
WL2660A2用户手册

2.4G无线收发SOC芯片

WL2660A2SOP16

Version 1.0



上海晶曦微电子科技有限公司

本公司保留对产品可靠性、功能和设计方面的改进作进一步说明的权利。

版本修订记录

版本	更新日期	修改记录
1.0	2020-9-22	New Release

目录

1	芯片简介.....	4
2	芯片主要特点.....	4
3	电气特性.....	5
4	管脚描述.....	7
5	典型应用.....	8
6	内部MCU到RF的SPI接口.....	8
6.1	SPI 默认格式.....	8
7	射频模块接收/传输流程.....	10
7.1	RF初始化.....	10
7.2	发送流程“短包” (<=63BYTES).....	10
7.3	接收流程“短包” (<=63BYTES).....	10
7.4	发送流程“长包” (<=255BYTES且>63BYTES).....	11
7.5	接收流程“长包” (<=255BYTES且>63BYTES).....	11
7.6	进入IDLE模式流程.....	11
7.7	进入SLEEP模式流程.....	11
7.8	SLEEP唤醒.....	11
7.9	扫描RSSI流程.....	11
7.10	传输数据率250K时的流程.....	12
8	射频相关寄存器信息.....	12
9	射频数据包.....	17
10	射频电路电源要求.....	17
11	发射功率的调整.....	17
12	射频模块应用注意事项.....	18
12.1	IO电压.....	18
12.2	POR.....	18
12.3	状态转换.....	18
12.4	同步字使用注意事项.....	19
13	MCU模块.....	19
13.1	内部框图.....	19
13.2	存储器结构.....	19
13.3	特殊寄存器说明.....	21
13.4	配置选项说明.....	26
13.5	指令集合.....	26
14	封装形式.....	29

1 芯片简介

WL2660A2是一款低成本，高集成度的2.4G无线收发芯片，采用GFSK调制。芯片集成了RF收发、数据链路和低功耗的MCU。具有高灵敏度、低功耗以及抗干扰能力强的优点，适用于无线遥控、无线键鼠、无线通讯以及工业控制等领域。

内置了CRC、FEC、Auto ACK和自动重传机制，可以大大简化系统设计并优化性能。同时外围电路简单，只需搭配MCU以及少数外围被动元件。为了提高电池使用寿命，芯片在各个环节都降低功耗，芯片最低工作电压可以到1.9V，最低睡眠模式电流小于1 μ A。

内置1K-Word OTP和32Byte SRAM的单片机芯片；仅41条等宽指令，非常容易学习和使用；除跳转等指令为2个机器周期外，其他的指令均单机器周期运行时间；特别的内部集成有8位的定时器，可通过溢出中断来实现多任务应用场景；集成有灵活的端口配置上下拉输入及推挽输出等方式，可适应各种复杂的接口环境。

2 芯片主要特点

- 低功耗的2.4GHz ISM频段、GFSK射频收发器
- 1Mbps/250Kbps的数据速率
- DSSS调制解调器
- 简单的微处理器接口-SPI
- 强大的C/I提供良好的WIFI共存性能
- 可编程数据白化
- 支持FEC，增加通信可靠性
- 支持8/16位CRC
- 支持AGC
- Auto ACK和自动重传
- 高效的功耗管理模块（最低1 μ A休眠电流）
- 外接晶振容许50PPM的变化
- 符合FCC/ETSI等国际标准
- 近距离模式，适用于有特定安全需求的环境
- 可外接PA，增加通讯距离
- CPU
 - 41条精简指令(有单独的对ACC处理的指令，例如RLA/RRA)
 - 8位的数据处理能力
 - 最高8M/2T的运行速度
- 存储器
 - 1K OTP存储空间
 - 32字节SRAM
- 时钟
 - 内置的高精度高频时钟，最高可达8MHz
 - 内置的低频低功耗时钟，可直接输出给WatchDog单元使用，且可输出供T扫时钟
- 复位机制

内置低电压复位电路LVR

WatchDog Reset(WDR)

- 中断源

Timer0溢出引起的中断

- IO端口

10个IO端口(PORTA+PORTB)

可单独设置任意端口为输入或输出(OEP0, OEP1)

可单独设置任意端口输入上拉或下拉(PUP0/PUP1/PULLD)

一个大电流驱动REM口可单独设置推挽输出或开漏输出(IR_{od})

可单独设置IO口有电平变化时产生中断(DKWP0,DKWP1)

可设置驱动电流强弱(drva,drvb)

PA6端口可单独调节输出驱动, 可实现大电流500mA低电平驱动

- 8位定时器(仅有一个8位的定时器T0)

有可调节的预分频电路, 可以实现长时间计时需要

可实现溢出中断

- 其他特性

没有PCH寄存器, 查表指令可在1K地址范围内查表返回

设置有低电压检测和低电压复位功能件

- 工作电压范围

2M/2T可以工作在1.8V - 3.6V

4MHz/2T可以工作在2.0V - 3.6V

8MHz/2T可以工作在2.2V - 3.6V

3 电气特性

最大工作范围

项目	范围	说明
DC供电范围	2.0V~3.6V	芯片使用标准3.3V工艺设计生产
操作温度范围	-20~85℃	
存储温度范围	-40~125℃	

电气特性

项目	参数	条件	最小	典型	最大	单位
DC供电范围	常温下	4M/2T条件下工作	1.8	3.3	3.6	V
静态电流	3V	STOP模式下, WDT关闭		0.6	1	uA
	3V	STOP模式下, WDT打开		1.5	5	uA
工作电流	3V	8M/2T下, 没有外接负载		0.5	1	mA
LVR	常温下	4M/2T条件下测试	1.3	1.5	1.7	V

注, 温度越高, 复位LVR电压将更低;

射频模块电气特性 (以下电气特性都是在工作温度25℃, 工作电压3.3V条件下得到的)

参数	描述	规格			单位	说明
		最小	典型	最大		

参数	描述	规格			单位	说明
		最小	典型	最大		
T _{OP}	工作温度	-40		110	℃	
V _{DD}	工作电压	1.9		3.6	V	
F _{xtal}	晶体频率		12	24	MHz	容许50PPM的变化
I _{DD_TX}	TX工作电流		18		mA	P _{OUT} = 0 dBm
I _{DD_RX}	RX 工作电流		16		mA	
I _{DD_IDLE}	IDLE工作电流		0.7		mA	
I _{DD_SLP}	Sleep 工作电流		1		μA	
F _{CLK}	输出时钟		12		MHz	
T _{r_spi}	SPI时钟沿上升下降的时间			25	ns	读写不出错的最低要求
F _{SPI}	SPI时钟速度			12	MHz	SOP16
F _{OP}	工作频率	2402		2483	MHz	
VSWR	天线端口差异 (Z ₀ =50Ω)		<2:1		VSWR	
RXS	接收灵敏度	-94 @250 Kbps	-89 @1M bps		dBm	BER <= 0.1%, ESOP8
RXM	最大输入功率	-15			dBm	BER <= 0.1%
R _{data}	数据率	250K		1M	Bit/s	
CI _{co-channel}	同频干扰		9		dB	
CI _{1MHz}	1MHZ同频信号干扰		-1		dB	-60 dBm信号.
CI _{2MHz}	2MHZ同频信号干扰		-27		dB	-60 dBm信号
CI _{3MHz}	3MHZ同频信号干扰		-35		dB	-60 dBm信号
CI _{Image}	Carrier/Interference at image frequency		-20		dB	-67 dBm信号
CI _{3MHzUp}	Carrier/Interference at>3MHz offset		-33		dB	-60 dBm信号
OBB ₁	带外干扰		-10		dBm	30 MHz to 2000 MHz
OBB ₂		-27			dBm	2000 MHz to 2400 MHz
OBB ₃		-10			dBm	3000 MHz to 12.75 GHz
P _{out_max}	最大发射功率			8	dBm	
DF1 _{avg}	最大频偏 00001111 pattern		250		kHz	调制特性TX眼图
DF2 _{max}	最大频偏 01010101 pattern		220		kHz	调制特性TX眼图

参数	描述	规格			单位	说明
		最小	典型	最大		
$DF2_{max} / DF1_{avg}$	TX EYE opening	80			%	1010序列相对于00001111序列
IBS_1	带内辐射(+/-850kHz)			-20	dBm	随机数@ $P_{out}=0dBm$
IBS_2	带内辐射2MHz偏移			-40	dBm	随机数@ $P_{out}=0dBm$
IBS_3	带内辐射3MHz 偏移			-55	dBm	随机数@ $P_{out}=0dBm$
OBS_1	带外辐射			-60	dBm	30 MHz ~ 1 GHz
OBS_2				-45	dBm	1 GHz ~ 12.75 GHz
OBS_3				-60	dBm	1.8 GHz ~ 1.9 GHz
OBS_4				-65	dBm	5.15Hz ~ 5.3 GHz

4 管脚描述

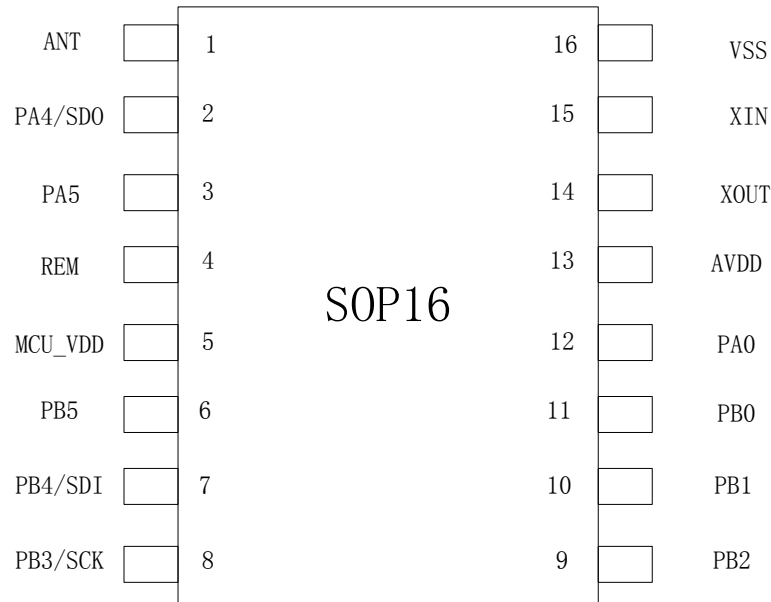


图4.1 WL2660A2SOP16封装示意图

表4.1 WL2660A2SOP16管脚描述

管脚名	管脚类型	描述
ANT	射频端口	天线端口
PA4/SD0	I/O	双向I/O口同时具有系统唤醒功能 可软件设置为上拉/下拉或输出
PA5	I/O	双向I/O口同时具有系统唤醒功能 可软件设置为上拉/下拉或输出
REM	O	可调输出大电流大小和开漏输出口
MCU_VDD	电源	电源
PB5	I/O	双向I/O口同时具有系统唤醒功能 可软件设置为上拉/下拉或输出
PB4/SDI	I/O	双向I/O口同时具有系统唤醒功能 可软件设置为上拉/下拉或输出

PB3/SCK	I/O	双向I/O口同时具有系统唤醒功能 可软件设置为上拉/下拉或输出
PB2	I/O	双向I/O口同时具有系统唤醒功能 可软件设置为上拉/下拉或输出
PB1	I/O	双向I/O口同时具有系统唤醒功能 可软件设置为上拉/下拉或输出
PB0	I/O	双向I/O口同时具有系统唤醒功能 可软件设置为上拉/下拉或输出 (注意此管脚不可外接高于VDD电压的电平)
PA0	I/O	双向I/O口同时具有系统唤醒功能 可软件设置为上拉/下拉或输出
AVDD	电源	电源
XOUT	模拟输出	晶振端口
XIN	模拟输入	晶振端口
VSS	地	地

MCU端口	射频端口	说明
PB6	CE	高电平有效，可以发射数据
PA1	SPI_CSN	低电平有效，可以通过SPI发送数据
PA2	SPI_CLK	
PA3	SPI_MOSI	

5 典型应用

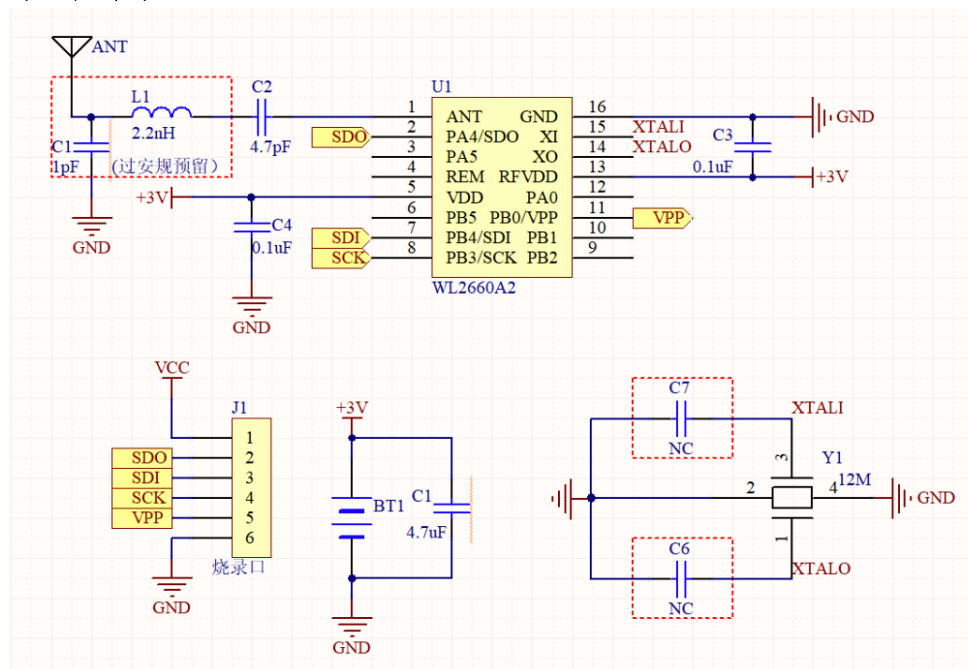


图5.1 WL2660A2SOP16典型应用图

6 内部MCU到RF的SPI接口

6.1 SPI 默认格式

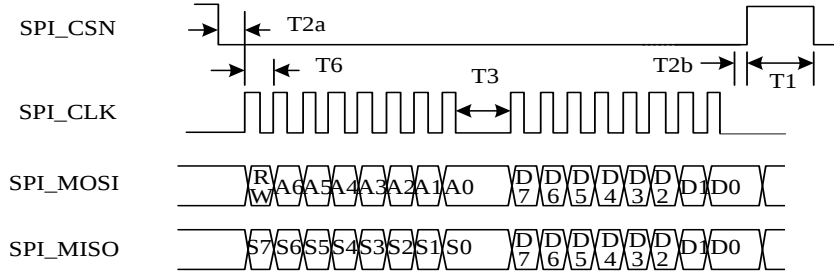


图6.1 4线SPI读写寄存器方式(CKPHA=1)

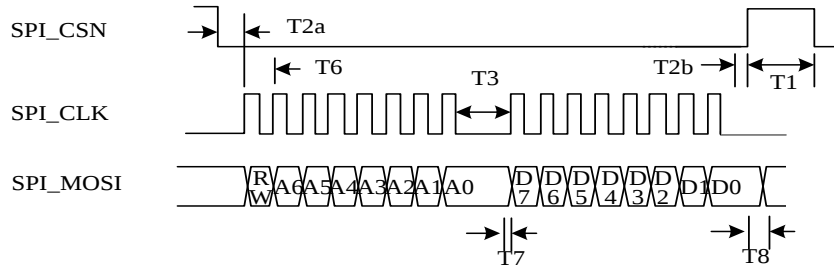


图6.2 3线SPI读寄存器方式 (CKPHA=1)

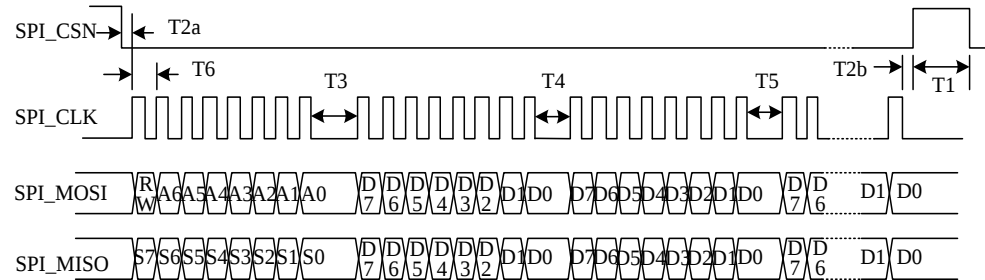


图6.3 4线SPI读写FIFO方式 (CKPHA=1)

Notice:

- 1) SPI读写位：写=0，读=1；
- 2) 访问FIFO寄存器时，可以采用只写一次地址的方式来连续读写数据；
- 3) 访问除FIFO外的其他寄存器时，每个CS任务期间只能访问一个字节；

表6.1 SPI时序要求

参数	描述	规格			单位	说明
		最小值	典型值	最大值		
T1	最小SPI闲置时间	250			ns	
T2a	CSN建立时间	20			ns	
T2b	CSN保持时间	200			ns	
T3, T4, T5		450			ns	访问FIFO时
T6		83			ns	
T7	SPI时钟上升沿至RF数据输出	0		10	ns	

参数	描述	规格			单位	说明
		最小值	典型值	最大值		
	时间					
T8	SPI_CSN至MOSI的上升沿到RF 数据输入时间			220	ns	

7 射频模块接收/传输流程

7.1 RF初始化

- 1、引脚CE置高电平，使能芯片（如果芯片有引脚CE）；
- 2、选择3线或4线SPI模式（reg94）；
- 3、然后写入以下数据到相关寄存器，以初始化芯片：

寄存器	04	17	18	34	35	45	46	52	53	80
值	0xC2	0x3A	0x0C	0x08	0x08	0x00	0x09	0x1A	0x40	0xF8

- 4、reg65选择编码方式和FEC（发送设备需要与接收设备设置相同的值）；
- 5、reg64、reg81设置数据帧格式，reg72、73、74、75、76、77、78、79设置syncword（发送设备需要与接收设备设置相同的值）。

7.2 发送流程“短包”（≤63bytes）

进行RF初始化后，发送流程需要加入以下步骤：

- 1、reg18设置发射功率增益；
- 2、reg15设置发射频率信道；
- 3、reg104清TX FIFO；
- 4、reg100往FIFO写入数据长度；
- 5、reg100写数据到FIFO，且数据长度不能长于FIFO长度范围；
- 6、清reg15[7]，设置reg14[0]，FIFO的数据即可发出，然后就可以得到一个发送完成的标志，引脚PKT为高或者PKT_FLAG标志位为1(reg97[6])，此时WL1601处于idle模式；
- 7、重复步骤3、4、5、6发送其他数据包，或者进入接收流程。

7.3 接收流程“短包”（≤63bytes）

RF初始化后，接收流程中需要加入以下步骤：

- 1、reg70[5]选择短距离模式或者正常工作模式；
- 2、reg15设置接收频率的信道；
- 3、reg105清RX FIFO；
- 4、清reg14[0]，设置reg15[7]，等待PKT引脚为高或者reg97的PKT_FLAG标志位为1（意为已经接收到1个包）；
- 5、读取reg96检查CRC错误标志位；如果CRC错误标志位为0，则从FIFO（reg100）得到数据，得到的第一个字节就是需要读取的长度；如果CRC错误标志位为1，则重复步骤3、4，等待下一个包；
- 6、重复步骤3、4、5接收新数据，或者进入发送流程；

7、MCU应当设置time out，如果超时，表示没有收到数据，应清reg15[7]，使WL1601退出接收状态。

7.4 发送流程“长包”（≤255bytes且>63bytes）

RF初始化后，发送流程（长包）需要加入以下步骤：

- 1、 reg18设置发射功率增益；
- 2、 reg15设置发送频率信道；
- 3、 reg104清TX FIFO；
- 4、 FIFO写入数据长度（reg100）；
- 5、 FIFO写入数据（reg100）（FIFO是64bytes，可以最多写入63bytes），清reg15[7]，设置reg14[0]；
- 6、 reg97检查FIFO标志位和PKT标志位，如果FIFO_FLAG为1而PKT_FLAG为0，则FIFO可以写入新数据（数据长度不能超过64位FIFO满阈值（reg80、reg81））；
- 7、 重复步骤6直到MCU将全部数据写入FIFO且FIFO_FLAG为1，清reg14[0]，长包完成发送；
- 8、 重复步骤2-7，发送其他数据包，或者进入接收流程。

7.5 接收流程“长包”（≤255bytes且>63bytes）

- 1、选择短距离模式或者正常工作模式reg70[5]；
- 2、reg15设置发送频率信道；
- 3、reg105清RX_FIFO；
- 4、清reg14[0]，设置reg15[7]；
- 5、reg97检查FIFO_FLAG和PKT_FLAG，如果FIFO标志位为1，则从FIFO取数据（reg100），如果在极端环境，MCU需要一个时钟来避免等待FIFO标志位；
- 6、必要时重复步骤5，直到MCU读取了全部数据，清reg15[7]，长包接收完成；
- 7、重复步骤3-6接收其他数据包，或者进入发送流程。

7.6 进入IDLE模式流程

按照以下步骤进入空闲模式：

- 1、清reg14[0]，清reg15[7]。

7.7 进入SLEEP模式流程

RF初始化后，按照以下步骤进入sleep模式：

- 1、reg70设置sleep使能位。

7.8 SLEEP唤醒

从Sleep模式唤醒，进入idle模式的方式有如下2种：

方法1：使SPI_CSN保持低电平大于2ms；

方法2：CE脚复位

7.9 扫描RSSI流程

RF初始化后，以下步骤是RSSI扫描流程：

- 1、设置reg22打开RSSI功能，低2位需为0；
- 2、设置需要扫描的频道数量reg84；

- 3、设置第一个扫描的频道号reg86（也叫RSSI起始信道）；
- 4、设置reg86[7]开始扫描RSSI；
- 5、等待PKT_FLAG为1（reg97），从FIFO（reg100）得到信道的RSSI值。

7.10 传输数据率250K时的流程

RF初始化后，在进入前面章节讲述的发送/接收流程之前，需要加入以下步骤：

- 1、在发送流程之前写入以下数据到相关寄存器

寄存器	64	106	107	108	109	110	111
值	0x68	0x68	0xC3	0x16	0x7C	0x6E	0xA1

- 2、在接收流程之前写入以下数据到相关寄存器

寄存器	64	106	107	108	109	110	111
值	0x68	0x68	0xC3	0x7A	0x89	0xC1	0x97

注：

- 1、reg106的值需要根据使用环境的噪声进行设置，以得到最小的丢包率，取值范围0x60~0xA0H；
- 2、如果要从250Kbps改回1Mbps，上表中的寄存器应当被MCU写回默认值；
- 3、每次收发转换时，reg108~111都需要按照上表对应收发，写入相应值。

8 射频相关寄存器信息

通过SPI访问以下寄存器；其他寄存器仅供内部调试，请保持初始化值。

寄存器14 默认值：0x00 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-1	保留	
0	Start_TXFIFO	写1开始发送数据到FIFO，发送完成后，该位自动被硬件清0，如需进入发送模式，则需重写该位为1。

寄存器15 默认值：0x30 可读写

Bit	Bit Name	Description
7	Start_RX	写1进入接收模式，接收到有效数据包后，该位自动被硬件清0，如需进入接收模式，则需重写该位为1。
6-0	Frequency_Channel	The frequency of channel= 2402+ Frequency Channel (MHz).

寄存器18 默认值：0x08 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-4	TX power	发射功率增益
3	保留	

2	TX power	发射功率增益
1-0	保留	

寄存器22 默认值：0x03 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-2	保留	
1-0	RSSI_DISAB LE	=11: 禁止RSSI功能 =00: 使能RSSI功能

寄存器30 默认值：0x80 可读写

Bit	Bit Name	Description
7	SPI_CKPHA	=1: 第二个时钟沿捕捉数据; =0: 第一个时钟沿捕捉数据;
6-0	保留	

寄存器37 默认值：0x00 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-2	保留	
1	CLEAR_PKT _FLAG	写1清PKT_FLAG标志位
0	CLEAR_FIFO _FLAG	写1清FIFO_FLAG标志位

寄存器39 默认值：0x00 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-1	保留	
0	APL_clk_sel	1: 24MHz frequency of external crystal 0: 12MHz frequency of external crystal

寄存器64 默认值：0x78 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-5	PREAMBLE _LEN	Preamble长度=1+preamble_len(byte)

4-3	SYNCWORD_LEN	=11: syncword为8字节 {包含reg79、reg78、reg77、reg76、reg75、reg74、reg73、reg72} =10: syncword为6字节 {包含reg79、reg78、reg77、reg76、reg73、reg72} =01: syncword为4字节 {包含reg79、reg78、reg73、reg72} =00: syncword为2字节 {包含reg73、reg72}
2-0	TRAILER_LEN	Trailer长度=4+ (2*trailer_len) (bits)

寄存器65 默认值: 0x00 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-6	保留	
5-4	FEC_TYPE	=00: No FEC =01: FEC13 =10: FEC23
3-0	保留	

寄存器70 默认值: 0x03 可读写

Bit	Bit Name	Description
7	保留	
6	SLEEP_ENABLE	写1进入sleep模式
5	LNA_Off_Mode	=1: 近距离模式 =0: 正常工作模式
4-0	保留	

寄存器80 默认值: 0x20 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-3	FIFO_Empty_Threshold	FIFO空阈值
2-0	FIFO_Full_Threshold_H	FIFO满阈值高位

寄存器81 默认值: 0x47 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-6	FIFO_Full_Threshold_L	FIFO满阈值低位
5-0	SYNCWORD_Threshold	SYNCWORD_Threshold值推荐设为syncword length-1

寄存器84 默认值：0xFD 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-2	Scan_RSSI_CH_NUM	扫描RSSI的信道数
1-0	保留	

寄存器86 默认值：0x00 可读写

Bit	Bit Name	Description
7	Start_Scan_RSSI	写1开始扫描RSSI，扫描完成后该位被硬件自动清零。
6-0	Channel_Offset_of_RSSI_Scan	从(2402+Channel_Offset_of_RSSI_Scan)MHz信道开始扫描RSSI

寄存器94 默认值：0x00 可读写

Bit	Bit Name	Description
7	THREE_WIRE_SPI_EN	=1: 切换到3线SPI接口 =0: 切换到4线SPI接口
6-0	保留	

寄存器96 只读

Bit	Bit Name	Description
7	CRC_VERIFY_FLAG	=1: CRC认证错误 =0: CRC认证正确
6-0	保留	

寄存器97 只读

Bit	Bit Name	Description
7	保留	
6	PKT_FLAG	接收/发送包完成标志位，1表示完成
5	FIFO_FLAG	FIFO空/满标志
4-0	保留	

寄存器100 默认值:0x00 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-0	FIFO_DATA	将要发送的数据, 或已经收到的数据

寄存器104 默认值: 0x00 可读写

Bit	Bit Name	Description
7	CLR_W_PTR	写1, 清空FIFO写指针; 读取时总为0
6	保留	
5-0	FIFO_W_PTR	FIFO写指针, 只读

寄存器105 默认值: 0x00 可读写

Bit	Bit Name	Description
7	CLR_R_PTR	写1, 清空FIFO读指针; 读取时总为0
6	保留	
5-0	FIFO_R_PTR	FIFO读指针, 只读

寄存器106 默认值: 0x32 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-0	DSSS Threshold	匹配滤波器阈值

寄存器107 默认值: 0x11 可读写

Bit	Bit Name	Description
7	Switch_VER	0: 1Mbps调制解调器模式 1: 250Kbps调制解调器模式
6-4	SF_num[2:0]	调制解调器分频因子
3-0	SF_pattern[3:0]	调制解调器扩频模式

寄存器108 默认值: 0x3E 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-0	Match_filter_coeff0[15:8]	匹配滤波器系数

寄存器109 默认值: 0x68 可读写

Bit	Bit Name	Description
-----	----------	-------------

7-0	Match_filter_coeff0[7:0]	匹配滤波器系数
-----	--------------------------	---------

寄存器110 默认值: 0x85 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-0	Match_filter_coeff1[15:8]	匹配滤波器系数

寄存器111 默认值: 0x76 可读写

Bit	Bit Name	Description
7-0	Match_filter_coeff1[7:0]	匹配滤波器系数

9 射频数据包

Preamble	SYNC	Trailer	Payload	CRC
----------	------	---------	---------	-----

Preamble: 1-8字节, 可编程

SYNC: 16/24/32/40/48/56/64位

Trailer: 0-18位, 可编程

Payload: TX/RX数据, 0-64位, 可编程

CRC: 可选8/16位CRC

10 射频电路电源要求

避免使用变频DC-DC变换, 特别是变换频率在50kHz以下直流变换器会干扰RF通讯, 电机系统内不要省滤波电容; 2μA的sleep电流指的是常温下的情况, 高温下sleep电流会上升到>20μA, 这是由MOS的漏电特性决定, 非电路设计问题。

11 发射功率的调整

Register 18的值 (Hex)	TXP	
	SOP16	unit
0C	8	dBm
08	3	dBm
18	1.7	dBm
28	0.3	dBm
38	-0.8	dBm
48	-1.7	dBm
58	-2.7	dBm
68	-3.8	dBm
78	-5.2	dBm
88	-6.8	dBm
98	-7.8	dBm

A8	-9	dBm
B8	-10	dBm
C8	-18	dBm
D8	-27	dBm

12 射频模块应用注意事项

12.1 IO电压

IO管脚的电压不应高于VDD的电压。

注意：XTALI、XTALO、ANT的电压不得超过2.0V。

12.2 POR

POR 电路要求，下电时电源需要降低到可复位的最高限0.5V，上电时电源爬升速度要求3V/ms。

12.3 状态转换

关于各个模式之间的切换如下图所示：

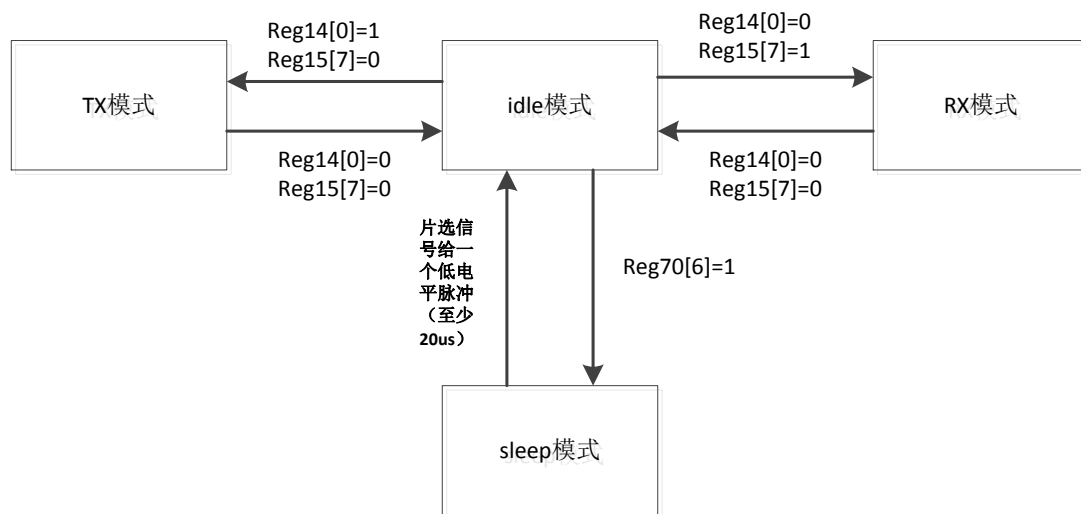


图12 WL1601G 状态转换图

说明：当启动TX mode之后如果检测到发送结束标志PKT_FLAG之后，芯片会自动进入idle模式。当RX mode之后检测到PKT_FLAG之后也同样会自动进入idle模式，这些是由硬件自动完成的。

注意：

1、Reg14[0]和Reg15[7]不能同时为1。

2、不能在RX或TX状态下发送sleep指令（即写reg70[6]=1），例如，如果在RX状态下没有收到数据而超时，应先清reg15[7]，然后再发送sleep指令，才能使芯片正确进入sleep状态。

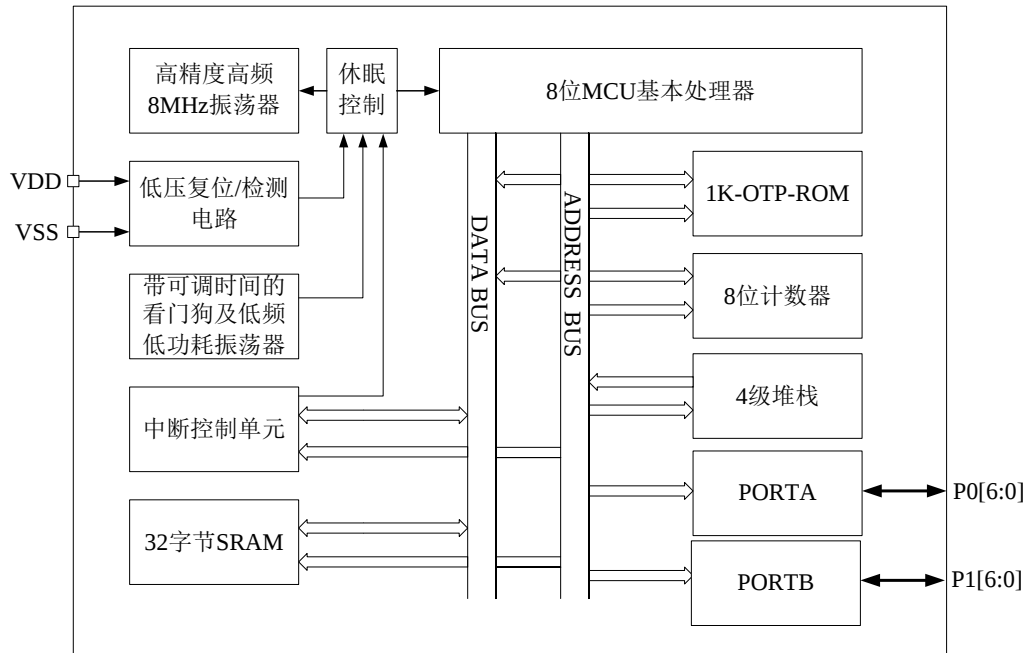
12.4 同步字使用注意事项

同步字syncword的字长、阈值、内容的设置会影响射频性能，较长的字长、非规律的内容可以增加通讯距离和收发包成功率，建议使用手册中的同步设置。

同步字的阈值应根据字长作相应调整，字长越短，阈值应设越低值。

13 MCU模块

13.1 内部框图



13.2 存储器结构

存储器包含了程序存储器和数据存储器

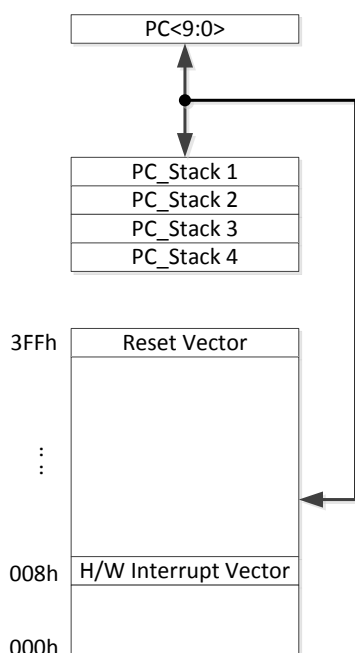
1. 程序存储器

有一个10位PC指针能访问1Kx13的存储空间。

复位地址为3FFh。H/W中断向量地址008h。

CALL/GOTO能指向在同一个程序页面（一个程序页面为1K）的所有存储空间。

程序存储器分布图和堆栈结构



2. 数据存储器

数据存储器包含特殊功能寄存器组和通用寄存器组，所有的通用寄存器可以直接寻址或者通过FSR寄存器间接寻址。特殊功能寄存器用来控制CPU或外围功能模块的工作；

寄存器列表

Address	Description
00h	INDF
01h	FSR
02h	PCL
03h	STATUS
04h	MCR
05h	INTECON
06h	INTFLAG
07h	IOP0
08h	OEP0
09h	PUP0
0Ah	DKWP0
0Bh	IOP1
0Ch	OEP1
0Dh	PUP1
0Eh	DKWP1
0Fh	DKW
10h—2Fh	General SRAM
30h	TMR
31h	TCR(只可写不可读)
3Eh	TIM_clock_Value
3Fh	CPU_clock(8M/4M/2M/500K)

寄存器表

地址	说明	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
00h(w)	INDF	通过FSR访问数据寄存器(不是一个实际的物理地址)							

01h(w)	FSR	-	-	间接地址访问指针(RAM选择寄存器)					
02h(w)	PCL	低8位PC指针							
03h(w)	STATUS	RST	GP1	/PD	GP0	/TO	Z	-	C
04h(w)	MCR	GIE			PULLD	-	LVD2	LVD1	LVD0
05h(w)	INTECON		WDTE	LVDTE	-	-		-	T0IE
06h(w)	INTFLAG	-	-	LVDIF	-	-		-	T0IF
07h(w)	IOP0	-	IOP0[6:0]						
08h(w)	OEP0	-	OEP0[6:0]						
09h(w)	PUP0	-	IR_od	PUP0[5:0]					
0Ah(w)	DKWP0	-	-	DKWP0[5:0]					
0Bh(w)	IOP1	-	IOP1[6:0]						
0Ch(w)	OEP1	-	OEP1 [6:0]						
0Dh(w)	PUP1	-	PUP1[6:0]						
0Eh(w)	DKWP1	-	DKWP1[6:0]						
0Fh(w)	DKW	DKWE	DRVA1	DRVA0	DRVB1	DRVB0	WSEL	DEL1	DEL0
30h(w)	TMR	8位定时/计数器Timer_CNT[7:0]							
31h(w)	TCR	-	-	-	-	-	TPS[2:0]		
3Eh(w)	TIM Clock	TIM[7:0]							

上表中有标注-号的，当读的时候被设置为0；

13.3 特殊寄存器说明

1. INDF(间接寻址寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
00h(w/r)	INDF	通过FSR访问数据寄存器(不是一个实际的物理地址)							

INDF不是一个实际的物理地址，间接寻址时INDF通过RAM选择寄存器FSR来访问其所指向的地址。间接寻址读操作直接读地址00h(FSR=0x00)，间接寻址不能对INDF直接进行写操作(尽管有些状态会发生改变)。

FSR的5-0位可以用来选择64个寄存器（地址：00h~3Fh）。

例：

假设地址28中的内容是2Dh（或任一数值）

现在需要通过间接寻址方式来读取地址28和29中的数据内容；

则先需要赋值FSR为28，然后采用读取INDF的语句来间接获得FSR指向的寄存器的内容值；也就是说读取INDF的值实际上是读取FSR指向的数据寄存器的内容的值；同理写也是这样的一个过程；

2. FSR(间接寻址指针)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
04h(w/r)	FSR	0	0	间接寻址指针					

因仅有32个字节的通用寄存器，所以仅需要B5:B0共6位来进行寻址即可；

Bit7和Bit6始终被置为0，所以读出的时候，这两位始终为0；

3. PCL(PC 计数器的低 8 位)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
02h(w/r)	PCL	PC指针的低8位							

ROM地址是10位，所以PC指针和堆栈也是10位的，但我们只能修改低位的8位数据，高位

的无法修改；

不过，当使用RETIA，RETURN，和RETFIE等指令时，可以实现全地址返回，无需进行特别的干预；

4. STATUS(状态寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
03h(w/r)	STATUS	RST	GP1	/PD	GP0	/TO	Z	-	C

状态字寄存器包含运算标志，CPU工作状态标志。比较重要的是其中3个工作状态位RST，/TO，/PD是无法写入的，只能读取；

GR1和GP0为通用寄存器，设置在这里的位置是方便使用swap来保存中断前的状态；

5. MCR(电源控制寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
04h(w/r)	MCR	GIE			PULLD	0	LVD2/LVD	LVD1	LVD0

上述地址的寄存器中的bit6:bit5&bit3没有使用；

请特别注意该寄存器，当开启了低电压检测之后，尽量不要使用BSR/BCR的指令来操作该寄存器；

GIE：中断总开关

=0，关闭所有中断；

=1，使能打开了的中断；

PULLD：使能PORT口下拉电阻功能

=0，关闭PORT口下拉电阻功能；

=1，使能PORT口下拉电阻功能；

注意，这个功能寄存器只有在端口被设置为输入端口或该端口被打开为DKWP功能才可以打开下拉功能；打开下拉功能后，当休眠情况下，该端口如果有接通电源正极的情况时，自动开启接通电源正极的唤醒功能；

LVD[2:0] 注意，LVD检测仅在高频振荡器工作的时候检测，休眠时不再检测电源电压；

=000 低电压检测2.1-2.2V(默认)

=001 低电压检测2.1-2.2V

=010 低电压检测2.2-2.3V

=011 低电压检测2.3-2.5V

=100 低电压检测3.5-3.6V

=101 低电压检测3.6-3.8V

=110 低电压检测4.1-4.4V

=111 低电压检测4.3-4.7V

LVD的检测方式是内部分压电阻和内部的bandgap参考电压进行比较的输出结果，bandgap电压是一个不随温度和电压变化的参考电压，所以这个比较值是比较准确的，但是比较器当电压由高到低和由低到高的电压进行变化时，会产生一个低摆幅的失调电压；

特别注意的事情是：bit2这个是一个比较特殊的寄存器，写入和读出是一个不同的数据通路，当对这个寄存器写入的时候，是控制LVD_CNT[2],而当读出的时候，该位实际上是显示LVD当前的状态；一定要避免使用bset或bclr对这个寄存器进行操作；

6. INTECON(中断使能控制寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

05h(w/r)	INTECON		WDTE	LVDTE	-	-	-	-	T0IE
----------	---------	--	------	-------	---	---	---	---	------

WDTE: 看门狗使能位

=0, 关闭看门狗

=1, 开启看门狗

LVDTE: 低电压检测开启功能

=0, 低压检测关闭, 电源消耗将降低

=1, 低压检测产生标志位 (当开启低电压检测中断后, 如果发生了低电压事件, 则中断标志位将会置位, 但不会发生中断事件)

T0IE: TMR定时器中断使能位

=0, 关闭定时器中断

=1, 开启定时器中断

7. INTFLAG(中断标志位寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
06h(w/r)	INTFLAG	-	-	LVDIF	-	-	-	-	T0IF

T0IF: TMR中断标志位

=0, 没有产生TMR中断, 或者没有打开TMR的中断使能

=1, 发生了TMR中断, 该位需要软件清零

LVDIF: 低电压检测标志位 (注意, 这里不是中断标志, 而是检测标志位)

且开启了低电压检测中断(LVDTE)使能后, 当发生低电压事件后, 该标志位将会被置为1, 但芯片的PC指针不会被设置到地址0x008; 也就是LVDIF不会产生中断事件, 但该标志位会出现; 注意以上标志位均需要软件清零;

8. IOP0(PortA 数据寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
07h(w/r)	IOP0								

IOP0寄存器是作为输出的数据存储在寄存器中, 但当作为输入的时候, 如果选择的是从端口读取数据, 则芯片会从这个输出数据寄存器中读取数据;

9. OEP0 (PortA 输入输出控制寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
08h(w/r)	OEP0								

OEP0寄存器可以控制各个管脚是不是输入还是输出功能;

=0, 做输入功能(默认)

=1, 做输出功能

注意: P06口, 需要结合IR_OD进行设置, 禁止设置为悬空的输入状态;

10. PUP0(PortA 上拉控制寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
09h(w/r)	PUP0	0	IR_OD						

IR_OD:

=0, P06口做开漏输出

=1, P06口做push-pull输出

PUP0:

=0, 禁止内部上拉电阻(默认)

=1, 使能内部上拉电阻

当开启了PULLD下拉功能后, 上拉功能会自动关闭;

11. DKWP0(PortA 改变/唤醒控制寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0Ah(w/r)	DKWP0	0	0	DKWP0[5:0]					

=0, 禁止电平改变唤醒功能(默认)

=1, 使能电平改变唤醒功能

当开启端口的DKW功能后, 该管脚会自动设置为弱输出和检测输入的状态, 强输出被自动关闭;

12. IOP1 数据(PortB 数据寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0Bh(w/r)	IOP1		IOP1[6:0]						

通过设置IOP1寄存器, 可以设置PortB输出数据;

13. OEP1(PortB 输入/输出控制寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0Ch(w/r)	OEP1		OEP1						

通过设置OEP1寄存器, 可以设置PortB的输入或输出功能,

=0, 输入功能(默认)

=1, 输出功能

14. PUP1(PortB 上拉控制寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0Dh(w/r)	PUP1	0	PUP1[6:0]						

通过设置PUP1寄存器, 可以设置PortB的输入上拉功能,

=0, 关闭上拉选择(默认)

=1, 打开上拉功能

当开启了PULLD下拉功能后, 上拉功能会自动关闭;

15. DKWP1(PortB 键盘唤醒控制寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0Eh(w/r)	DKWP1	0	DKWP1[6:0]						

通过, 可以设置PortB的输入唤醒功能,

=0, 不能唤醒(默认)

=1, 输入带唤醒功能

当开启端口的DKW功能后, 该管脚会自动设置为弱输出和检测输入的状态, 强输出被自动关闭;

16. DKW(输出电流控制寄存器)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0Fh(w/r)	DKW	dkwe	DRVA1	DRVA0	DRVB1	DRVB0	WSEL	DEL1	DEL0

通过设置DKW, 可以设置Port的输入唤醒功能及设置PORT口输出驱动能力;

DKWE, 设置键盘扫描唤醒总开关, 通过设置该位, 可以正式开启这个功能;

=0, 键盘扫描无效

=1, 键盘扫描有效

DRVA, 当设置P04/5以及P16/5/4共计5个管脚为普通IO口输出功能的时候, 可以通过DRVA来设置这些口的驱动能力, 这些口被统一设置为相同的驱动能力;

=00, 最小驱动电流(默认)

=01, 略微增加驱动电流

=10, 标准增强驱动电流

=11, 最强驱动电流

DRVB, 设置当设置P00/1/2/3以及P10/1/2/3共计8个管脚为普通IO输出口功能的时候, 可以通过DRVB来设置这些口的驱动能力, 这些口被统一设置为相同的驱动能力;

=00, 最小驱动电流, 高电平驱动能力约2mA, , 低电平驱动约8mA(默认)

=01, 略微增加驱动电流, 高电平驱动能力约8mA, 低电平驱动加强

=10, 标准增强驱动电流, 高电平驱动能力约2mA, 低电平驱动再加强

=11, 最强驱动电流, 高电平驱动能力约8mA, 低电平驱动最强约60mA

WSEL, 键盘扫描周期选择位

=0, 16mS扫描周期选择

=1, 32mS扫描周期选择(更慢的扫描周期可以减小静态电流, 但反应速度可能会较慢)

DEL[1:0], P06/REM口的驱动电流选择

=00, 最小驱动电流, 约325mA

=01, 稍强驱动电流, 约350mA

=10, 增强驱动电流, 约375mA

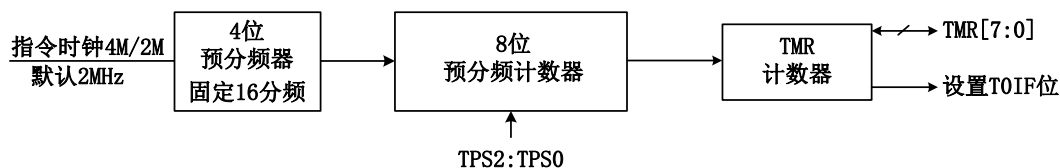
=11, 最强驱动电流, 约400mA

根据内部电路的布线原则, 电源驱动能力比较大的端口都靠近GND和VDD管脚, 所以如果要驱动比较大的电流, 尽量选择靠近GND和VDD的管脚, 这样驱动能力更强;

17. TMR(定时/计数器 Time clock/Counter register)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
30h(w/r)	TMR	8位定时/计数器							

TMR是一个8位定时/计数器, 需要注意的是, TMR的时钟源可以设置为多种预分频形式, 这个决定着定时/计数器的变化快与慢, 由TPS[2:0]来作为TMR的预分频时钟, 如示意图所示:



上图中, TPS[2:0]寄存器在TCR中可以在程序中进行设置;

18. TCR(定时/计数器控制寄存器 Timer Control register)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
31h(w)	TCR						TPS 2	TPS 1	TPS 0

TPS[2:0]: 定时器预分频选择

TPS[2:0]	Timer0的时钟源
000	CPU运行速度/32(这里的32是因为前面有一个固定的16分频)

001	CPU运行速度/64
010	CPU运行速度/128
011	CPU运行速度/256
100	CPU运行速度/512
101	CPU运行速度/1024
110	CPU运行速度/2048
111	CPU运行速度/4096

其他位被设置固定为0；**注意：对该寄存器只可写，不可读出其中的内容；**
 举例说明：当设置TPS2:0=111,并且系统运行在4M/2T的情况下，TMR的值默认为0开始，则最长可以做到524.288MS一次中断，计算方式如下： $0.5\mu\text{S} \times 4096 \times 256 = 524288\mu\text{S}$ ；

19. W 工作暂存器

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
N/A(w/r)	Work	累加器(也有命名是ACC)							

累加器是一个内部中转用的暂存器，当执行指令的时候这里会暂存部分数据，无法被用户指定访问；

20. 特殊功能寄存器(3D,3E,3F 这三个地址值均有特殊用途的定义在这个位置，请不要操作)

地址	名称	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
3E(w/r)	Tim_clock	烧录的时候得到的修调频率值Tim_value[7:0]							

13.4 配置选项说明

名称	地址	说明
Tim_clock	3E	修调频率到需要的频率；
CPU_clock[9:8]	3F	=00 4M/2T (默认) =01 8M/2T =10 2M/2T =11 500K/2T
Protect[12]	3F	=0 选择芯片烧录的时候不加密输出(默认) =1 选择芯片烧录的时候加密输出

注意：目前因为针对遥控器的应用，我们把高频的频率并不是设置在8M，而是设置在8.06MHz；这样通过指令设计出来的38K载波将更准确；

13.5 指令集合

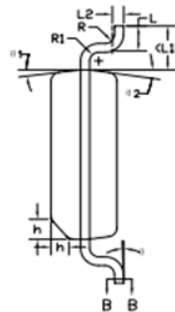
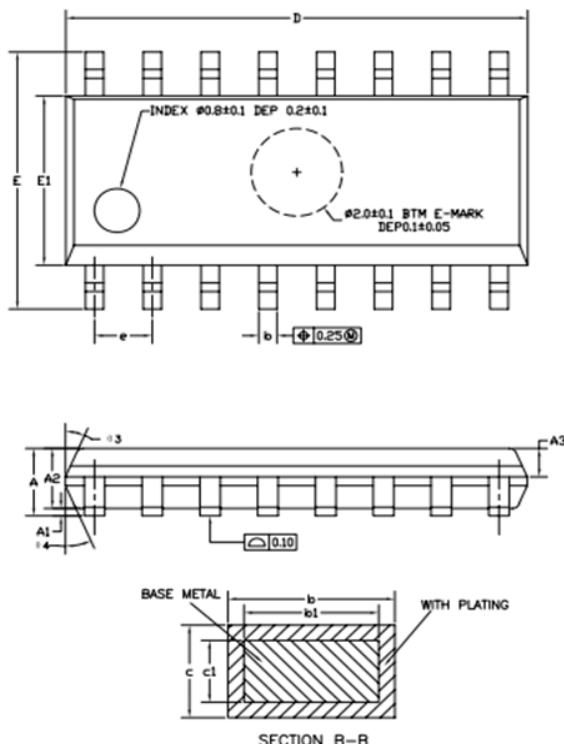
操作语法	说明	操作内容	指令周期	影响标志位
BCLR R,bit	清除R的bit位为0	$0 \rightarrow R$	1	-
BSET R,bit	设置R的bit位为1	$1 \rightarrow R$	1	-
JBCLR R,bit	检测R的bit位，如果是0 跳过下一条	如果R=0跳过下一条	1/2	-
JBSET R,bit	检测R的bit位，如果是1 跳过下一条	如果R=1跳过下一条	1/2	-

NOP	空操作	无操作	1	-
CLRWDT	清watchdog寄存器	00→WDT相关寄存器	1	/TO,/PD
STOP	进入休眠模式	00→WDT相关寄存器	1	/TO,/PD
RETURN	从子程序返回上一级主程序	Stack→PC	2	-
RETIE	从中断返回并重新设置GIE为1	Stack→PC GIE=1	2	-
CLRA	清ACC寄存器数据	00→ACC	1	Z
CLRR R	清R寄存器数据	00→R	1	Z
MOVAR	传送R数据到ACC	R→ACC	1	-
MOVRA	传送ACC数据到R	ACC→R	1	Z
DECA	ACC自减1	ACC-1→ACC	1	Z
DECAR/RA	自减1	R-1→dest	1	Z
DJZA	ACC自减1, 如果为0跳过下一条	ACC-1→ACC	1/2	-
DJZAR/RA	自减1, 如果为0跳过下一条	R-1→dest	1/2	-
INCA	ACC自加1	ACC+1→ACC	1	Z
INCAR/RA	自加1	R+1→dest	1	Z
JZA	ACC自加1, 如果为0跳过下一条	ACC+1→ACC	1/2	-
JZAR/JZRA	自加1, 如果为0跳过下一条	R+1→dest	1/2	-
ADDAR/RA R	加法指令	R+ACC→dest	1	C,Z
SUBAR/RA R	减法指令	R-ACC→dest	1	C,Z
ANDAR/RA R	执行AND操作	ACC & R →dest	1	Z
ORAR/RA R	执行OR操作	ACC R →dest	1	Z
XORAR/RA R	执行XOR操作	ACC ^ R →dest	1	Z
COMAR/R R	取反	!R → dest	1	Z
RLA	ACC带进位的左移1位操作	ACC<7>→C, ACC<6:0>→ACC<7:1> C→ACC<0>	1	C
RLAR/R R	带进位的左移1位操作	R<7>→C, R<6:0>→dest<7:1> C→dest<0>	1	C
RRA	ACC带进位的右移1位操作	C←ACC<7>, ACC<7:1>←ACC<6:0> ACC<0>←C	1	C
RRAR/RA R	带进位的右移1位操作	C←dest<7>, R<7:1>←dest<6:0>	1	C

		$R<0> \leftarrow C$		
SWAPAR/R R	高低位4bit交换操作	$R<3:0> \rightarrow \text{dest}<7:4>$ $R<7:4> \rightarrow \text{dest}<3:0>$	1	-
MOVAI K	传送立即数到ACC	$I \rightarrow \text{ACC}$	1	-
ADDAI K	执行立即数ADD加法操作	$I + \text{ACC} \rightarrow \text{ACC}$	1	C,Z
SUBAI K	执行立即数SUB减法操作	$I - \text{ACC} \rightarrow \text{ACC}$	1	C,Z
ANDAI K	执行立即数AND操作	$I \& \text{ACC} \rightarrow \text{ACC}$	1	Z
ORAI K	执行立即数OR操作	$I \text{ACC} \rightarrow \text{ACC}$	1	Z
XORAI K	执行立即数XOR操作	$I \wedge \text{ACC} \rightarrow \text{ACC}$	1	Z
RETAI K	返回，同时把I值放入ACC	$I \rightarrow \text{ACC}, \text{Stack} \rightarrow \text{PC}$	2	-
CALL K	调用子程序	$\text{PC}+1 \rightarrow \text{Stack } I \rightarrow \text{PC}$	2	-
GOTO K	无条件跳转	$I \rightarrow \text{PC}$	2	-

14 封装形式

SOP16



COMMON DIMENSIONS
(UNITS OF MEASURE=MILLIMETER)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	1.35	1.60	1.75
A1	0.10	0.15	0.25
A2	1.25	1.45	1.65
A3	0.55	0.65	0.75
b	0.36	—	0.51
b1	0.35	0.40	0.45
c	0.17	—	0.25
c1	0.17	0.20	0.23
D	9.80	9.90	10.00
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	1.27BSC		
L	0.45	0.60	0.80
L1	1.04REF		
L2	0.25BSC		
R	0.07	—	—
R1	0.07	—	—
h	0.30	0.40	0.50
θ	0°	—	8°
θ 1	6°	8°	10°
θ 2	6°	8°	10°
θ 3	5°	7°	9°
θ 4	5°	7°	9°

NOTES:

ALL DIMENSIONS MEET JEDEC STANDARD MS-012 AC
DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS.