



北京福星晓程电子科技股份有限公司  
Beijing Fuxing Xiaocheng Electronic Technology Stock Co.,Ltd

# PL4000 电力线载波通信专用芯片 数据手册

版本:           V1.1            
日期:           2014-03-10          

北京福星晓程电子科技股份有限公司

# 目 录

目 录.....	1
<b>1. PL4000 概述.....</b>	<b>1</b>
1.1 芯片特性 .....	1
1.2 逻辑结构框图 .....	2
1.3 技术指标和封装参数 .....	3
1.4 引脚说明 .....	5
1.5 管脚定义 .....	5
<b>2. 增强型 8051 的微处理器 MCU.....</b>	<b>6</b>
2.1 8051 MCU 资源配置 .....	6
2.2 中断控制 .....	7
2.3 定时/计数器 T2 溢出中断.....	7
2.4 扩展串行口中断 UART1.....	9
2.5 外部中断 INT2.....	10
2.6 IR38kHz 红外调制功能 .....	11
2.7 看门狗定时器 .....	12
<b>3. 载波通信.....</b>	<b>14</b>
3.1 功能简述.....	14
3.2 编程指南.....	14
3.3 寄存器 .....	15
<b>4. 四通道硬件定时器.....</b>	<b>18</b>
4.1 功能简述.....	18
4.2 编程指南.....	19
4.3 相关寄存器.....	19
<b>5. 嵌入式 ROM 数据存储器.....</b>	<b>22</b>
5.1 功能简述.....	22
5.2 编程指南.....	22
5.3 相关寄存器.....	25
<b>6. 程序与数据的下载.....</b>	<b>27</b>
<b>7. 芯片手册更新记录.....</b>	<b>27</b>
附录 1 特殊功能寄存器 (SFR) 表.....	28
附录 2 扩展寄存器表.....	30

## 1. PL4000 概述

### 1.1 芯片特性

- 电力线载波通信专用 SoC 芯片
- 采用超大规模数/模混合 CMOS 工艺
- 内置增强型 8051 微处理器
- 内置两个可灵活配置的全双工多功能 UART
- 内置 256 bytes + 7936 bytes SRAM
- 内置 64K bytes 嵌入式 FLASH 存储器
- 采用 DBPSK 窄带调制方式和自适应可变速率直序扩频通信技术，最高通信速率达 500bps，完全兼容 PL3105/PL3106/PL3107/PL3201 等载波通信芯片
- 通信频带和信道带宽符合欧洲 EN50065 等行业规范
- 内置数字同步锁相器，支持过零点通信模式
- 载波信号驱动方式支持差分输出
- 全数字收发机, 两套独立的收发系统分别实现过零点和连续通信方式.
- 内置 6 阶高性能带通开关电容滤波器
- 内置接收信号强度检测 (RSSI) 与信噪比分级电路
- 内置串行程序存储器编程接口，支持在系统编程 (ISP)
- 全内置的片上多电源域管理，单一 5V 电源供电；所有 I/O 兼容 3.3V 电平输入
- 采用 SSOP24 封装
- 温度适用范围（工业级标准） -40°C -- +85°C

### 1.2 逻辑结构框图

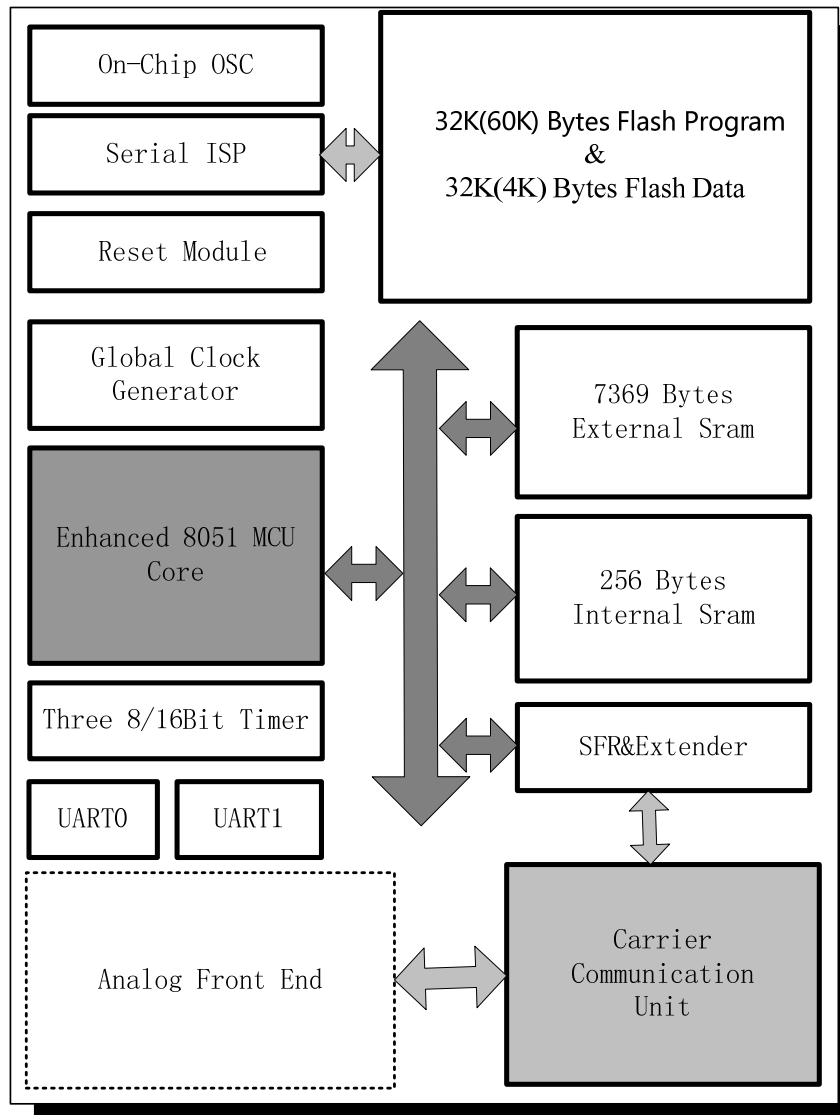


图 1-1 逻辑结构框图

## 1.3 技术指标和封装参数

### 1.3.1 电气参数

电特性 (  $T_a=25^{\circ}\text{C}$ ,  $AVDD=5\text{V}$ ,  $DVDD=5\text{V}$ , 晶体为  $9.6\text{MHz}$ ,  $F_{osc}=4.8\text{MHz}$  )

测量项目	符号	测试条件	测量点	最小	典型	最大	单位
工作电流	$I_{wmax}$	所有功能 使能			10		mA
工作电压	$V_w$	标准			$5 \pm 10\%$		V
参考电压	VREF				$2.5 \pm 5\%$		V
参考电压温度系数					30		ppm/ $^{\circ}\text{C}$
时钟输入	OSC				9.6		MHz
Schmitt 输入	L $\rightarrow$ H	VDD=5V		2.3		2.9	V
	H $\rightarrow$ L	VDD=5V		1.7		2	V
输出	VOH	$I_{OH}=15\text{mA}$		4.0			V
	VOL	$I_{OL}=15\text{mA}$				0.4	V
直流电源抑制 (输出频率误差)		$\pm 250\text{mV}$			0.2%		
交流电源抑制 (输出频率误差)		200mV, 100Hz, 纹波			$\pm 0.3\%$		

### 1.3.2 极限参数

项目	符号	极值	单位
储藏温度	TSTR	$-60 \sim +150$	$^{\circ}\text{C}$
结温	TSR	+150	$^{\circ}\text{C}$
焊接温度 (焊接 10 秒)	TILT	+260	$^{\circ}\text{C}$
汽相焊接 (60 秒)	TS	+215	$^{\circ}\text{C}$
红外焊接 (15 秒)	TIF	+220	$^{\circ}\text{C}$
工作温度	TOPR	$-40 \sim +85$	$^{\circ}\text{C}$

电源电压	AVDD, DVDD	6	V
------	------------	---	---

1.3.3 封装参数

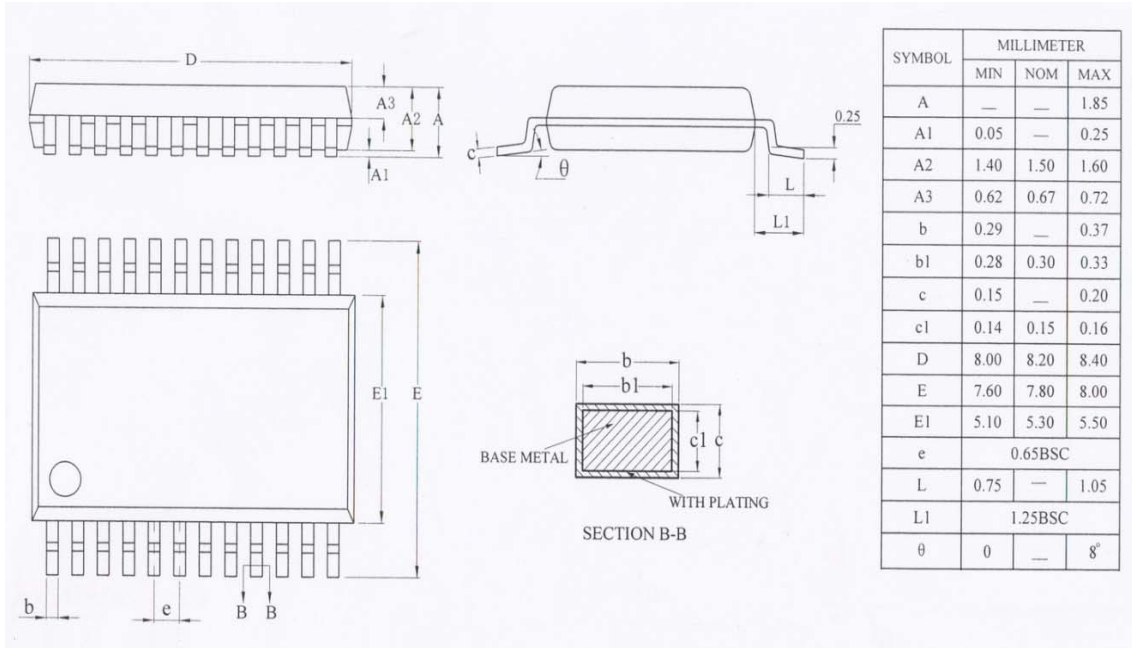


图 1-2 封装图

### 1.4 引脚说明

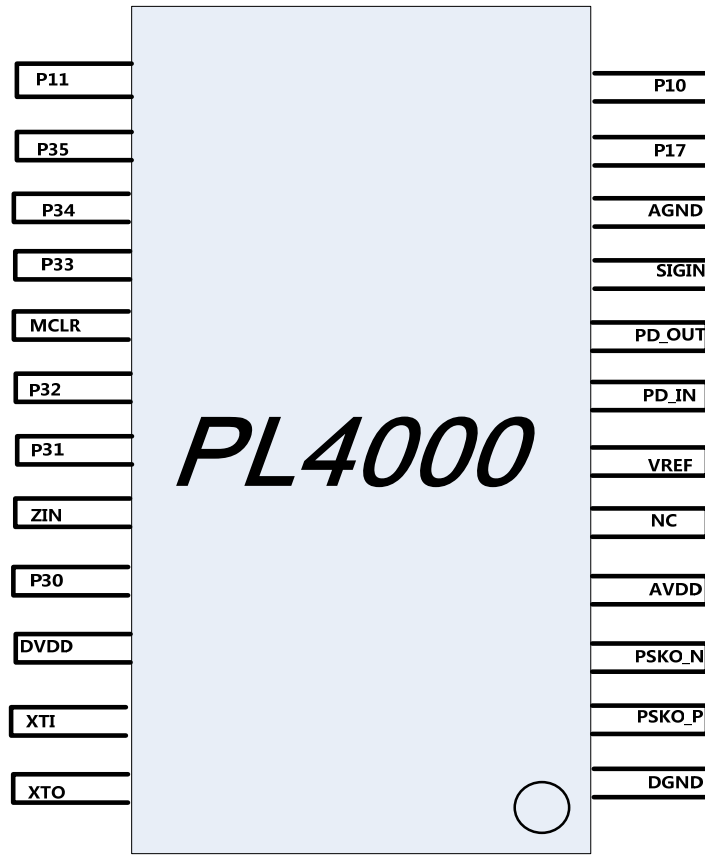


图 1-3 引脚图

### 1.5 管脚定义

管脚名称	序号	类型	说明
DGND	1	G	数字地
PSKO_P	2	0	120kHz 载波同相发送端口（单端发送端口）
PSKO_N	3	0	120kHz 载波反相发送端口
AVDD	4	P	模拟电源，5V
NC	5	-	悬空引脚
VREF	6	0	2.5V 参考电压输出，外接 10 μ F 和 10nF 并联对地电容
PD_IN	7	I	信号强度检测输入，测试点
PD_OUT	8	0	信号强度检测检波直流电平输出，需要外接 10nF 对地电容
SIGIN	9	I	120k 载波信号输入端
AGND	10	G	模拟地

P17	11	I/O	IO 端口; TIMER2 计数脉冲输入端
P10	12	I/O	IO 端口; RXD1, 串口 1 接收端
P11	13	I/O	IO 端口; TXD1, 串口 1 发送端
P35	14	I/O	IO 端口; TIMER1 计数脉冲输入端
P34	15	I/O	IO 端口; TIMERO 计数脉冲输入端
P33	16	I/O	IO 端口; 外部中断 1 输入端
MCLR	17	I	手动复位端口, 边沿触发; ISP 编程时需要置为低电平
P32	18	I/O	IO 端口; 外部中断 0 输入端
P31	19	I/O	TXD0, 串口 0 发送端
			SDA, ISP 编程接口数据输入输出端
ZIN	20	I	工频信号输入端口
P30	21	I/O	RXD0, 串口 0 接收端
			SCL, ISP 编程接口时钟输入端
DVDD	22	P	数字电源, 5V
XTI	23	I	9.6MHz 晶振输入端口
XTO	24	0	9.6MHz 晶振输出端口

## 2. 增强型 8051 的微处理器 MCU

### 2.1 8051 MCU 资源配置

内嵌的 MCU 采用 8/16 位的增强型 8051 兼容微处理器。其 ALU 可由硬件完成 16 位的加减乘除运算, 大大提高了 16 位处理能力; 嵌入式 MCU 的主时钟由外部晶振 9.6MHz 二分频后得到, 即 8051 的时钟频率为  $F_{osc} = 4.8\text{MHz}$ , 由于内部的译码和执行机构采用了 RISC 指令流水技术, 使得程序平均运行速度较标准 8051 微处理器快达 8 倍之多。

嵌入式 MCU 的地址空间分配:

内部 SRAM: 256 bytes (00H~FFH), 其中 80H~FFH 为 SFR;

外部 SRAM: 7936 bytes (0000H~1EFFH);

芯片尾缀	程序存储区空间	数据存储区空间
------	---------	---------



PL4000A	32K bytes : 0000H~7FFFH	32K bytes: 0000H~7FFFH
PL4000B	60K bytes : 0000H ~EFFFH	4K bytes: 0000H ~0FFFH

嵌入式 MCU 具有:

两个全双工 UART 串行口 (UART1 支持 IR38K) ;

看门狗复位逻辑;

三个 8/16 位定时/计数器;

三个外部中断;

## 2.2 中断控制

PL4000 的 8051 微处理器有八个中断源, 优先级顺序从高到低, 并受 8051 中断优先级寄存器 IP 控制。其操作控制为标准 8051 方式, 中断名称及其入口地址如下:

外部中断 INT0:	0003H
定时/计数器 T0 溢出中断:	000BH
外部中断 INT1:	0013H
定时/计数器 T1 溢出中断:	001BH
串口中断 UART0:	0023H
定时器 T2 溢出中断:	002BH
串口中断 UART1:	0033H
外部中断 INT2:	003BH

其中 T0 中断, T1 中断和串口中断与普通 8051 完全一致。下面对其他几个中断详细说明。

## 2.3 定时/计数器 T2 溢出中断

定时/计数器 T2 溢出中断与 T0 和 T1 的溢出中断相似。当 TH2/TL2 (CCH/CDH) 计数溢出后, TF2 置 1, 同时产生中断申请。中断入口地址为: 002BH, 相关的控制器/位如

下:

### TCON1 (C8H) 扩展中断控制、标识寄存器

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	TF2	TR2	--	--	IE2	IT2
Reset	--	--	0	0	--	--	0	0

注解:

TR2 (TCON1.4): T2 计数启动位。

TF2 (TCON1.5): T2 计数溢出标志位。

### TMOD1 (C9H) 定时器工作方式

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	T2_SEL	T1_SEL	GATE	C/T	M1	M0
Reset	--	--	0	0	0	0	0	0

注解:

TMOD1 的高 2 位保留, 低 4 位用于控制 T2 的工作模式

T2\_SEL: 用于选择计数器/定时器 2 作为定时器使用时的计数速率, T2\_SEL=1 时, 为  $F_{osc}$  的频率, T2\_SEL=0 时, 为  $F_{osc}/12$  (默认)。

T1\_SEL: 用于选择计数器/定时器 1 作为定时器使用时的计数速率, T1\_SEL=1 时, 为  $F_{osc}$  的频率, T1\_SEL=0 时, 为  $F_{osc}/12$  (默认)。

C/T: 计数器/定时器方式选择位。C/T=0 时, 设置为定时方式。C/T=1 时, 设置为计数器方式。

GATE: 门控制位, GATE=0 时, 只要用软件将 TR2 置 1 就可以启动定时器, 而不管 INT2 的电平高低。GATE=1 时, 只有 INT2 引脚为 1 且由软件将 TR2 置 1 才能启动定时器。

M0 和 M1: 操作模式控制位。定义如下:

M1	M0	工作模式	功能描述
0	0	模式 0	13 位计数器
0	1	模式 1	16 位计数器
1	0	模式 2	8 位自装载计数器
1	1	模式 3	定时器 2 不支持这种模式

ET2 (IE. 5) : T2 的中断允许位。ET2=1 时，允许中断，ET2=0 不允许中断。

PT2 (IP. 5) : T2 中断的优先级控制位。PT2=1 时为优先级高。PT2=0 时优先级低。

TL2 (CCH) : 定时/计数器（低 8 位）。

TH2 (CDH) : 定时/计数器（高 8 位）。

## 2.4 扩展串行口中断 UART1

为双串口系统。其扩展串口中断与原有的串行口中断的使用方式一样。其中断入口地址为:0033H。产生波特率用定时器 T2。相应的控制器/位如下：

SCON1 (COH)	扩展串口控制寄存器							Read/Write	
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0	
	ESM0	ESM1	ESM2	EREN	ETB8	ERB8	ETI	ERI	
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	

ESM0/ESM1：串口工作方式选择。对应关系如下：

ESM0	ESM1	工作方式	说明	波特率
0	0	方式 0	同步移位寄存器	Fosc/12
0	1	方式 1	10 位异步收发	由定时器控制
1	0	方式 2	11 位异步收发	Fosc/32 或 fosc/64
1	1	方式 3	11 位异步收发	由定时器控制

注解：

ESM2：多机通讯控制位，主要用于方式 2 和方式 3。若置 ESM2=1，则允许串口 1 多机通讯，若 ESM2=0，则不属于多机通讯情况。

EREN：允许接收控制位。由软件置 1 或清 0，只有当 EREN=1，串口 1 才允许接收，EREN=0 时，串口 1 禁止接收数据。

ETB8：发送数据的第 9 位（D8）装入 ETB8 中在方式 2 或方式 3 中，根据发送数据的需要由软件置位或清 0，在方式 0 或方式 1 中，该位没用。

ERB8: 接收数据的第 9 位, 在方式 2 或方式 3 中, 接收到的第 9 位数据放在 ERB8 中, 在方式 1 中, 如 ESM2=0, ERB8 中存放的是接收到的停止位, 方式 0 中未用该位。

ETI: 发送中断标志位。在串口 1 将一帧数据发送完毕后被置 1, 串口 1 发送中断被响应后, ETI 不会自动清 0, 必须软件清 0。

ERI: 接收中断标志位。在串口 1 接收到一帧数据后由硬件置 1, 在串口 1 接收中断被响应后, ERI 不会自动清 0, 必须软件清 0。

**SBUF1 (C1H) 扩展串口的数据接收/发送缓冲器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

## 2.5 外部中断 INT2

用作普通的外部中断, INT2 与其他两个外部中断的用法一样, 其中断入口地址为: 003BH. 相应的控制器/位如下:

**EIE (A9H) 外部中断 INT2 的中断允许寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	--	--	--	--	--	EX2
Reset	--	--	--	--	--	--	--	0

注解:

EX2=1: 允许 INT2 中断。

EX2=0: 不允许 INT2 中断。

**EIP (B9H) 外部中断 INT2 的中断优先级控制寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	--	--	--	--	--	PX2
Reset	--	--	--	--	--	--	--	0

注解:

PX2=1: INT2 中断优先级高。

PX2=0: INT2 中断优先级低。

**TCON1 (C8H) 中断控制、标识寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	TF2	TR2	--	--	IE2	IT2
Reset	--	--	0	0	--	--	0	0

注解:

IE2 (TCON1. 1): 外部中断 2 的申请标志, 当检测到有外部中断信号时, 由硬件自动置 1

IT2 (TCON1. 0): 外部中断 2 触发方式控制位。当 IT2=1 时外部中断为边缘触发方式, 当 IT2=0 是外部中断 2 为电平触发方式。

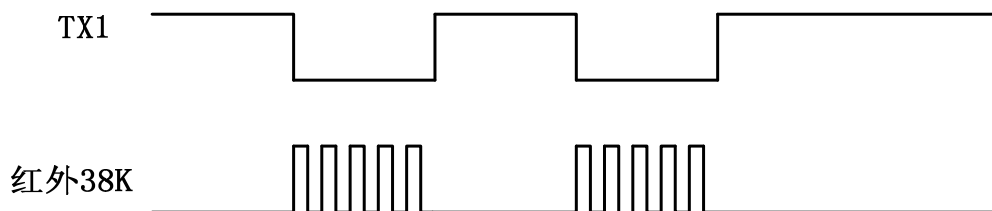
## 2.6 IR38kHz 红外调制功能

### 2.6.1 功能简述

PL4000 内部集成有 38kHz 红外线调制通信电路, UART 的串行数据输出可由载波调制后从 P1. 1 输出。软件可以根据不同主时钟频率配置载波频率的分频值, 使用灵活方便。

### 2.6.2 编程指南

PL4000 内部有一个时钟分频得到的 38kHz 红外调制振荡波 (频率可调), 可以配合 UART1 的 TX1 管脚输出, 由 IR38K (EXT\_CTRL. 2) 位控制。若 IR38K = 0, 则 TX1 管脚输出的是原始的 UART1 信号, 若 IR38K = 1, 则 TX1 管脚输出的是经过 38kHz 振荡波调制过的 UART1 信号。调制信号与调制前信号的对应示意图如图:



PL4000 的红外通讯载频还可以灵活调节, 用户可以通过对特殊寄存器 IR\_CNT1 设置来调节振荡波的频率。

- 1、使能红外通信模式: 置 IR38K (EXT\_CTRL. 2) = 1。
- 2、配置红外载频: IR\_CNT1 寄存器写入红外载波分频值。

3、配置 UART1：如波特率、方式、中断等。

### 2.6.3 寄存器

IR\_CNT1 (93H) 红外振荡频率控制寄存器 Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解：

通过修改该寄存器的值可以配置不同的红外载波频率。其计算公式如下：

$f = (f_{osc} / (X + 32)) / 2$ , 当采用 38kHz 载频时, 若  $F_{osc} = 4.8\text{MHz}$  时, 应向 IR\_CNT1 寄存器写入  $X = 1\text{FH}$  即可。

EXT\_CTRL (F8H) 外部配置寄存器 Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	--	--	--	IR38K	PLM_SSC	PLM_RS
Reset	--	--	--	--	--	0	0	0

注解：

IR38K = 1, 使能 38kHz 红外调制功能。

IR38K = 0, 关闭 38kHz 红外调制功能。

其它位不用于 38kHz 红外调制使能控制。

## 2.7 看门狗定时器

看门狗：为了防止程序因为意外原因导致死机，专门设计了一套看门狗电路，当程序死机后一定时间内（由寄存器控制，可选为 109ms；218ms；……872ms）可以重新复位 8051。该电路是由一个计时器（WDTimer）来完成。

CKCON(8EH) 看门狗复位间隔长度控制寄存器 Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	RST1	RST0	WDT2	WDT1	WDT0	CK2	CK1	CK0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解：

## 看门狗复位时间控制位[WDT2、WDT1、WDT0]

WDT[2-0]	看门狗复位时间长度（外部晶振 9.6MHz， Fosc=4.8MHz）
000	109ms
001	218ms
010	327ms
011	436ms
100	545ms
101	654ms
110	763ms
111	872ms

## 复位间隔长度控制位[RST1、RST0]

RST[1-0]	复位时间长度（外部晶振 9.6MHz， Fosc=4.8MHz）
00	109ms
01	218ms
10	327ms
11	436ms

## WDT\_RST(8FH)：看门狗复位控制器：

Write Only

WDT_RST	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注意：当向该寄存器写入 A1H 时，看门狗定时器（WDTimer）自动复位为 7FFFH，该计数器以  $f_{soc}/(32*(1+WDT[2:0]))$  的速度递减，当递减到零溢出时，就会产生一个内部复位信号，强制系统重新启动。软件正常运行时，应该定期向该寄存器中写入 A1H，复位看门狗定时器，防止产生不需要的复位。

### 3. 载波通信

#### 3.1 功能简述

PL4000 内置的载波通信单元，采用 DBPSK 调制方式和直序扩频技术，载波中心频率为 120kHz，伪随机码速率为 7.5kHz，提供连续和过零点两种通信方式，其中连续方式兼容 PL3106/PL3107 芯片的 500bps 通信模式。

PL4000 还提供了过零点通信方式，数据速率为 100bps，载波发送起始时刻可由软件灵活控制，能够有效避开信道上噪声最恶劣的时刻，提高通信质量，同时也有利于相位的甄别。

PL4000 采用了匹配滤波器算法实现解扩，相比于 PL3106/PL3107 的滑动相关解扩算法，发送端仅需要发送少量的同步信息位，即可实现收发端扩频码的同步，有助于信道利用率的提升。

PL4000 内置六阶高性能开关电容带通滤波器，无需外置带通滤波器，既降低了成本，又节省了 PCB 板的空间。

PL4000 在接收端提供了接收信号强度检测机制(RSSI)，通过峰值检波和 4bits ADC 电路的组合对输入信号进行量化处理。

PL4000 载波通信单元由两套独立工作的收发电路实现连续工作和过零点通信方式相关资源如下图：

工作方式	数据收发位	中断源	中断产生间隔
连续方式	P37	INT2	2ms
过零点方式	P36	INT1	10ms/50Hz

#### 3.2 编程指南

以过零点发送方式为例：

- 1、使能 INT1 中断 (EX1=1)，且为边沿触发方式 (IT1=1)。
- 2、使能载波通讯 PLM\_SSC(EXT\_CTRL.1)=1，此时 INT1 作为过零点方式下载波的



同步通讯中断，不再作为外部中断 1 用。

3、若要改变载波过零点发送时刻，可以修改 ZC\_OFFSET 过零点时刻偏移量寄存器的值。

4、若要发送数据则需向载波发送复位寄存器 PLM\_RST 写入“A2H”后，并将载波收发控制位 PLM\_RS (EXT\_CTRL. 0) 置 1。

5、当 INT1 有中断产生时，进入中断子程序，若是处于发送态，可将待发数据位送入 P3.6 发送，若是处于接收态，可以从 P3.6 读取载波接收到的数据。

### 3.3 寄存器

PLM\_RS (91H) 载波复位发送寄存器 Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解：该寄存器是用于防止因某些意外原因导致载波通讯模块长时间处于发送状态，使整个通讯系统处于失控状态而设置的。它是一个 13 位计数器，该计数器复位值为 1FFFH，当载波通讯模块处于发送状态时，该计数器以  $f_{osc}/256$  的速度递减，当计数器减到 0 时，载波发送模式被强制返回接收态。在由发送态转到接收状态时，该计数器停止工作，直到再次进入发送态。当确实需要使载波通讯模块长时间处于发送态时，必须在该计数器未减到 0 前进行复位操作，即向 PLM\_RST 寄存器写入“A2H”，计数器自动复位。

EXT\_CTRL (F8H) 外部控制寄存器 Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	--	--	--	IR38K	PLM_SSC	PLM_RS
Reset	--	--	--	--	--	0	0	0

注解：

PLM\_SSC 载波通讯功能使能，PLM\_SSC = 1 开启； PLM\_SSC = 0 关闭；

PLM\_RS 载波收发状态控制位，PLM\_RS = 1 发送； PLM\_RS = 0 接收；

**EXT\_ADR (D9H) 扩展地址寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	ADR7	ADR6	ADR5	ADR4	ADR3	ADR2	ADR1	ADR0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

EXT\_ADR: 扩展地址选择寄存器, 用于寄存器组寄存器地址的选取。

注: 本寄存器为地址指针, 中断时需入栈保护。

**EXT\_DAT (D8H) 扩展数据寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

EXT\_DAT: 扩展控制数据寄存器, 根据 EXT\_ADR 的地址所对应的寄存器组的寄存器, 写入数据或是读出数据。

**ZC\_OFFSET (0BH) 过零时刻偏置寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解:

ZC\_OFFSET: 过零时刻偏置寄存器。即在采用过零发送时, 发送起始时间可以比 ZCP 引脚输入的方波信号的上升/下降沿提前一定时间, ZC\_OFFSET 每增加 1, 则时间提前约  $26.7 \mu s$ 。

**SYNC\_V (0CH) 载波捕获门限寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	1	1	0	0	0	0

注解:

SYNC\_V 载波捕获门限寄存器: 载波通信单元为接收状态时, 用于设定本地与接收到的伪随机码序列相位同步的捕获门限值, 门限值设定越大, 相关性检测越严格。

**ZC\_CFG (0DH) 过零点配置寄存器**

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	ZC_ENA	--	--	--	--	--	--	--
Reset	0	--	--	--	--	--	--	--

注解:

ZC\_ENA 过零点发送方式使能, ZC\_ENA=1, 过零点发送; ZC\_ENA=0, 连续发送。

**PLM\_SATUS (0EH) 载波状态寄存器**

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	-	--	--	VFAIL	CORR	ZC_CORR R	SYNC	ZC_SYNC C
Reset	-	--	--	0	0	0	0	0

注解:

VFAIL 失压检测标志位, VFAIL = 1, 无过零点信号 (不能进行过零点发送/接收); VFAIL = 0, 有过零点信号。

CORR: 连续模式下相关标志, CORR = 1, 相关峰大于捕获门限值; CORR = 0, 相关峰小于捕获门限值。

ZC\_CORR: 过零点模式下相关标志, ZC\_CORR = 1, 相关峰大于捕获门限值; ZC\_CORR = 0, 相关峰小于捕获门限值。

SYNC: 连续模式下同步标志, SYNC = 1, 连续三次相关峰大于捕获门限值; SYNC = 0, 连续三次相关峰小于捕获门限值。

ZC\_SYNC: 过零点模式下同步标志, ZC\_SYNC = 1, 连续三次相关峰大于捕获门限值; ZC\_SYNC = 0, 连续三次相关峰小于捕获门限值。

**MAX\_CORR (0FH) 连续模式最大相关峰寄存器**

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解:

MAX\_CORR:连续模式下最大相关峰寄存器，指示每个伪码周期内最大的相关峰值，MAX\_CORR 值越大，信噪比越好。

#### ZC\_MAX\_CORR (10H) 过零点模式最大相关峰寄存器 Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解：

ZC\_MAX\_CORR:过零点模式下最大相关峰寄存器，指示每个伪码周期内最大的相关峰值，ZC\_MAX\_CORR 值越大，信噪比越好。

#### RSSI (11H) 接收信号强度检测寄存器 Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	RD_ENA	--	--	--	POWER[3:0]			
Reset	0	--	--	--	0			

注解：

RD\_ENA: 读取接收信号强度使能，软件置 1，硬件完成检测后清零。

POWER[3:0]:接收信号强度指示位，4bits 无符号数, 数值越大接收信号越强。

#### WP\_ENA (1EH) 写保护使能寄存器 Only Read

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解：

WP\_ENA 写保护使能寄存器： 向 WP\_ENA 写入 5AH 时，打开写保护，写入其他数据时关闭写保护。

## 4. 四通道硬件定时器

### 4.1 功能简述

PL4000 提供了 4 个通道独立的硬件定时器，可由软件配置 Tx\_SEL 位控制单位定时

长度为 10ms 或者 100ms。当软件向 TIMERx\_VAL 寄存器写入不为零的值时，硬件定时器立刻启动定时，且 Tx\_ZERO 位被硬件置为高电平，在每次累加到定时单位长度时(TX\_SEL 位决定 10ms 或者 100ms) TIMERx\_VAL 寄存器减 1，当 TIMERx\_VAL 值为零后，Tx\_ZERO 位立刻被硬件置为低电平。MCU 可以通过查询 Tx\_ZERO 位的状态，确定定时是否结束。

## 4.2 编程指南

- 1 设置单位定时长度，对 Tx\_SEL 位写入“1”单位定时长度为 100ms，写入“0”单位定时长度为 10ms。
- 2 设置定时长度，对 TIMERx\_VAL 写入需要设定的时间值。
- 3 MCU 查询 Tx\_ZERO 位是否为 0，若为 0 定时完成，若为 1 则等待。

## 4.3 相关寄存器

**EXT\_ADR (D9H) 扩展地址寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	ADR7	ADR6	ADR5	ADR4	ADR3	ADR2	ADR1	ADR0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

EXT\_ADR: 扩展地址选择寄存器，用于寄存器组寄存器地址的选取。

**EXT\_DAT (D8H) 扩展数据寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

EXT\_DAT: 扩展控制字数据寄存器，根据 EXT\_ADR 的地址所对应的寄存器组的寄存器，写入数据或是读出数据。

**TIMER\_CON (12H) 定时器控制寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	T4_ZERO	T4_SEL	T3_ZERO	T3_SEL	T2_ZERO	T2_SEL	T1_ZERO	T1_SEL
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解:

T4\_ZERO: 定时器通道 4 定时归零标志, T4\_ZERO = 1, 定时期间; T4\_ZERO = 0, 定时完成。

T4\_SEL: 定时器通道 4 单位定时长度选择位, T4\_SEL=1, 单位定时长度为 100ms; T4\_SEL=0, 单位定时长度为 10ms。

T3\_ZERO: 定时器通道 3 定时归零标志, T3\_ZERO = 1, 定时期间; T3\_ZERO = 0, 定时完成。

T3\_SEL: 定时器通道 3 单位定时长度选择位, T3\_SEL=1 单位定时长度为 100ms; T3\_SEL=0, 单位定时长度为 10ms。

T2\_ZERO: 定时器通道 2 定时归零标志, T2\_ZERO = 1, 定时期间; T2\_ZERO = 0, 定时完成。

T2\_SEL: 定时器通道 2 单位定时长度选择位, T2\_SEL=1, 定时长度为 100ms; T2\_SEL=0, 单位定时长度为 10ms。

T1\_ZERO: 定时器通道 1 定时归零标志, T1\_ZERO = 1, 定时期间; T1\_ZERO = 0, 定时完成。

T1\_SEL: 定时器通道 1 单位定时长度选择位, T1\_SEL=1, 单位定时长度为 100ms, T1\_SEL=0, 单位定时长度为 10ms。

#### TIMER1\_VAL (13H) 定时器通道 1 定时值寄存器

WRITE

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解:

TIMER1\_VAL: 通道 1 定时器定时值, 当 TIMER1\_VAL 不为零时, 硬件开始启动定时, 直到递减至为 0, 单位定时长度由 T1\_SEL 位决定。

#### TIMER2\_VAL (14H) 定时器通道 2 定时值寄存器

WRITE

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解:

TIMER2\_VAL: 通道 2 定时器定时值, 当 TIMER2\_VAL 不为零时, 硬件开始启动定时,

直到递减至为 0，单位定时长度由 T2\_SEL 位决定。

#### TIMER3\_VAL (15H) 定时器通道 3 定时值寄存器

WRITE

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解：

TIMER3\_VAL：通道 3 定时器定时值，当 TIMER3\_VAL 不为零时，硬件开始启动定时，直到递减至为 0，单位定时长度由 T3\_SEL 位决定。

#### TIMER4\_VAL (16H) 定时器通道 4 定时值寄存器

WRITE

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解：

TIMER4\_VAL：通道 4 定时器定时值，当 TIMER4\_VAL 不为零时，硬件开始启动定时，直到递减至为 0，单位定时长度由 T4\_SEL 位决定。

## 5. 嵌入式 ROM 数据存储器

### 5.1 功能简述

提供了 32K (PL4000A) 或 4K (PL4000B) 字节的片内 ROM 数据存储区, CPU 可以通过特定的指令序列启动芯片内部的硬件逻辑, 将指定的 RAM 中的数据写入到 ROM 数据存储区指定的位置, 或是将 ROM 数据存储区中的数据读出到 RAM 中指定的位置。在编程或读取数据期间, CPU 将被自动挂起; 完成操作后, 硬件自动激活 CPU, 程序将继续运行。

### 5.2 编程指南

对 ROM 数据存储区的操作, 需要在一定的时间内 (**64 个指令周期**) 连续的进行一系列特定的指令序列才可以启动硬件逻辑, 若是在指定的时间内没有完成指定序列的操作, 硬件逻辑将认为超时, 已经执行的序列指令被视为无效, 需要重新开始执行该序列指令。需要注意的是, 同片内 ROM 数据存储区交互的 RAM 为外部 RAM, 地址范围为 1E00H—1EFFH, 启动指令序列如下:

- 1、解除写保护, EXT\_ADR 写入 1EH, EXT\_DAT 写入 5AH。
- 2、设置 ROM 数据存储区的起始字节地址, EXT\_ADR 写入 E0H, EXT\_DAT 写入要设定的数据存储区的起始低位地址。EXT\_ADR 写入 E1H, EXT\_DAT 写入要设定的数据存储区的高位地址。
- 3、设置 RAM 的起始地址, EXT\_ADR, 写入 E2H, EXT\_DAT 写入要设定的 RAM 起始地址。
- 4、设置 RAM 操作字节的个数, EXT\_ADR 写入 E3H, EXT\_DAT 写入要设定的 RAM 操作个数。
- 5、启动读或是编程使能, EXT\_ADR 写入 E4H, EXT\_DAT 写入 01H 将启动对 ROM 数据存储区的编程使能, 若写入 10H 则将启动读使能。
- 6、写保护使能, EXT\_ADR 写入 1EH, EXT\_DAT 写入 00H。

下面举例说明:

```
MOV DPH, #1E          ;外部 RAM 高位地址
```



```

MOV R1, #20H          ;外部 RAM 起始地址
MOV A, #10H           ;起始数据
LP:
MOVX @R1, A
INC A
INC R1
CJNE R1, #30H, LP     ;外部 RAM 中地址 1E20H—1E30H 中的数据为 10H—1FH
MOV EXT_ADR, #1EH    ;打开写保护
MOV EXT_DAT, #5AH

```

**对 ROM 数据存储区操作时（包括读和编程），需要首先打开写保护。**

```

MOV EXT_ADR, #0E0H   ;ROM 数据存储区低位起始地址
MOV EXT_DAT, #00H    ;00H
MOV EXT_ADR, #0E1H   ;ROM 数据存储区高位起始地址
MOV EXT_DAT, #00H    ;00H
MOV EXT_ADR, #0E2H   ;外部 RAM 字节起始地址
MOV EXT_DAT, #20H    ;1E20H
MOV EXT_ADR, #0E3H   ;RAM 的个数
MOV EXT_DAT, #10H    ;16 个数据
MOV EXT_ADR, #0E4H   ;编程/读地址
MOV EXT_DAT, #01H    ;编程使能
MOV EXT_ADR, #1EH    ;关闭写保护
MOV EXT_DAT, #00H

```

执行上述指令后，硬件逻辑将 RAM 地址 1E20H—1E2FH 中的数据写入到 E<sup>2</sup>PROM 数据存储区 0000H—000FH 地址中，共 16 个字节。

```

MOV EXT_ADR, #1EH    ;打开写保护
MOV EXT_DAT, #5AH
MOV EXT_ADR, #0E0H   ;ROM 数据存储区低位起始地址
MOV EXT_DAT, #00H    ;00H

```

```

MOV    EXT_ADR, #0E1H    ;ROM 数据存储区高位起始地址
MOV    EXT_DAT, #00H     ;00H
MOV    EXT_ADR, #0E2H    ;外部 RAM 字节起始地址
MOV    EXT_DAT, #50H     ;1E50H
MOV    EXT_ADR, #0E2H    ;RAM 的个数
MOV    EXT_DAT, #10H     ;16 个数据
MOV    EXT_ADR, #0E3H    ;编程/读地址
MOV    EXT_DAT, #10H     ;读使能
MOV    EXT_ADR, #1EH     ;关闭写保护
MOV    EXT_DAT, #00H

```

执行上述指令后，硬件逻辑将 ROM 数据存储区 00H-0FH 中的数据读出并写到外部 RAM 地址 1E50H-1E5FH 中。

#### 注意事项：

- 1、看门狗在对数据存储区进行操作是也会工作，当要进行大容量的数据交换是注意喂狗时间，需要定时喂狗。
- 2、数据存储区以页为单位，每页为 128 个字节
- 3、对数据存储区编程只能以页为单位，并且不能够跨页操作。
- 4、对数据存储区进行编程操作时，如果仅修改一页中的部分数据字节，需要先将该页的数据读出到 RAM 中，修改后，再将该页数据写回原地址。

页数	起始地址	结束地址
0	0000h	007fh
1	0080h	00ffh
2	0100h	017fh
3	0180h	01ffh
...	...	...
30	0f00h	0f7fh
31	0f80h	0f00h

4K Bytes 数据存储区页地址分配表 (PL4000B)

页数	起始地址	结束地址
0	0000h	007fh

1	0080h	00ffh
2	0100h	017fh
3	0180h	01ffh
...	...	...
254	7f00h	7f7fh
255	7f80h	7fffh

32K Bytes 数据存储区页地址分配表 (PL4000A)

### 5.3 相关寄存器

**EXT\_ADR (D9H) 扩展地址寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	ADR7	ADR6	ADR5	ADR4	ADR3	ADR2	ADR1	ADR0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

EXT\_ADR: 扩展地址选择寄存器, 用于寄存器组寄存器地址的选取。

**EXT\_DAT (D8H) 扩展数据寄存器** Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

EXT\_DAT: 扩展控制数据寄存器, 根据 EXT\_ADR 的地址所对应的寄存器组的寄存器, 写入数据或是读出数据。

**EBYTE\_ADR\_L (EXT\_ADR=E0H) 数据存储区起始地址低位寄存器** Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

**EBYTE\_ADR\_H (EXT\_ADR=E1H) 数据存储区起始地址高位寄存器** Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D0
Reset	--	0	0	0	0	0	0	0

注解:

EBYTE\_ADR: 数据存储区的起始地址寄存器, 用于设置编程或读取操作数据存储区的起始地址。

RAM\_ADR\_L (EXT\_ADR=E2H) RAM 起始地址寄存器

Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解:

RAM\_ADR\_L: RAM 起始地址寄存器, 编程模式时, 作为 RAM 的数据写入到数据存储区的起始地址; 读模式时, 作为数据存储区的数据被读到 RAM 的起始地址。

RAM\_N (EXT\_ADR= E3H)

RAM 操作个数寄存器

Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解:

RAM\_N: RAM 操作个数寄存器, 编程模式时, 为 RAM 的数据写入到数据存储区的进行编程的个数, 最大个数为 128; 读模式时, 为数据存储区的数据被读到 RAM 的个数, 最大个数为 255。

PGM/READ (EXT\_ADR=E4H) 编程/读使能寄存器

Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解:

PGM/READ: 编程/读使能寄存器, 当设定的数据为 01H 时, 将启动编程模式, 设定的数据为 10H 时, 将启动读模式。当设定的数据位 11H 时, 将读取芯片序列号。

WP\_ENA (EXT\_ADR=1EH) 写保护使能寄存器

R/W

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Reset	0	0	0	0	0	0	0	0
-------	---	---	---	---	---	---	---	---

注解:

WP\_ENA 写保护使能寄存器: 向 WP\_ENA 写入 5AH 时, 打开写保护, 写入其他数据时关闭写保护。当要对数据存储区进行读写操作时必须打开写保护。

## 6. 程序与数据的下载

PL4000 的嵌入式 MCU 是 8051 指令兼容的微处理器内核, 所以用户在开发时只需使用 8051 的软件仿真/编译器即可 (比如伟福、万利、TKS Studio 等)。将编译后的目标代码 HEX 文件通过晓程公司的下载软件 PL4000PRO.exe、配合串行编程器下载到内的 FLASH 程序存储器中。

本公司提供的在系统编程下载器以及相关的 PC 机软件 PL4000PRO.exe。

## 7. 芯片手册更新记录

版本	发行日期	修改说明	备注
V1.0	2013/05/20	初始版本	
V1.1	2014/03/10	修正了引脚说明	

附录 1 特殊功能寄存器(SFR)表

REGISTER	BIT 7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT 3	BIT2	BIT1	BIT0	ADDRESS	ACCESS
P0	P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0	80H	R/W
SP									81H	R/W
DPL									82H	R/W
DPH									83H	R/W
STATUS	SMOD	SMOD	WDT	PU					87H	R
PCON	SMOD	SMOD					STOP	IDLE	87H	W
TCON	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	88H	R/W
TMOD	GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0	89H	R/W
TL0									8AH	R/W
TL1									8BH	R/W
TH0									8CH	R/W
TH1									8DH	R/W
CKCON	RST1	RST0	WDT2	WDT1	WDT0	CK2	CK1	CK0	8EH	R/W
WDT_RST	看门狗复位发送定时器 A1H								8FH	W
P1	P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0	90H	R/W
PLM_RST	载波复位发送控制器 A2H								91H	W
IR_CNT	38K 红外通讯分频控制器								93H	W/R
SCON0	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	98H	R/W

SBUF0									99H	R/W
P2	P2. 7	P2.6	P2.5	P2.4	P2. 3	P2.2	P2.1	P2.0	A0H	R/W
IE	EA	ES1	ET2	ES0	ET1	EX1	ET0	EX0	A8H	R/W
EIE								EX2	A9H	R/W
P3	P3. 7	P3.6	P3.5	P3.4	P3. 3	P3.2	P3.1	P3.0	B0H	R/W
IP		PS1	PT2	PS0	PT1	PX1	PT0	PX0	B8H	R/W
EIP								PX2	B9H	R/W
SCON1	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	C0H	R/W
SBUF1									C1H	R/W
TCON2			TF2	TR2			IE2	IT2	C8H	R/W
TMOD2			T2_SE L	T1_SE L	GAT E	C/T	M1	M0	C9H	R/W
TL2									CCH	R/W
TH2									CDH	R/W
PSW	CY	AC	F0	RS0	RS1	OV	ALU_MO D	P	D0H	R/W
EXT_DAT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	D8H	R/W
EXT_ADR	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	D9H	R/W
ACC									E0H	R/W
ACC_H									E1H	R/W
B									F0H	R/W
B_H									F1H	R/W
EXT_CTR L						IR38 K	PLM_SS C	PLM_R S	F8H	R/W

## 附录 2 扩展寄存器表

REGISTER	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0	ADDRESS	ACCESS
ZC_OFFSET									0BH	R/W
SYNC_V	载波同步门限，默认 30H								0CH	R/W
ZC_CON	ZC_ENA								0DH	R/W
PLM_STATUS				VFAIL	CORR	ZC_CORR	SYNC	ZC_SYNC	0EH	R
MAX_CORR									0FH	R
ZC_MAX_CORR									10H	R
SIG_POWER	RD_ENA				D3	D2	D1	D0	11H	R/W
TIMER_CON	T4_ZERO	T4_SEL	T3_ZERO	T3_SEL	T2_ZERO	T2_SEL	T1_ZERO	T1_SEL	12H	R/W
TIMER1_VAL									14H	W
TIMER2_VAL									13H	W
TIMER3_VAL									15H	W
TIMER4_VAL									16H	W
WP Register	数据为 5AH 时，打开写保护，否则将关闭写保护或写保护不能被打开								1EH	W
EBYTE_ADR_LB	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	E0H	W
EBYTE_ADR_HB			D13	D12	D11	D10	D9	D8	E1H	W



RAM_ADR_L	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	E2H	W
RAM_N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	E3H	W
PGM/READ	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	E4H	W