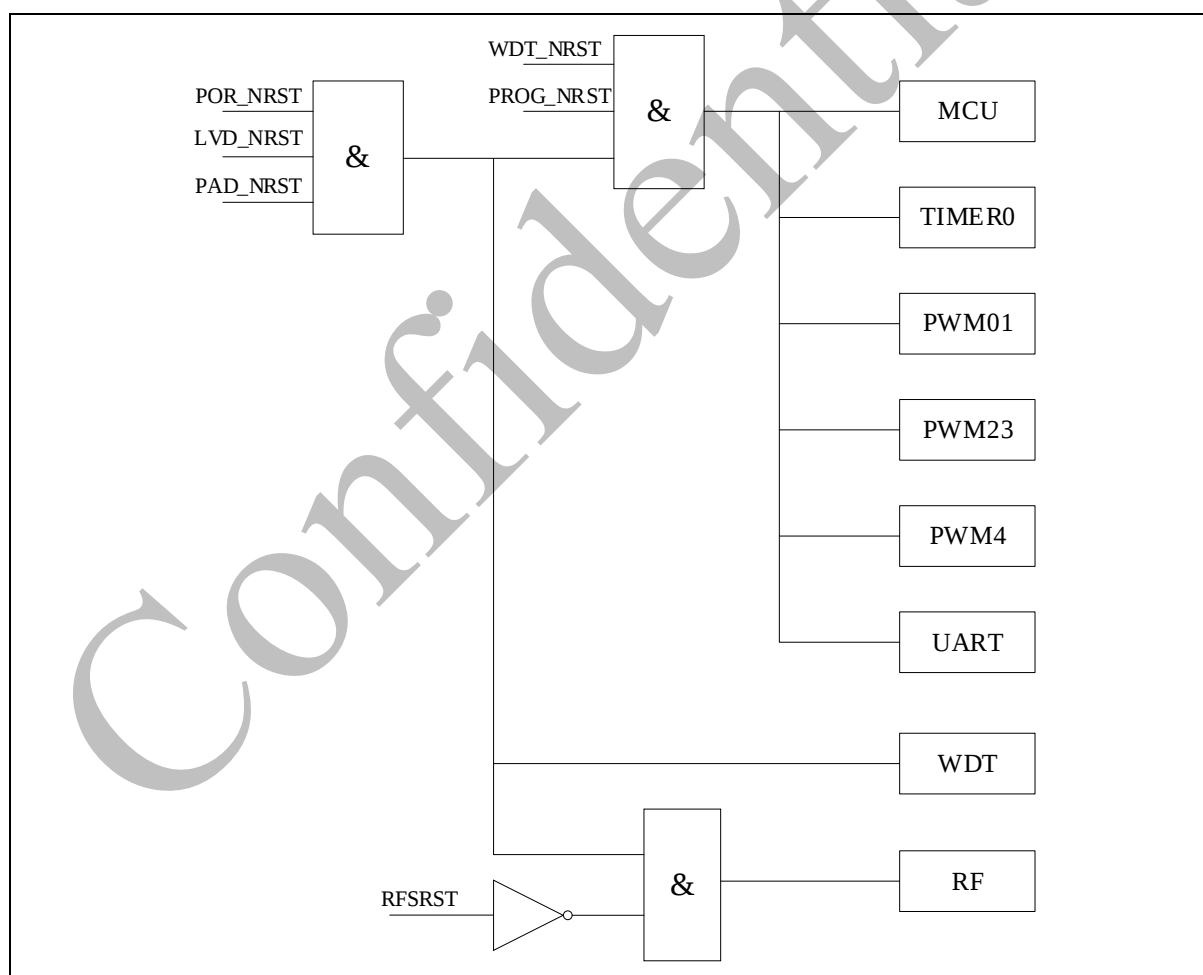


图 12-1 复位电路原理图

12.1 上电复位

系统上电过程呈逐渐上升的曲线形式，需要一定时间才能达到正常平坦值。下面给出上电复位的正常时序：

- **上电：**系统检测到电源电压上升并等待其稳定
- **系统初始化：**所有的系统寄存器被置为初始值
- **振荡器开始工作：**振荡器开始提供系统时钟
- **执行程序：**上电结束，程序开始运行

12.2 引脚复位

外部引脚复位 PAD_NRST 是从 P17 给到一定宽度的低电平复位脉冲（大于 8ms）来实现芯片的复位。P17 脚在上电时默认作为复位管脚使用，内部上拉默认打开。

引脚复位去抖时间为 $256 \times T(32k)$ 等于 8ms，该时间不可配置。

12.3 低电压复位

LVD 为低压复位，用 RCL 对其进行去抖操作，去抖时间由寄存器 LVDDBC_TIME[7:0] 控制，范围 31.25us~8ms。

低压复位针对外部因素引起的系统电压跌落情形（例如：干扰或外部负载的变化），掉电可能会引起系统工作状态不正常或程序执行错误。

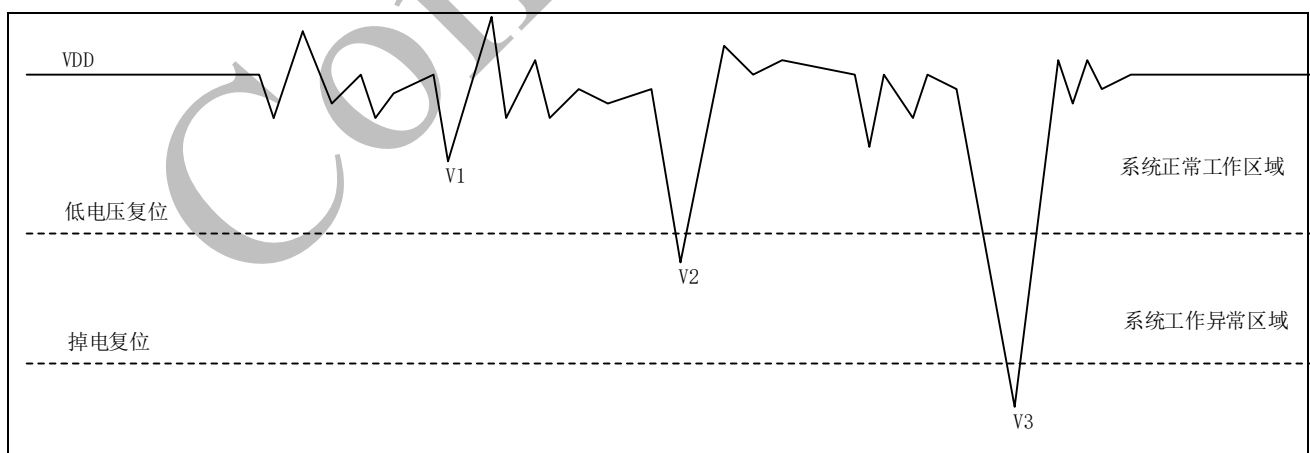


图 12-2 低压复位示意图

电压跌落可能会进入系统死区。系统死区意味着电源不能满足系统的最小工作电压要求。

上图是一个典型的低压复位示意图。图中，VDD 受到严重的干扰，电压值降的非常低。

虚线以上区域系统正常工作，在虚线以下的区域内，系统进入未知的工作状态，这个区

域称作死区。当 VDD 跌至 V1 时，系统仍处于正常状态；当 VDD 跌至 V2 和 V3 时，系统进入死区容易导致出错。以下情况系统可能进入死区：

DC 应用中：

DC 应用中一般都采用电池供电，当电池电压过低或单片机驱动负载时，系统电压可能跌落并进入死区。这时，电源不会进一步下降到 LVD 检测电压，因此系统维持在死区。

AC 应用中：

系统采用 AC 供电时，DC 电压值受 AC 电源中的噪声影响。当外部负载过高，如驱动马达时，负载动作产生的干扰也影响到 DC 电源。VDD 若由于受到干扰而跌落至最低工作电压以下时，则系统将有可能进入不稳定工作状态。在 AC 运用中，系统上、下电时间都较长。其中，上电时序保护使得系统正常上电，但下电过程却和 DC 运用中情形类似，AC 电源关断后，VDD 电压在缓慢下降的过程中易进入死区。

12.4 看门狗复位

看门狗复位是系统的一种保护机制。在正常状态下，由程序将看门狗定时器清零。若程序出错系统处于未知状态，看门狗定时器溢出，此时系统复位。看门狗复位后，系统重启进入正常状态。看门狗复位的流程如下：

1. **看门狗定时器状态：**系统检测看门狗定时器是否溢出，若溢出，则系统复位
2. **系统初始化：**相关的系统寄存器被置为默认状态
3. **振荡器开始工作：**振荡器开始提供系统时钟
4. **执行程序：**程序开始运行

看门狗定时器应用注意事项如下：

- 看门狗复位不会复位 WDT 模块本身，WDT 模块本身的复位只受 POR、LVD 和 PAD 复位控制
- 对看门狗清零之前，检查 I/O 口的状态和 RAM 的内容可增强程序的可靠性
- 不能在中断中对看门狗清零，否则无法检测到主程序跑飞的状况
- 程序中应该只在主程序中有一次清看门狗的动作，这种架构能够最大限度的发挥看门狗的保护功能

12.5 下载口复位

下载口复位是两线下载口对系统的复位操作，下载口复位的原理图如下，其中最左侧方框中为两线 CMD。

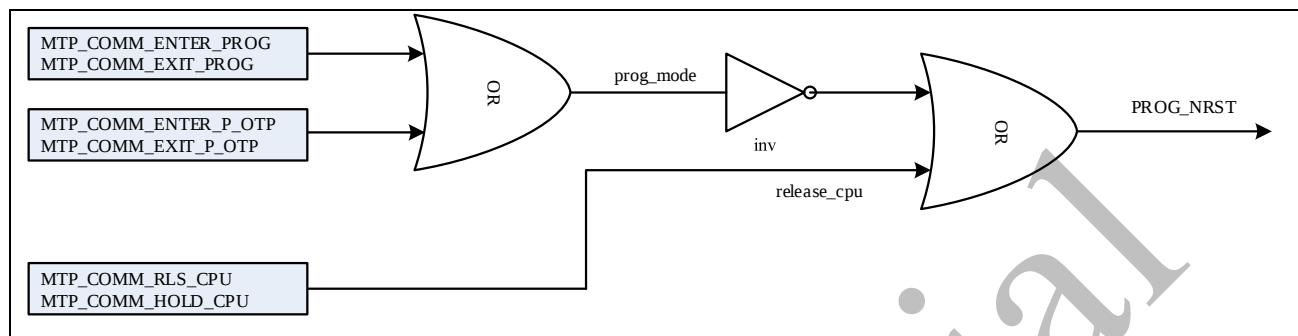


图 12-3 下载口复位示意图

12.6 寄存器复位

寄存器复位是指 SFR 寄存器 RFSRST 对于外设 RF 收发机的软复位。具体原理请参考图 12-1。

13 电源管理

为了降低功耗，可以让 MCU 停止工作使系统进入 IDLE 或 STOP 模式，芯片支持以下几种低功耗模式。

低功耗模式	描述	进入方式	唤醒	供电	功耗
STOP	BandGap、HPLDO、系统高速时钟关闭，RF 相关模块关闭	STOP 指令(0x04)	GPIO	LPLDO	1.2uA
STOP1	BandGap、HPLDO、系统高速时钟关闭，RF 相关模块关闭，使能 WDT 的唤醒功能	STOP 指令(0x04)	GPIO Wakeup Counter	LPLDO	1.3uA
IDLE	仅 MCU 时钟关闭	IDLE 指令(0x05)	GPIO Wakeup Counter WDT Timer0/1/2/3 UART INT0/1 PWM RF	HPLDO	100uA

13.1 IDLE 模式

IDLE 模式能够降低系统功耗，在此模式下，BandGap 和强弱 LDO、振荡器（RCH、RCL、XTH）等模块不会自动关闭，程序计数器停止运行，只有 MCU 时钟停止，但外设时钟继续运行。MCU 进入 IDLE 时，之前所有状态都被保存，如 PC、PSW、SFR 等等。

中断指令、IO 翻转变醒、复位信号（外部硬件复位、WDT 复位、LVD 复位）等均能退出 IDLE 模式。

为了避免中断返回可能引起的程序错误，建议在 IDLE 指令之后加 4 条 NOP 指令以保证程序返回时能正常运行。

13.2 STOP 模式

STOP 模式（断电模式）能够达到系统最低功耗。MCU 进入 STOP 时，之前所有状态都被保存，如 PC、STATUS、SFR 等等。STOP 模式典型情况下，BandGap 和强 LDO、主振荡器（RCH、XTH）模块都将自动关闭（RCL 不关，唤醒需要），如果软件也禁止了其他外设功能，所有输出引脚无负载，输入引脚不翻转，系统最低将达到 2uA 以内的待机电流。

IO 翻转、外部中断（高/低电平）、看门狗溢出、PAD 复位、LVD 复位可以唤醒 STOP 模式。

为了避免中断返回可能引起的程序错误，建议在 STOP 指令之后加 4 条 NOP 指令以保证程序返回时能正常运行。

外部硬件复位（如果被允许）、WDT 复位（如果被允许）、LVD 复位（如果被允许）均能退出 STOP 模式，唤醒后 PC 会接着跑。

注意：

- *STOP 模式下：外部中断只能由高/低电平唤醒。*
- *IDLE 模式下：外部中断可以由高/低电平/上升沿/下降沿唤醒。*

Confidential

14 时钟系统

14.1 特性

芯片共有 7 个时钟源，分别是：

- RCL
- RCH
- XTH
- DPLL_16M
- DPLL_96M，只给 RF 收发机使用
- 烧录片内 OTP、EEPROM 的两线时钟 PCL
- 内部 RF 收发机的 SPI 接口时钟 CSK

通过配置寄存器可以选择 MCU 的时钟源为 RCH(默认)、XTH、DPLL_16M 或者 RCL。

可以配置系统运行频率为 8M（默认）、4M、2M、1M 或者 32K。

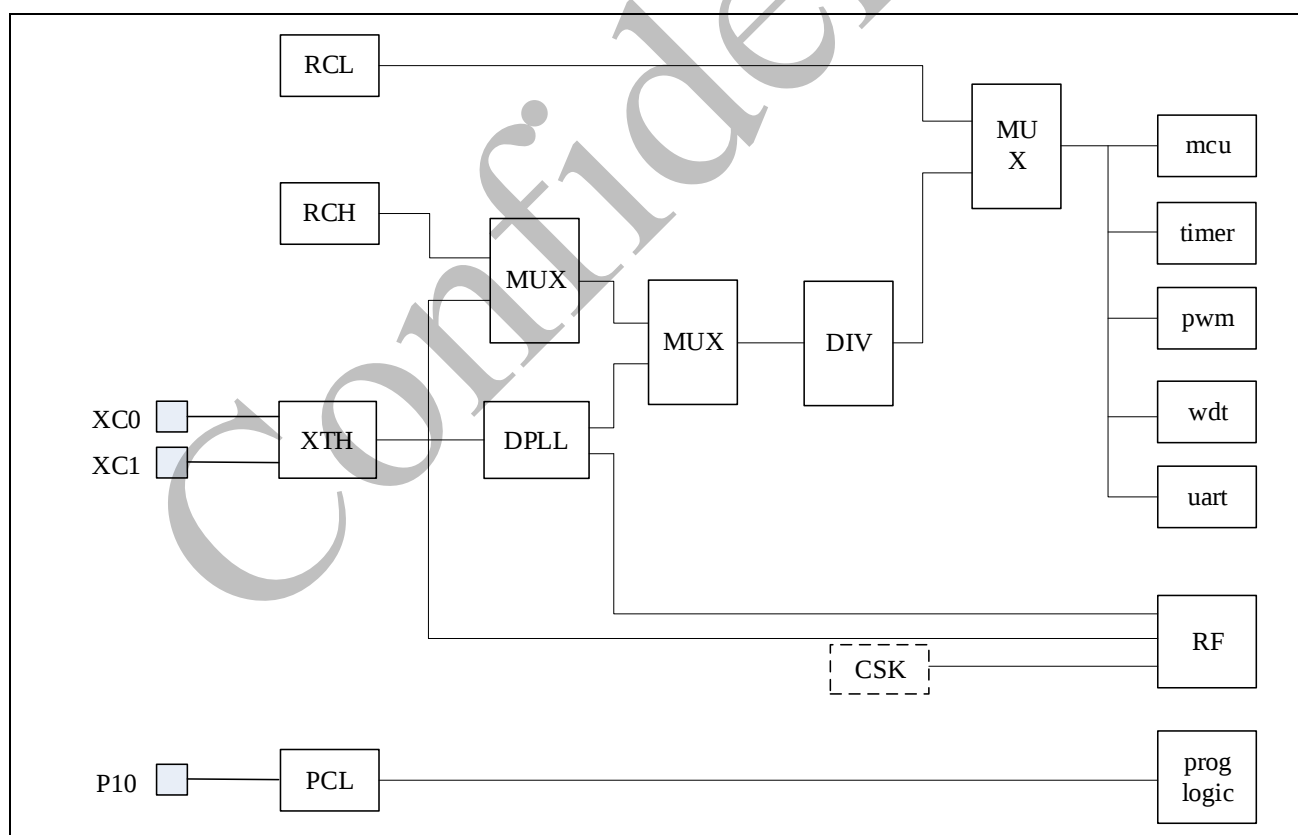


图 14-1 时钟框架图

14.2 寄存器

表 14-1 时钟系统寄存器列表

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
10h	CLKCON	0x04	SRC16M_SEL[1:0]		CLKDIV_SEL[1:0]		RUNWCK	EN_MCU_RCL	CLK16M_SEL	EN_CLK_BUF
11h	PERCON	0x10	UARTCKEN	T0CKEN	PWM01CKEN	LVDNRSTDIS	PWM4CKE	RFSRST	PWM23CKEN	RFCKEN

表 14-2 时钟系统寄存器各位功能表

10H	CLKCON			
位	符号	读写	默认值	说明
7:6	SRC16M_SEL[1:0]	R/W	00	MCU 时钟源选择控制位 00: MCU 使用 RC 时钟 01: MCU 使用 OSC 时钟 10: MCU 使用 DPLL 时钟 11: MCU 使用 DPLL 时钟
5:4	CLKDIV_SEL[1:0]	R/W	00	系统时钟频率选择位 00: clk8m 01: clk4m 10: clk2m 11: clk1m
3	RUNWCK	R/W	0	看门狗时钟 WCK 作为 CPUCLK 使能位 0: CPUCLK 为系统时钟 1: CPUCLK 为 WCK
2	EN_MCU_RCL	R/W	1	RCL 时钟使能位 0: 禁止 1: 使能
1	Reserved	R/W	0	注意：只能配 0
0	EN_CLK_BUF	R/W	0	晶体时钟 XTH 输出使能位 0: 关闭 XTH 输出 Buffer 1: 使能 XTH 输出 Buffer
11H	PERCON			
位	符号	读写	默认值	说明
7	UARTCKEN	R/W	0	外设 UART 时钟使能 1: 时钟打开 0: 时钟关闭
6	T0CKEN	R/W	0	外设 TIMER0 时钟使能 1: 时钟打开 0: 时钟关闭
5	PWM01CKEN	R/W	0	外设 TIMER1/PWM01 时钟使能 1: 时钟打开 0: 时钟关闭
4	LVDNRSTDIS	R/W	1	外设 LVD 复位功能屏蔽 1: LVD 复位功能屏蔽掉 0: 不屏蔽

3	PWM4CKEN	R/W	0	外设 PWM4 时钟使能 1: 时钟打开 0: 时钟关闭
2	RFSRST	R/W	0	外设 RF transceiver 复位 1: 复位 RF 数字模块 0: 不复位
1	PWM23CKEN	R/W	0	外设 PWM23 时钟使能 1: 时钟打开 0: 时钟关闭
0	RFCKEN	R/W	0	外设 RF transceiver 时钟使能 1: 时钟打开 0: 时钟关闭

Confidential

15 低电压检测

PAN221x 系列提供 8 档低电压检测，MCU_LVD_SEL[2:0]用于选择电压检测档位，LVDOOUT 标志位看电压检测结果。

15.1 特性

表 15-1 低电压检测寄存器列表

地址	名称	默认值	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
06h	IF0	0x00				LVDF				
07h	IEN0	0x00	EA			ELVD				
13h	LVDCON	0x10					MCU_LVD_SEL[2:0]			EN_MCU_LVD

15.2 寄存器

表 15-2 低电压检测寄各位功能表

06H	IF0																					
位	符号	读写	默认值	说明																		
4	LVDF	R/W	0	低电压检测（LVD）中断标志位																		
07H	IEN0																					
位	符号	读写	默认值	说明																		
7	EA	R/W	0	全局中断使能位 1：使能全局中断 0：禁止全局中断																		
4	ELVD	R/W	0	低电压检测（LVD）中断使能位 1：使能低电压检测（LVD）中断 0：禁止低电压检测（LVD）中断																		
13H	LVDCON																					
位	符号	读写	默认值	说明																		
3:1	MCU_LVD_SEL	R/W	000	低电压检测电压阈值选择： <table><tr><th>MCU_LVD_SEL</th><th>功能</th></tr><tr><td>000</td><td>低电压检测阈值 1.87V</td></tr><tr><td>001</td><td>低电压检测阈值 1.94V</td></tr><tr><td>010</td><td>低电压检测阈值 2.04V</td></tr><tr><td>011</td><td>低电压检测阈值 2.20V</td></tr><tr><td>100</td><td>低电压检测阈值 2.30V</td></tr><tr><td>101</td><td>低电压检测阈值 2.44V</td></tr><tr><td>110</td><td>低电压检测阈值 2.54V</td></tr><tr><td>111</td><td>低电压检测阈值 2.61V</td></tr></table>	MCU_LVD_SEL	功能	000	低电压检测阈值 1.87V	001	低电压检测阈值 1.94V	010	低电压检测阈值 2.04V	011	低电压检测阈值 2.20V	100	低电压检测阈值 2.30V	101	低电压检测阈值 2.44V	110	低电压检测阈值 2.54V	111	低电压检测阈值 2.61V
MCU_LVD_SEL	功能																					
000	低电压检测阈值 1.87V																					
001	低电压检测阈值 1.94V																					
010	低电压检测阈值 2.04V																					
011	低电压检测阈值 2.20V																					
100	低电压检测阈值 2.30V																					
101	低电压检测阈值 2.44V																					
110	低电压检测阈值 2.54V																					
111	低电压检测阈值 2.61V																					
0	EN_MCU_LVD	R/W	0	低电压检测使能位 1：使能 0：禁止																		

16 EEPROM

注：本章节仅限 PAN2210 系列。

PAN2210 系列包含 32 字节的片内 EEPROM 存储器。用户可自行定义该 EEPROM 的功能。

内部 EEPROM 既可以通过自编程功能修改其值，也可以通过 2 线下载口对其进行烧录。

16.1 特性

芯片自编程模块可以对片内 EEPROM 进行自编程操作，具体包括读、写、擦除等操作。写数据时通过 IAPADR[7:0]来选择地址，可以自编程的 EEPROM 地址空间从 00h 到 FFh，IAPADR[7:0] = 0x00 对应 EEPROM 的地址 00h，IAPDAT[7:0]为 8 位数据。

17 操作指令集

序号	指令	格式	影响标志	指令周期	说明
1	dw	V		/	在程序存储空间初始化常数 V;
2	add	A, #K	C, AC, Z, OV	1	$A = A + K;$
	add	A, R	C, AC, Z, OV	1	$A = A + R;$
	add	R, A	C, AC, Z, OV	1	$R = A + R;$
3	addc	A, R	C, AC, Z, OV	1	$A = A + R + C;$
	addc	R, A	C, AC, Z, OV	1	$R = A + R + C;$
4	sub	A, #K	C, AC, Z, OV	1	$A = A - K;$
	sub	A, R	C, AC, Z, OV	1	$A = A - R;$
5	rsub	R, A	C, AC, Z, OV	1	$R = A - R;$
6	subc	A, R	C, AC, Z, OV	1	$A = A - R - !C;$
7	rsubc	R, A	C, AC, Z, OV	1	$R = A - R - !C;$
8	da	R, A	C	1	R = A 的十进制调整;
	da	A	C	1	A = A 的十进制调整;
9	daf	A	C, AC	1	A = A 的十进制调整;
10	and	A, #K	Z	1	$A = A \& K;$
	and	A, R	Z	1	$A = A \& R;$
	and	R, A	Z	1	$R = A \& R;$
11	or	A, #K	Z	1	$A = A K;$
	or	A, R	Z	1	$A = A R;$
	or	R, A	Z	1	$R = A R;$
12	xor	A, #K	Z	1	$A = A \wedge K;$
	xor	A, R	Z	1	$A = A \wedge R;$
	xor	R, A	Z	1	$R = A \wedge R;$
13	cpl	A, R	Z	1	$A = \sim R;$
	cpl	R	Z	1	$R = \sim R;$
14	bcpl	R, p		1	$R.p = \sim R.p;$
	bcpl	B		1	$B = \sim B;$
15	bclr	R, p		1	$R.p = 0;$
	bclr	B		1	$B = 0;$
16	bset	R, p		1	$R.p = 1;$
	bset	B		1	$B = 1;$
17	inc	A, R	Z	1	$A = R + 1;$
	inc	R	Z	1	$R = R + 1;$
18	isz	A, R		1 or 2	$A = R + 1;$ if A == 0 then skip next instruction;
	isz	R		1 or 2	$R = R + 1;$ if R == 0 then skip next instruction;
19	isnz	A, R		1 or 2	$A = R + 1;$ if A != 0 then skip next instruction;
	isnz	R		1 or 2	$R = R + 1;$ if R != 0 then skip next instruction;
20	dec	A, R	Z	1	$A = R - 1;$

	<i>dec</i>	<i>R</i>	<i>Z</i>	1	$R = R - 1;$
21	<i>dsz</i>	<i>A, R</i>		1 or 2	$A = R - 1;$ if $A == 0$ then skip next instruction;
	<i>dsz</i>	<i>R</i>		1 or 2	$R = R - 1;$ if $R == 0$ then skip next instruction;
22	<i>dsnz</i>	<i>A, R</i>		1 or 2	$A = R - 1;$ if $A != 0$ then skip next instruction;
	<i>dsnz</i>	<i>R</i>		1 or 2	$R = R - 1;$ if $R != 0$ then skip next instruction;
23	<i>shr</i>	<i>A, R</i>		1	$A = R >> 1;$
	<i>shr</i>	<i>R</i>		1	$R = R >> 1;$
24	<i>rorc</i>	<i>A, R</i>	<i>C, Z</i>	1	$\{A, C\} = \{C, R\};$
	<i>rorc</i>	<i>R</i>	<i>C, Z</i>	1	$\{R, C\} = \{C, R\};$
25	<i>shl</i>	<i>A, R</i>		1	$A = R << 1;$
	<i>shl</i>	<i>R</i>		1	$R = R << 1;$
26	<i>rolc</i>	<i>A, R</i>	<i>C, Z</i>	1	$\{C, A\} = \{R, C\};$
	<i>rolc</i>	<i>R</i>	<i>C, Z</i>	1	$\{C, R\} = \{R, C\};$
27	<i>mov</i>	<i>A, R</i>		1	$A = R;$
	<i>mov</i>	<i>R, A</i>		1	$R = A;$
	<i>mov</i>	<i>A, #K</i>		1	$A = K;$
28	<i>upz</i>	<i>R</i>	<i>Z</i>	1	if $R == 0$ then $Z = 1;$ else $Z = 0;$
29	<i>movc</i>	<i>R</i>		1	$\{IAPDATH, R\} = ROM[\{IAPADRH, IAPADRL\}];$
30	<i>swap</i>	<i>A, R</i>		1	$tmp = A; A = R; R = tmp;$
31	<i>jmp</i>	<i>D</i>		2	goto <i>D</i> ;
32	<i>call</i>	<i>D</i>		2	call sub program;
33	<i>ret</i>			5	return from sub program;
	<i>ret</i>	<i>#K</i>		5	$A = K;$ return from sub program;
34	<i>reti</i>			5	return from interrupt;
35	<i>sbz</i>	<i>R, p</i>		1 or 2	if $R.p == 0$ then skip next instruction;
	<i>sbz</i>	<i>B</i>		1 or 2	if $B == 0$ then skip next instruction;
36	<i>sbnz</i>	<i>R, p</i>		1 or 2	if $R.p != 0$ then skip next instruction;
	<i>sbnz</i>	<i>B</i>		1 or 2	if $B != 0$ then skip next instruction;
37	<i>sz</i>	<i>R</i>		1 or 2	if $R == 0$ then skip next instruction;
	<i>sz</i>	<i>A, R</i>		1 or 2	$A = R;$ if $A == 0$ then skip next instruction;
38	<i>snz</i>	<i>R</i>		1 or 2	if $R != 0$ then skip next instruction;
	<i>snz</i>	<i>A, R</i>		1 or 2	$A = R;$ if $A != 0$ then skip next instruction;
39	<i>se</i>	<i>A, R</i>	<i>C, Z</i>	1 or 2	if $A == R$ then skip next instruction;
	<i>se</i>	<i>A, #K</i>	<i>C, Z</i>	1 or 2	if $A == K$ then skip next instruction;
40	<i>sne</i>	<i>A, R</i>	<i>C, Z</i>	1 or 2	if $A != R$ then skip next instruction;
	<i>sne</i>	<i>A, #K</i>	<i>C, Z</i>	1 or 2	if $A != K$ then skip next instruction;
41	<i>clr</i>	<i>R</i>		1	$R = 0x00;$
42	<i>set</i>	<i>R</i>		1	$R = 0xff;$
43	<i>rev</i>	<i>A, R</i>		1	$A = (R << 4) (R >> 4);$
	<i>rev</i>	<i>R</i>		1	$R = (R << 4) (R >> 4);$
44	<i>brev</i>	<i>A, R</i>		1	$A = R$ 的位序反转;

	<i>brev</i>	<i>R</i>		1	<i>R</i> = <i>R</i> 的位序反转;
45	<i>nop</i>			1	空指令;
46	<i>stop</i>			1	芯片进入 <i>stop</i> 状态;
47	<i>idle</i>			1	芯片进入 <i>idle</i> 状态;
48	<i>clrwdt</i>			1	清看门狗定时器;

参数说明:

- *R*: 数据存储器地址
- *A*: 工作寄存器
- *k*: 立即数
- *b*: 位选择(0~7)
- *PC*: 程序计数器
- *C*: 进位标志
- *AC*: 半加进位标志
- *Z*: 结果为零标志
- *OV*: 溢出标志位

缩略语

BOD	掉电检测
BOM	物料清单
DPLL	数字锁相环
ESD	静电放电
GFSK	高斯频移键控
GPIO	通用输入输出
I2C	双向二线制同步串行总线
ISM	工业、科学、医学
ISP	在系统编程
LDO	低压差线性稳压器
LVD	低电压复位
MCU	微控制单元
PWM	脉冲宽度调制
RCH	内部高速 RC 振荡器
RCL	内部低速 RC 振荡器
RF	射频
RSSI	接收的信号强度指示
SPI	串行外设接口
SRAM	静态随机存取存储器
UART	通用异步接收器/发送器
WDT	看门狗定时器

修订历史

版本	日期	内容
1.0	Jun.2023	初版发布
1.1	Jan.2024	增加 PAN2213 系列，更新 LVD 电压和工作电压
1.2	Mar.2024	修改寄存器
1.3	Apr.2024	更新支持系列

此版本为内部版本，仅供参考。

文档说明

由于版本升级或存在其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档内容仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

商标

磐启是磐启微电子公司的商标。本文档中提及的其他名称是其各自所有者的商标/注册商标。

免责声明

本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，磐启微电子公司对本文档内容不做任何明示或暗示的声明或保证。

联系方式



上海磐启微电子有限公司

张江高科技园区盛夏路 666 号 D 栋 302 室
上海市浦东新区



021-50802371

<http://www.panchip.com>

