

芯 片 手 册

版本 1.2

目 录

芯 片 手 册	1
目 录	1
PL3000 系列芯片特点及功能概述.....	3
1) 特点	3
2) 功能概述	3
电能计量部分（必须使用 9.6MHz 晶体）:	3
微处理器部分:	4
外围部分:	4
PL3000 系列芯片技术指标、封装和管脚定义.....	4
1) 电器参数	4
2) 极限参数	5
3) 封装参数	5
PL3000 系列芯片工作原理及应用指南.....	12
1. 芯片内部功能模块框图	12
2. 各模块工作原理及应用指南	12
1) 电能计量模块	12
电能计量工作原理	12
计量输出设置	13
计量部分与 8051 数据交换	13
电能计量工作过程	14
寄存器	14
2) 增强型 8051 的微处理器 MCU	19
8051 MCU 资源配置	19
程序控制部分功能	19
上电复位与电源监测	22
看门狗定时器	23
3) LCD/LED 显示驱动	24
功能简述	24
LED 编程指南	24
LCD 编程指南	25
低功耗模式下循显编程指南	26
4) UART 功能	28
功能简述	28
编程指南	28

寄存器	28
5) <i>FGEN</i> 可编程频率发生器功能	29
功能简述	29
编程指南	29
寄存器	29
6) <i>TS</i> 温度频率转换器	30
功能简述	30
编程指南	30
寄存器	31
7) <i>ISO7816</i> 功能	31
功能简述	31
编程指南	32
寄存器	32
8) 嵌入式 <i>E2PROM</i> 数据存储器	36
功能简述	36
编程指南	36
寄存器	37
9) 在系统编程与下载工具	38
功能简述	38
编程指南	40
程序与数据的下载	42
10) 实时钟及其数字调校	42
功能简述	42
编程指南	42
寄存器	44
PL3000 系列芯片的使用及典型应用举例	45
校表	45
单相复费率多功能电表应用	47
电能计量应用一（电压/电流互感器采样方式）	48
电能计量应用二（锰铜电阻分压采样方式）	48
红外通讯	48
LCD 显示驱动	48
附录 A: PL3000 系列寄存器快速查询表	48
PL3000 系列特殊功能寄存器（SFR）列表	48
电能计量单元（PMU）地址分配表	49
（必须使用 9.6MHz 晶体）	49
外部设备地址分配表	50

PL3000 系列芯片特点及功能概述

1) 特点

采用 0.35um 超大规模数/模混合 CMOS 制造工艺；
拥有多项自主知识产权的 SoC (System on Chip) 设计；
内置高精度数字多功能电能计量电路，计量标准完全符合国标 GB/T 17883 和 GB/T 17215 (等效于 IEC687/1036)。计量精度达到在 1000:1 的动态范围内误差小于 0.1%；
电流通道内置可程序设定增益放大器 (PGA)；
内置双通道电流采样、正/负功指示数字逻辑电路；
内置有功功率和无功功率计量电路；
内置电压/电流有效值、相电压频率测量电路；
内嵌增强型 8051 兼容微处理器；
内置 256+768 bytes SRAM；
内置 8K bytes Flash ROM (擦写次数不少于 1 万次) 程序存储器；
内置 60 bytes E²PROM (擦写次数不少于 10 万次) 数据存储器；
内置两个可灵活配置的全双工多功能 UART；
内置三个 8/16 位定时/计数器，一个看门狗定时器以及三个外部中断源；
内置双通道 ISO7816 接口电路，完全符合国标 GB/T 16649；
内置可编程频率发生器电路；
内置 4x24 段 LCD 显示控制/驱动电路或 8*8 段 LED 显示控制/驱动电路；
内置可数字频率校正的实时钟，并具有秒脉冲输出；
内置可对电能计量精度和实时钟精度进行温度分段线性补偿的温度频率转换器；
内置 2.5V ± 8% 电压源基准；
内置串程序存储器编程接口，支持在系统编程 (ISP)；
采用 5V 单电源供电；
内置完善的电源电压监测电路；
温度适用范围 (工业级标准) -40 -- +85 ；

2) 功能概述

电能计量部分 (必须使用 9.6MHz 晶体)：

提供高精度电能计量；
提供有功功率和无功功率瞬时值输出 (应用于仪表校验)；
指示正/负功；
双通道电流采样，具备防窃电功能；
电流通道内置可调增益放大器 (PGA)，方便电能计量的多种采样方式；
具有电压/电流有效值测量以及相电压频率测量功能；
具有电压过零点和方向指示功能；

微处理器部分：

内嵌的增强型 8051 兼容微处理器，配置 8/16 位 ALU、256+768 bytes SRAM 以及 8K bytes E²PROM、三个 8/16 位定时/计数器，一个看门狗定时器以及三个外部中断，为用户提供丰富的嵌入式资源和理想的应用开发平台；

超级指令流水线架构，同等主频情况下 8 倍速于标准 8051 微处理器；

两个全双工 UART，其中 UART0 可配置为 38KHz 红外通信模式。

PL3000A 只有 UART0，PL3000B 有 UART0 和 UART1。

外围部分：

双通道 ISO7816 接口电路，可分别与 IC 卡或 ESAM/PSAM 进行数据通信，支持 T=0 协议，且 IC 卡接口支持外置保护电路逻辑。

PL3000A 只有单通道 IC 卡接口，PL3000B 具有全部双通道接口。

可编程频率发生器电路，输出频率可软件配置（1.35kHz—5kHz）。

数据存储区交互电路：支持 RAM 到数据存储区的编程或数据存储区到 RAM 的读操作功能。

提供 4*32 段 LCD 显示控制/驱动电路或 8x8 段 LED 显示控制/驱动电路，使显示模式更加灵活。同时，支持电池供电的低功耗运行模式（32kHz），实现停电抄表功能（PL3000A 只支持 4*24 段 LCD 驱动）。

根据系统电源及后备电源的情况（使用电源电压监测电路），完成工作模式的自动转换以及 MCU、外围电路的复位的功能。

串程序存储器编程接口，可实现用户的在系统编程/验证及代码保护功能。

数字频率校正的实时钟（RTC）以 BCD 码形式提供年、月、日、星期、时、分、秒和自动闰年闰月（2000-2099）功能。

PL3000 系列芯片技术指标、封装和管脚定义

1) 电器参数

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

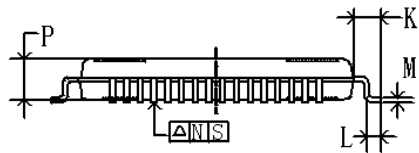
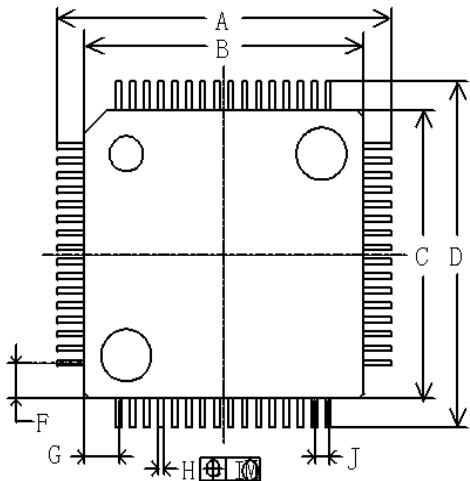
测量项目	符号	测试条件	测量点	最小	典型	最大	单位
工作电流	I_{wmax}	所有功能使能			12		mA
	I_{wmin}	所有功能禁用			9		mA
工作电压	V_w	标准			$5 \pm 10\%$		V
参考电压	V_{REF}				$2.5 \pm 8\%$		V
参考电压温度系数					30		ppm/

模拟输入(Vpp)		相对 AGND	UP, UN I1P, I1N I0P, I0N			± 300	mV
			SIGin			800	
时钟输入	OSC			1	9.6	20	MHz
有功功率误差					± 1‰		
无功功率误差					± 5‰		
输入	VIH			2.4			V
	VIL					0.8	V
输出	VOH	I0H=3mA		4.0			V
	VOL	I0L=10mA				0.4	V
直流电源抑制 (输出频率误差)		± 250mV			0.2%		
交流电源抑制 (输出频率误差)		200mV, 100Hz, 纹波			± 0.3%		
ADC 失调		模拟输入 直流失调				± 13	mV
增益误差		无失调			± 4		%
相位误差					0	0	

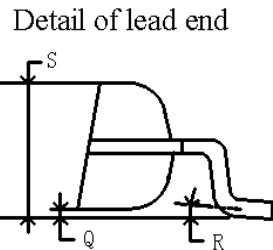
2) 极限参数

项目	符号	极值	单位
储藏温度	TSTR	-60 ~ +150	
结温	TSR	+150	
焊接温度 (焊接 10 秒)	TILT	+230	
汽相焊接 (60 秒)	TS	+215	
红外焊接 (15 秒)	TIF	+220	
工作温度	TOPR	-40 ~ +85	
电源电压	AVDD, DVDD	7	V

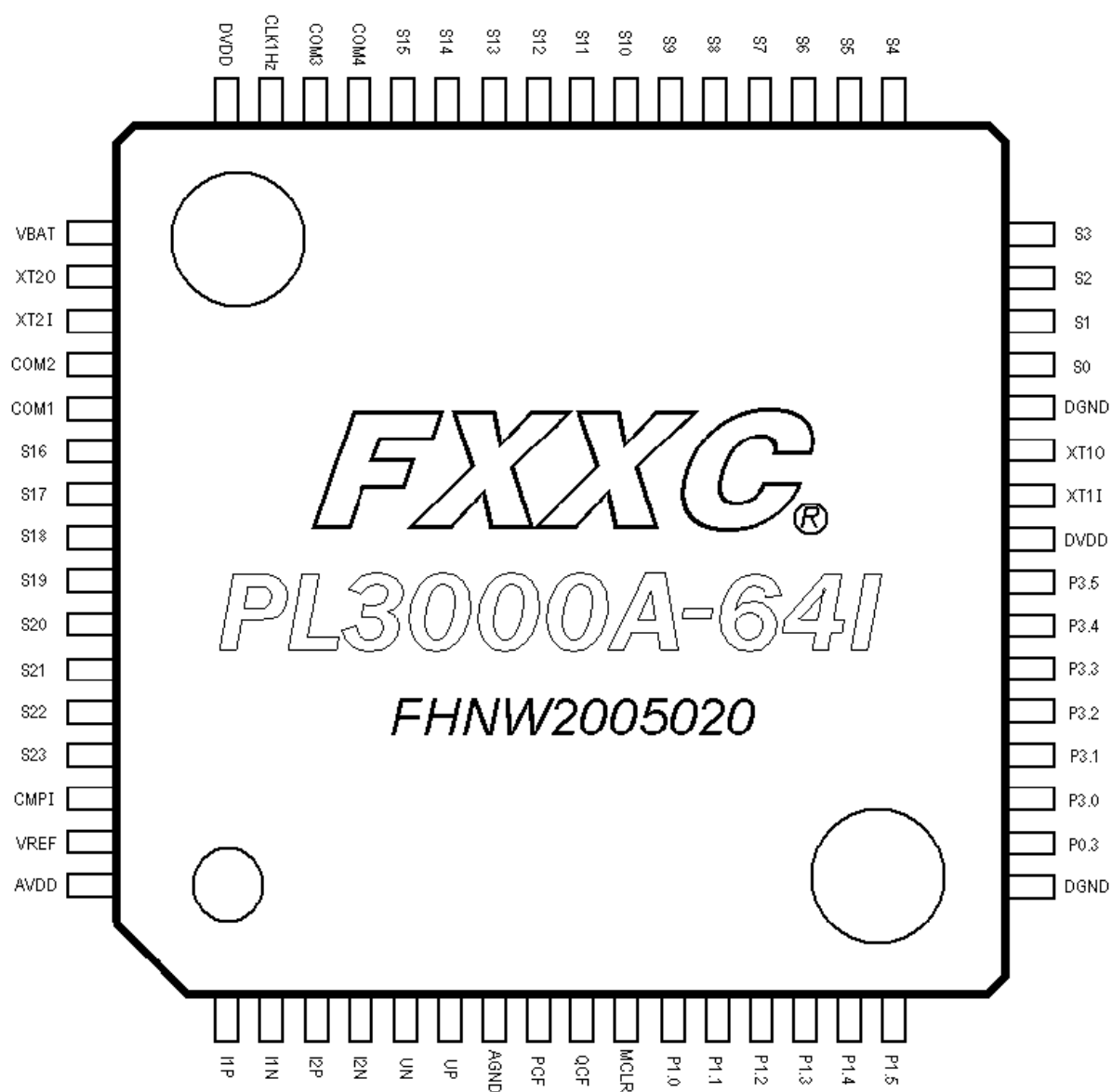
3) 封装参数

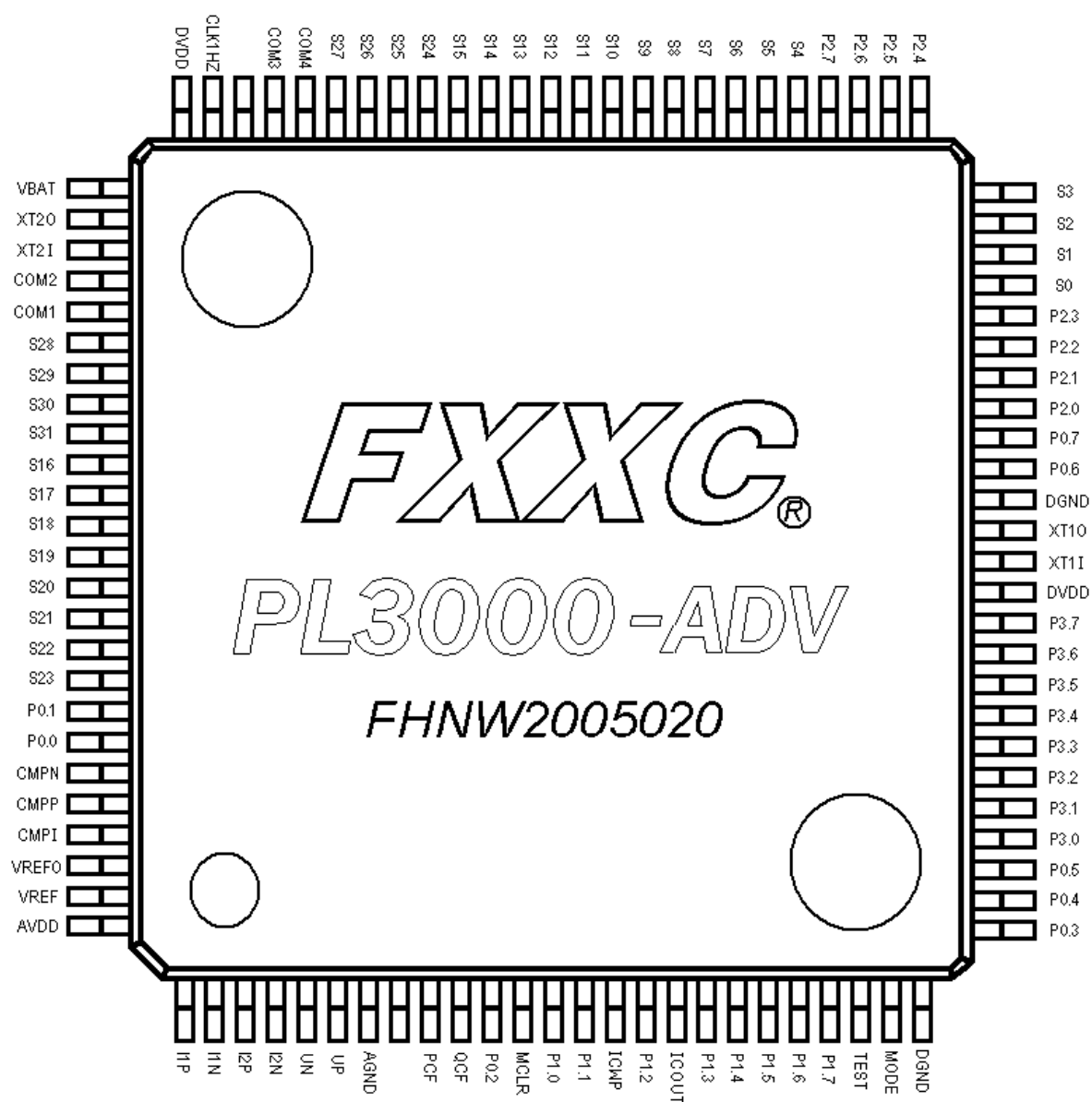


PL3000 - LQFP64



ITEM	MILLIMETERS	INCHES
A	12.0±0.4	0.472±0.016
B	10.0±0.2	0.394±0.008
C	10.0±0.2	0.394±0.008
D	12.0±0.4	0.472±0.016
F	1.25±0.1	0.049±0.004
G	1.25±0.1	0.049±0.004
H	0.2±0.1	0.008±0.004
I	0.13	0.005
J	0.5 (T.P.)	0.020 (T.P.)
K	1.0±0.2	0.039±0.008
L	0.5±0.2	0.020±0.008
M	0.127 ^{+0.10} _{-0.05}	0.005 ^{+0.004} _{-0.002}
N	0.10	0.004
P	1.4 (T.P.)	0.055 (T.P.)
Q	0.1±0.1	0.004±0.004
R	3° ^{+7°} _{-3°}	3° ^{+7°} _{-3°}
S	1.7 MAX	0.067 MAX





管脚定义

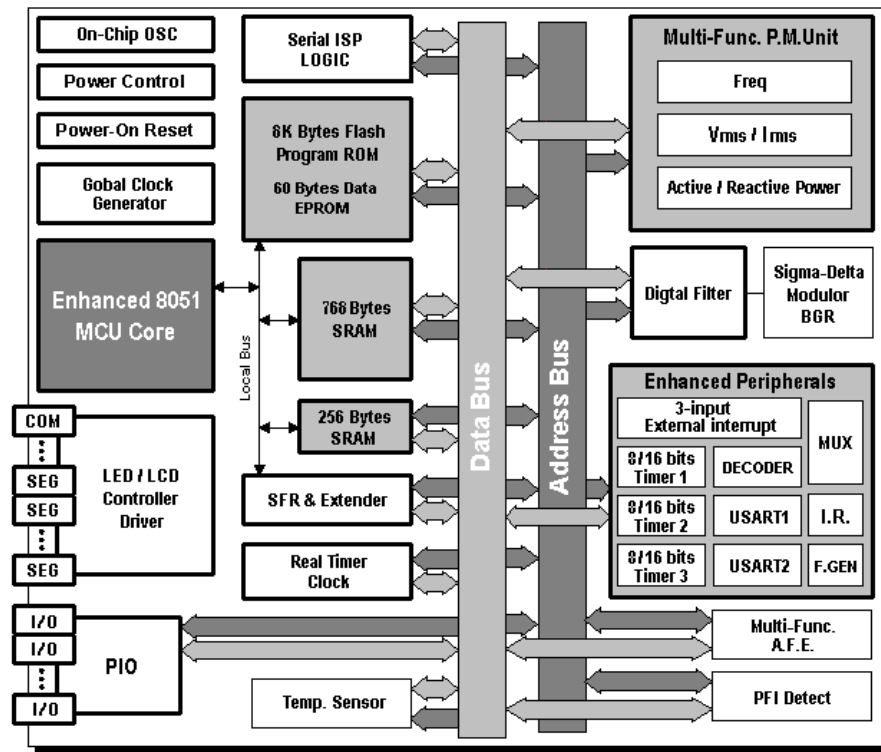
	Pin No.		I/O	Description
	64	100		
I1P	1	1	I	电流通道 1 模拟信号全差分输入端 (典型 V_{p-p} , 450mV 满量程, PGA=4)
I1N	2	2	I	
I2P	3	3	I	电流通道 2 模拟信号全差分输入端 (典型 V_{p-p} , 450mV 满量程, PGA=4)
I2N	4	4	I	
UN	5	5	I	电压通道模拟信号全差分输入端 (典型 V_{p-p} , 450mV 满量程)
UP	6	6	I	
AGND	7	7	PWR	芯片模拟部分电源地 (模拟部分地要与数字部分地分开)
PCF	8	9	0	无功瞬时功率脉冲输出 (校表用)
QCF	9	10	0	有功瞬时功率脉冲输出 (校表用)
P0.2		11	I/O	
MCLR	10	12	I	全芯片手动复位输入, 上升沿、下降沿均触发 (正常工作时要置 1)
P1.0	11	13	I/O	微处理器 8051 I/O 端口 (端口复用说明: P1.0 与在线编程的串行时钟输入复用; P1.1 与在线编程的串行数据输入/输出复用; P1.2 与 IC 卡数据的输入输出复用; P1.3 与频率发生器输出复用; P1.4 与 INT2 复用)
P1.1	12	14	I/O	
ICWP		15	0	
P1.2	13	16	I/O	
ICOUT		17	0	
P1.3	14	18	I/O	
P1.4	15	19	I/O	
P1.5	16	20	I/O	
P1.6		21	I/O	
P1.7		22	I/O	
DGND	17	25	PWR	芯片数字部分电源地 (注: 有两个数字电源地, 并且要接在一起)
P0.3	18	26	I/O	微处理器 8051 I/O 端口 端口复用说明: P0.3 与 IC 卡时钟输出端复用; 与 UART0 复用 (P3.0 作 RXD, P3.1 作 TXD) 并可使能为 38KHz 红外线 载波调制输出; P3.2 与 INT0 复用; P3.3 与 INT1 复用; P3.4 与定时/计数器中断 0 复用; P3.5 与定时/计数器中断 1 复用
P0.4		27	I/O	
P0.5		28	I/O	
P3.0	19	29	I/O	
P3.1	20	30		
P3.2	21	31		
P3.3	22	32	I/O	
P3.4	23	33	I/O	
P3.5	24	34	I/O	
P3.6		35	I/O	
P3.7		36	I/O	
DVDD	25	37	PWR	芯片数字部分电源 (注: 有两个数字电源引脚, 需同时接+5V)

XT1I	26	38	I	9.6MHz 振荡器输入
XT10	27	39	0	9.6MHz 振荡器输出
DGND	28	40	PWR	芯片数字部分电源地
P0.6		41	I/O	
P0.7		42	I/O	
P2.0		43	I/O	
P2.1		44	I/O	
P2.2		45	I/O	
P2.3		46	I/O	
S0	29	47	0	LCD SEG 驱动引脚
S1	30	48	0	
S2	31	49	0	
S3	32	50	0	
P2.4		51	I/O	
P2.5		52	I/O	
P2.6		53	I/O	
P2.7		54	I/O	
S4	33	55	0	
S5	34	56	0	
S6	35	57	0	
S7	36	58	0	
S8	37	59	0	
S9	38	60	0	
S10	39	61	0	
S11	40	62	0	
S12	41	63	0	
S13	42	64	0	
S14	43	65	0	
S15	44	66	0	
S24		67	0	
S25		68	0	
S26		69	0	
S27		70	0	
COM4	45	71	0	LCD COM 驱动引脚
COM3	46	72	0	
CLK1Hz	47	74	0	时钟校准输出端
DVDD	48	75	PWR	芯片数字部分电源
VBAT	49	76	PWR	实时钟电源 (实时钟功能不用时可以悬空)
XT20	50	77	0	32768Hz 实时钟振荡器输出
XT2I	51	78	I	32768Hz 实时钟振荡器输入
COM2	52	79	0	LCD COM 驱动引脚

COM1	53	80	0	
S28		81	0	LCD SEG 驱动引脚
S29		82	0	
S30		83	0	
S31		84	0	
S16	54	85	0	
S17	55	86	0	
S18	56	87	0	
S19	57	88	0	
S20	58	89	0	
S21	59	90	0	
S22	60	91	0	
S23	61	92	0	
P0.1		93	I/O	
P0.0		94	I/O	
CMPI	62	97	I	主电源掉电监测比较器输入端 (掉电检测功能不用时悬空)
VREF0		98	0	内置电压基准源输出
VREF	63	99	I/O	内置电压基准源输入/输出
AVDD	64	100	PWR	芯片模拟部分电源 (模拟部分电源要与数字部分电源分开)

PL3000 系列芯片工作原理及应用指南

1. 芯片内部功能模块框图



PL3000 逻辑功能框图

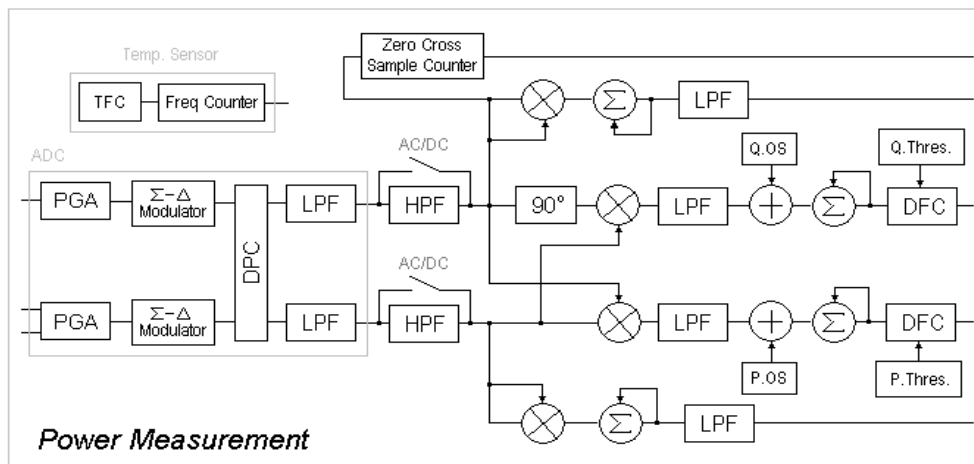
2. 各

模块工作原理及应用指南

1) 电能计量模块

电能计量工作原理

在这里首先介绍电能计量模块内部的原理框图



名词解释 TFC：温度/频率转换器
Freq Counter：频率计数器
PGA：程控增益放大器
DPC：数字相位校正
LPF：低通滤波器：
HPF：高通滤波器
DFC：数字/频率转换器

具体过程：首先，实现对电流、电压的采样；然后，经过放大电路放大，通过 A/D 转换器转换成为数字信号；接下来经过数字滤波、移相以及相乘、积分等处理；最终，得到有效的电能计量数据。从而，完成对有功/无功功率、瞬时电流和电压的有效值以及当前的交流频率值的计量，计算。

计量电路可以由软件来控制选取两路电流采样信号中的某一路。在计量模块内部与电压采样结果进行乘法处理，计算得到有功功率、无功功率。上电复位时默认为第一路 ADC 采样作为电流通道的输入。

计量输出设置

- 有功电能 PCF；
- 无功电能 QCF；

校表方式：软件模式，通过 8051 将校表数据写入到校表专用的寄存器中。

有功校表：调整 Pgate_HB、Pgate_LB、Poff_HB、Poff_LB 寄存器的值。

无功校表：调整 Qgate_HB、Qgate_LB、Qoff_HB、Qoff_LB 寄存器的值。

计量部分与 8051 数据交换

计量模块与 8051 之间是并行通讯，通过寄存器以及中断进行控制。PL3000 系列内部的嵌入式微处理器 8051 可以通过特殊功能寄存器（SFR）地址直接访问计量模块内部的寄存器。

电能计量单元的寄存器主要分为控制寄存器、标识寄存器、校表寄存器和数据寄存器四类。

- 控制寄存器：控制计量部分的工作模式。

防窃电工作方式：上电初始化为 0，选择 0 通道电流

有功脉冲计数模式选择：上电初始化为 0，绝对相加

无功脉冲计数模式选择：上电初始化为 0，绝对相加

直流和交流电电能计量模式选择：上电初始化为 0，交流模式

电能计量使能控制：上电初始化为 1，使能有效

有功功率计量中断/查询模式使能控制：上电初始化为 0，查询模式

无功功率计量中断/查询模式使能控制：上电初始化为 0，查询模式

ADC 增益选择：上电初始化为 00，4 倍增益；01、10、11 分别为 8、16、32 倍增益

防潜动门限寄存器：8 位无符号数，上电初始值为 00

- 校表寄存器：8051 将校表数据写入其中对电能计量进行校准

- 有功计量门限：16 位无符号数，上电初始化为 7fff
- 有功线性补偿：16 位有符号数，上电初始化为 0000
- 无功计量门限：16 位无符号数，上电初始化为 7fff
- 无功线性补偿：16 位有符号数，上电初始化为 0000
- 标识寄存器：产生相关计量标识。
 - A/D 转换结束标识：1，转换中；0，转换结束
 - 有功功率计量脉冲标识：1 有效
 - 有功功率正负标识：1，负功；0，正功
 - 无功功率计量脉冲标识：1 有效
 - 无功功率正负标识：1，负功；0，正功
 - 电流电压采样转换结束表示：1，转换中；0，转换结束
 - 电压过零点表示：1，过零点；0，非过零点
 - 电压过零点方向表示：1，正向过零点；0，负向过零点；
- 数据寄存器：传输计量数据到 8051
 - 电压采样转换值：16 位有符号数
 - 电流采样转换值：16 位有符号数
 - 有功计量脉冲计数值：8 位无符号数
 - 无功计量脉冲计数值：8 位无符号数
 - 电压计量值：32 位无符号数
 - 电流计量值：32 位无符号数
 - 电压/电流计量采样周波数：16 位无符号数
 - 交流频率计量值：16 位无符号数
 - 瞬时有功功率值：32 位有符号数
 - 瞬时无功功率值：32 位有符号数

电能计量工作过程

- A. 系统上电进入电能计量默认工作状态；
- B. 通过向写保护寄存器写入控制数据来取消写保护；
- C. 通过向控制寄存器写入数据来控制电能计量使能和工作模式；
- D. 通过向校表寄存器写入数据来调整电能计量精度；
- E. 通过向写保护寄存器写入控制数据来使能写保护；
- F. 读取标识寄存器、数据寄存器的值，查询计量结果；

注意：只有通过 FBH 地址的只读寄存器进行写操作才能启动平均电压、平均电流的测量（平均电压、平均电流是同时进行测量的），数据的转换时间需要 300ms。即完成对 FBH 的写操作后 300ms 后，可以查询平均 RMS_OV（电压电流采样转换结束）标志若为高时，表明转换结束，可以读取平均电压计量值、平均电流计量值和采样周波数来用以计算平均电压和平均电流的有效值。（RMS_OV 标志在下一次对 FBH 地址进行写操作启动平均电压电流测量时，由硬件自动清零。）电压、电流有效值的计算详见电压、电流计量寄存器说明。

寄存器

- 写保护寄存器

Write Protect Register (FFH) 写保护寄存器

Write

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

注解：向此寄存器写入数据 FFH 时取消写保护（即允许对所有可写寄存器进行写操作）；否则使能写保护（即所有寄存器均为只读、不可写）。

● 控制寄存器

Config (FCH) 电能计量控制寄存器

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	ENA	AC_DC	PIE	QIE	PMOD	QMOD	--	Isel
Reset	1	0	0	0	0	0	--	0

注解：

ENA：电能计量使能控制，1 有效；0 无效；

AC_DC：直流/交流电能计量切换控制，0 交流，1 直流；

PIE：有功计量中断/查询切换控制，0 查询，1 中断；

QIE：无功计量中断/查询切换控制，0 查询，1 中断；

PMOD：有功脉冲计数模式选择，1 考虑正负，0 不考虑正负；

QMOD：无功脉冲计数模式选择，1 考虑正负，0 不考虑正负；

Isel：电流通道 2 和通道 1 选通控制，0 通道 2，1 通道 1；

Iagc_cfg (FDH) ADC 增益选择控制寄存器

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	--	--	--	--	G1	G0
Reset	--	--	--	--	--	--	0	0

注解：

ADC 增益选择 (Bit1, Bit0):

00：4 倍增益；

01：8 倍增益；

10：16 倍增益；

11：32 倍增益；

DPC (FEH) 相位校正寄存器

Read/Write

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

注解：

DPC[7]：电压、电流选择位：1 电压、0 电流；

DPC[4-0]：相位调整量控制位；

DPC[4-0]=00000：相位向后移 0 度；

DPC[4-0]=11111：相位向后移 0.9 度；并且，相位的调整量与 DPC[4-0] 带表的十进制值是成线性关系的。所以，相移量与控制位的对应关系可计算得出。

QDGATE (F0H) 防潜动寄存器

Read/Write

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

注解：防潜动门限寄存器（单字节），规定了脉冲输出的最大间隔，其计算公式如下：

$$\text{MaxT}_{\text{CF}} = \text{QDGATE} * 2^{16}/5000(\text{s})$$

当脉冲输出间隔大于此值时，脉冲输出被屏蔽。QDGATE= 0时，禁止防潜动功能。

● 校表寄存器：

Pgate_HB (13H) 有功门限寄存器高字节

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
Reset	0	1	1	1	1	1	1	1

Pgate_LB (12H) 有功门限寄存器低字节

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

注解：双字节的有功电能计量门限，无符号数，在 0~65535 范围内可调，其作用是为了调节电能计量精度。原理如下：当电能累加量超过该门限，即产生校表脉冲 PCF。显然，该门限越小，校表脉冲 PCF 的出现频率越高，反之，校表脉冲 PCF 的出现频率越低。通过不断调整该门限，直到 PCF 脉冲频率符合实际需要为止，即完成了校表的粗调过程。

Poff_HB(11H)有功线性补偿寄存器高字节

Read/Write

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

Poff_LB(10H)有功线性补偿寄存器低字节

Read/Write

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

注解：双字节的有功线性补偿值，有符号数，在-32768~+32767 范围内可调，其作用是通过每一次电压电流乘积在积分前的瞬时值进行微小的正负修正，更精确地产生校表脉冲 PCF，完成了校表的微调过程（其主要用途是抵消掉由板级噪声干扰或采样非线性引起的误差）。

Qgate_HB(17H)无功门限寄存器高字节

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
Reset	0	1	1	1	1	1	1	1

Qgate_LB(16H)无功门限寄存器低字节

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

注解：双字节的无功电能计量门限，无符号数，在 0~65535 范围内可调，其作用是为了调节电能计量精度。原理如下：当电能累加量超过该门限，即产生校表脉冲 QCF。显然，该门限越小，校表脉冲 QCF 的出现频率越高，反之，校表脉冲 QCF 的出现频率越低。通过不断调整该门限，直到 QCF 脉冲频率符合实际需要为止，即完成了校表的粗调过程。

Qoff_HB(15H)无功线性补偿寄存器高字节

Read/Write

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

Qoff_LB(14H)无功线性补偿寄存器低字节

Read/Write

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

注解：双字节的无功线性补偿值，有符号数，在-32767~+32767 范围内可调，其

作用是通过对每一次电压与移相 90 度的电流乘积在积分前的瞬时值进行微小的正负修正，更精确地产生校表脉冲 QCF，完成了校表的微调过程（其主要用途是抵消掉由板级噪声干扰或采样非线性引起的误差）。

● 标识寄存器：

Status(FBH) 标识寄存器

Read

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
Reset	RMS_OV	Z_FLAG	Z_DIR	LDE	Q.DIR	QCF	P.DIR	PCF

注解：

RMS_OV: 平均电压电流采样转换结束标志：1，数据转换中；0，转换结束

Z_FLAG: 电压过零点标志；1，过零点；0：非过零点

Z_DIR: 电压过零点方向指示：1，正向过零点；0，负向过零点；

LDE : A/D 转换结束标识：1，数据转换过程中；0 数据转换结束并生效

QDIR: 无功功率正负标识：1，负功；0，正功

QCF : 无功功率计量脉冲标识：1 有效

PDIR: 有功功率正负标识：1，负功；0，正功

PCF : 有功功率计量脉冲标识：1 有效

● 数据寄存器：（只读）

IQ(F8H F7H F6H F5H) 瞬时无功功率寄存器 4 字节(由高到低)

Read

	BIT31	BIT30	- - - - -				BIT1	BIT0
Reset	0	0					0	0

注解：四字节有符号瞬时无功功率寄存器，该寄存器表示为经过 90 度相移后的瞬时电压值同瞬时电流值的乘积。

IP(F4H F3H F2H F1H) 瞬时有功功率寄存器 4 字节(由高到低)

Read

	BIT31	BIT30	- - - - -				BIT1	BIT0
Reset	0	0					0	0

注解：四字节有符号瞬时有功功率寄存器，该寄存器表示为瞬时电压值同瞬时电流值的乘积。

UAD_HB (0DH)实时电压寄存器高字节

Read

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
Reset	UAD15	UAD14	UAD13	0	0	0	0	0

UAD_LB (0CH)实时电压寄存器低字节

Read

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

注解：是实时电压采样数据滤波后的值，该寄存器可以作为数字校表用，通过该寄存器的数字可以估算出系统的电压测量范围。

IAD_HB(0BH)实时电流寄存器高字节

Read

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

注解：是实时电流采样数据滤波后的值，该寄存器可以作为数字校表用，通过该寄存器的数字可以估算出系统的电流测量范围。

IAD_LB(0AH)实时电流寄存器低字节

Read

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
Reset								

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

P.CNT(0EH)有功计量脉冲计数寄存器

Read

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

注解：系统在计量有功时，除了向外部提供用于计量的计量脉冲 PCF 外，在系统内部也在对该计量脉冲进行累加，该寄存器为只读，计满 FF 后清零。

Q.CNT(0FH)无功计量脉冲计数寄存器

Read

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

注解：系统在计量无功时，除了向外部提供用于计量的计量脉冲 QCF 外，在系统内部也在对该计量脉冲进行累加，该寄存器为只读，计满 FF 后清零。

Vrms(09H 08H 07H 06H) 电压计量寄存器 4 字节(由高到低)

Read

	BIT31	BIT30	- - - - -				BIT1	BIT0
Reset	0	0					0	0

注解：在启动电压、电流计量 300ms 后，通过查询 RMS_OV 标志为高后，用户便可以在该寄存器中读出一组 32BIT 的数据，该数据为当前电压采样值，开方后得到电压的测量值 U_b ，以及电压/电流计量采样周波数 D_b ，由于系统之间存在差异，所以每个系统在计算电压必须先读该寄存器标定，即在 220V(额定电压)启动电压、电流计量 300ms 后，读出电压计量器的数据开方后的到 U_a ，以及电压/电流计量采样周波数 D_a ，作为 220V 的标称值。将当前得到的测量值与标称值作比，便可以得到一个 220V 的倍数，便可计算出此时的电压有效值，具体公式为： $U_x = (U_b/U_a) \times 220 \times (D_a/D_b)$ 。

Irms(05H 04H 03H 02H) 电流计量寄存器 4 字节(由高到低)

Read

	BIT31	BIT30	- - - - -				BIT1	BIT0
Reset	0	0					0	0

注解：在启动电压、电流计量 300ms 后，通过查询 RMS_OV 标志为高后，用户便可以在该寄存器中读出一组 32BIT 的数据，该数据为当前电流采样值，开方后得到电压的测量值 I_b ，以及电压/电流计量采样周波数 D_b ，由于系统之间存在差异，所以每个系统在计算电压必须先读该寄存器标定，即在 5A(额定电流)启动电压、电流计量 300ms 后，读出电流计量器的数据开方后的到 I_a ，以及电压/电流计量采样周波数 D_a ，作为 5A 的标称值。将当前得到的测量值与标称值作比，便可以得到一个 5A 的倍数，便可计算出此时的电流有效值，具体公式为： $I_x = (I_b/I_a) \times 5 \times (D_a/D_b)$ 。

Tcal_HB(FAH)电压/电流计量采样周波计数寄存器高字节

Read

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

Tcal_LB(F9H)电压/电流计量采样周波计数寄存器低字节

Read

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

注解：该寄存器主要用于电压、电流的有效值计算。在启动电压、电流计量 300ms 后，通过查询 RMS_OV 标志为高后，该寄存器的数据反映的是电流、电压的采样个数，由于电源的频率的变化，而采样的周波及每次采样的间隔时间不变，所以，频率高的采样点少。

Treq_HB(01H)交流频率计量寄存器高字节

Read

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

Treq_HB(00H)交流频率计量寄存器低字节

Read

	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解：该寄存器是用于测量系统所在环境的交流电压的频率。该寄存器是由系统实时更新。用户只需在需要时读出该寄存器的值。用 250000 除以该值得到该时刻的电源电压频率。

2) 增强型 8051 的微处理器 MCU

8051 MCU 资源配置

PL3000 系列内嵌的 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（即接近外部晶振为 40MHz 时的标准 8051 性能）。

- 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：768 bytes (0000H ~ 02FFH)；
 - ✓ Flash ROM 程序存储器空间 8K，地址从 0000H ~ 1FFFFH。
 - ✓ E²PROM 数据存储区空间：60 bytes，地址从 00H ~ 3BH
- 嵌入式 MCU 具有：
 - ✓ 两个全双工 UART 串行口，
 - ✓ 一个看门狗定时器，
 - ✓ 三个 8/16 位定时/计数器以及三个外部中断。

程序控制部分功能

◆ 中断控制：

- 8051 本身五个中断源分别是：

外部中断 INT0、定时/计数器 T0 溢出中断、外部中断 INT 1、定时/计数器 T1 溢出中断、串行口中断 UART，优先级按顺序从高到低，8051 中断优先级寄存器 IP。其操作控制为标准 8051 方式，中断入口地址仍然如下：

- ✓ INT0 : 0003H
- ✓ T0 : 000BH
- ✓ INT1 : 0013H
- ✓ T1 : 001BH
- ✓ UART : 0023H

- PL3000 系列中，在 8051 原有的基础上增加了 3 个中断源，具体定义如下：

- ✓ T2 : 002BH
- ✓ UART1 : 0033H
- ✓ INT2 : 003BH

● 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。其中断入口地址为：002BH，其相关的控制器/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 位没有用，低 4 为用于控制 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 Fosc 的频率，T2_SEL=0 时，为 Fosc/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 Fosc 的频率，T1_SEL=0 时，为 Fosc/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)。

● 扩展串行口中断 UART1 :

PL3000 系列为双串口系统。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(C0H)	扩展串口控制寄存器						Read/Write	
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
TMOD1	ESM0	ESM1	ESM2	EREN	ETB8	ERB8	ETI	ERI
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

ESM0/ESM1: 串行口工作方式选择。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

● 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, 其中断入口地址位: 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 中断控制、标识寄存器 (C8H)

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。

上电复位与电源监测

为了能够准确监控系统掉电、系统复位的原因，电池电压的情况，以及在系统空闲时进入休眠状态，PL3000 系列内置了掉电检测、复位检测、电池电压检测及系统休眠功能。PL3000 系列内置了两个精准的比较器，一个用于系统掉电检测，当检测到管脚 (CMP1) 的电压小于 2.8V 时，位 PF1 (STATUS.0) 自动置为 1。另一个用于电池电压检测，当管脚 (VBAT) 的电压小于 2.60V 时，位 VBF0 (STATUS.1) 自动置为 1。

MCU 可以通过检测 PF1 位和 VBF0 位来监控系统电压和电池电压。当电源电压 (AVDD) 低于 4.25V 时，PL3200 内部会产生全芯片复位信号，所有数字/模拟电路停止工作直到电源电压恢复到 4.3V 以上。

PL3000 系列还可以通过查询位 WDT (STATUS.5) 和位 PU (STATUS.4) 状态来判断产生本次复位的原因以及通过设置位 STOP (PCON.1) 和位 IDLE (PCON.0) 来控制 MCU 运行情况。

PL3000 系列还内置了一个独立的电压比较器，管脚 CMPN 和 CMPP 为电压比较器的反相和同相输入端，比较器的输出端为 CMPO (STATUS.3)，MCU 可以通过访问 CMPO 位，读取电压比较器输出端的状态。

PL3000 系列还提供了 LPMOD (STATUS.2) 位，用于指示系统已经进入低功耗模式，系统电源由电池供电的情况下，LPMOD 将被置 0，详细应用说明见后面章节。

STATUS(87H) 电源状态寄存器

Read Only

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	SMOD	SMOD1	WDT	PU	CMPO	LPMOD	VBF0	PF1

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

注解：

CMPI>2.8V±5%：PFI=0。

CMPI<2.8V±5%：PFI=1。

VBAT>2.60V±5%：VBF0=0。

VBAT<2.60V±5%：VBF0=1。

WDT=1 且 PU=1:上电复位。

WDT=1 而 PU=0:看门狗复位。

SMOD:串行口 0 的波特率加倍控制位，1 加倍，0 不加倍。

SMOD1:扩展串行口 1 的波特率加倍控制位，1 加倍，0 不加倍。

PCON(87H) 电源状态控制寄存器

Write Only

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	SMOD	SMOD1	--	--	-	--	STOP	IDLE
Reset	0	0	--	--	--	--	0	0

注解：

STOP=1：MCU 处于停止状态，只有当有外部中断来时才能唤醒。

IDLE=1：MCU 处于休眠状态，当有中断来时就能唤醒。

SMOD：串行口 0 的波特率加倍控制位，1 加倍，0 不加倍。

SMOD1：扩展串行口 1 的波特率加倍控制位，1 加倍，0 不加倍。

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，PL3000 系列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

另:CK[2-0]用于控制访问 1K 的内部 RAM 的一个数据时所用的时钟数。默认为 4 个时钟周期,即 CK[2-0]=000,当 CK[2-0]=001 时,需要用 5 个时钟,依此类推,当 CK[2-0]=111 时,读取 1K 字节片内 RAM 要用 11 个时钟周期。

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

注解:当向该寄存器写入 A1H 时,看门狗计数器(WDTimer)自动复位为 7FFFH,该计数器以 $f_{\text{osc}}/(32*(1+WDT[2:0]))$ 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,应该定期写该寄存器,复位计时器,防止产生不需要的复位。

3)LCD/LED 显示驱动

功能简述

PL3000 系列芯片为满足不同用户的需求生产了两种产品:PL3000 系列 A 和 PL3000 系列 B。PL3000 系列 B 内嵌 8 位 8 段 LED 扫描电路。PL3000 系列 A 内嵌有 LCD 驱动电路。24 个段信号输出管脚(S0-S23)和四个公共端输出管脚(COM0-COM3)。下面就这两种产品的 LED 和 LCD 功能及应用分别讨论。

在 PL3000 系列 B 中提供 8 位 8 段 LED 扫描功能,不含驱动,需要外部加三极管驱动电路;扫描频率为 146Hz (9.6M 晶体)。输出由 8 根数据段信号线和 8 根位控制线组成,分别是 A,B,C,D,E,F,G,P (S23~S16) 和位控制线 NO0~NO7(S8~S15),与 LCD 显示复用 S8-S23 输出。内部由不同的电路驱动。LED 显示可以使用共阴极接法。下面是接线图的一例:

PL3000 系列 A 内嵌的 LCD 驱动电路。有 24 个段信号输出管脚(S0-S23) 和四个公共端输出管脚,能驱动 24 4=96 段的 LCD。支持 1/4 duty, 1/3bias 显示模式。支持 VLCD = 3V 和 5V 两种液晶以及 4 种 frame frequency,通过控制寄存器进行选择。

LED 编程指南

PL3000 系列 B 内嵌的 LED 显示模块,该模块使用简单,配置灵活。PL3000 系列的显示功能是通过扩展地址寄存器 (EXT_ADR) 及扩展数据寄存器 (EXT_DAT) 来实现的。

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_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

PL3000 系列通过扩展地址寄存器 (D9H) 的低 4 位来选择 LED 的段数据的。下表只列举有关显示模块的位,其余的在相应章节另加说明。(属性为 EXT_DAT 属性)

EXT_ADR	EXT_DAT
0000 0000(0h)	Led_lcd_addr01(LED/LCD 显示数据位 1)
0000 0001(1h)	Led_lcd_addr02(LED/LCD 显示数据位 2)
0000 0010(2h)	Led_lcd_addr03(LED/LCD 显示数据位 3)
0000 0011(3h)	Led_lcd_addr04(LED/LCD 显示数据位 4)
0000 0100(4h)	Led_lcd_addr05(LED/LCD 显示数据位 5)
0000 0101(5h)	Led_lcd_addr06(LED/LCD 显示数据位 6)
0000 0110(6h)	Led_lcd_addr07(LED/LCD 显示数据位 7)
0000 0111(7h)	Led_lcd_addr08(LED/LCD 显示数据位 8)

在使用了 LED 显示模块时, S8-S23 用做显示端口。下面以 LED 为列来说明该模块的使用。

下表是图 14.0 的译码表。(数码管为共阴)

显示符	段选码	显示符	段选码
0	FCH	8	FEH
1	0CH	9	F6H
2	CAH	A	EEH
3	F2H	b	3EH
4	63H	C	9CH
5	B6H	D	7AH
6	BEH	E	9EH
7	E0H	F	8EH

具体操作如下:

使能显示模块,向 EXT_ADR 写入 FEH,在将 EXT_DAT.2 置 1,以打开 LED 使能。

选择显示位,给 EXT_ADR 一个 0h~7h 的值,选择相应的位,如 0H 显示第 1 位。送显示数据,给 EXT_DAT 送一个已经经过译码的数据,这样就可以显示数据了,在送入新的数据前,该值不会改变,初始默认值为 0,即为消隐。

LCD 编程指南

PL3000 系列 A 中,驱动 LCD 显示所需要的寄存器为 EXT_ADR 和 EXT_DAT。在 EXT_ADR 寄存器的高 4 位为 0 的情况下,低 4 位 ADR[3-0]可以有 16 种不同组合,可以选通 16 个不同地址,这 16 个地址的数据的写入是通过 EXT_DAT 来实现的。数

据位为 1 时，S 与 COM 对应的段就会点亮。使用之前，必须向 EXT_ADR 写入 FEH，在向 EXT_DAT.2 置 1，以打开 LCD 使能。

EXT_ADR/EXT_DAT：LCD 数据寄存器

Write Only

EXT_ADR		EXT_DAT								
		BIT7	BIT5	BIT3	BIT1		BIT6	BIT4	BIT2	BIT0
		COM4	COM3	COM2	COM1		COM4	COM3	COM2	COM1
00H	SEG1					SEG0				
01H	SEG3					SEG2				
02H	SEG5					SEG4				
03H	SEG7					SEG6				
04H	SEG9					SEG8				
05H	SEG11					SEG10				
06H	SEG13					SEG12				
07H	SEG15					SEG14				
08H	SEG17					SEG16				
09H	SEG19					SEG18				
0AH	SEG21					SEG20				
0BH	SEG23					SEG22				

以上是 LCD 的真值表，SEG[0-23]表时段驱动线，它与 S0-S23 组成的一个 23 位端口一一对应。具体意义如下：当向 ECT_ADR 写入 01H 地址时，向 EXT_DAT 写入 09 数据时，SEG2(S2)和 COM1 及 SEG3(S3)和 COM2 所对应的段将会被点亮。

低功耗模式下编程指南

PL3000 系列提供了在停电情况下，由备用电池为系统供电的低功耗工作模式。当 AVDD 失压而 DVDD 有电源供电时，系统将自动进入低功耗模式，8051 的时钟频率切换到 32.768kHz，相关的一些功能如 PMU，ISO7816，外部 RAM 将被关闭，模拟部分的功能也将被全部关闭，内部 RAM 仅提供 32 个字节可以使用，地址空间为 00H - 0FH，20H - 2FH，对内部 E²PROM 数据存储单元只能进行读操作。

PL3000 系列在低功耗模式下提供两种循显模式，通过 LP_CON 寄存器进行配置，可以设定 LCD 当前页面显示时间和循显方式。SEC_CNT(LP_CON.7-LP_CON.4)支持 1 - 16 秒的当前页面显示时间，MOD 位 (LP_CON.3) 用于选择循显模式。

MOD 位置为 0 (默认) 时，必须由 P14 触发 INT2 激活处于休眠的 MCU，MCU 启动后填入下一屏显示的数据，置 STOP 位为 1 后，除显示逻辑功能外，系统将再次进入休眠状态，同时显示逻辑内部的秒定时器清零并开始定时计数，当秒定时器的值满足 SEC_CNT 寄存器设定的时间时，显示逻辑将自动进入消隐状态，下一次激活 MCU 只能等待 P14 的触发。

MOD 位置为 1，可由显示逻辑内部硬件在每次秒定时器的值满足 SEC_CNT 寄存器设定的时间时，产生一个负脉冲信号，或是由外部 P14 触发，通过 INT2 激活处于休眠状态的 MCU，MCU 启动后，填入下一屏显示的数据，置 STOP 为 1 后，除显示逻辑功能外，系统将进入休眠方式，同时内部秒定时器清零并开始定时计数，如此反复循环，显示逻辑功能始终不会被关闭。

程序举例说明如下，用户也可以根据自身情况进行设计：

```
EXT_ADR EQU 0D9H
EXT_DAT EQU 0D8H
WDT_RST EQU 8FH
STATUS EQU 87H
tcon2 EQU 0C8H
EIE EQU 0A9H
FLAG BIT 00H
```

```
ORG 0000H
AJMP MAIN
ORG 003BH
AJMP INT2SV
ORG 0060H
MAIN:
```

；通过 INT2 的中断激活处于休眠状态的 MCU，需要相关如下设置

```
SETB EA ; 置中断总使能允许位
MOV EIE,#01H ; INT2 允许中断使能
MOV TCON2,#00H ; INT2 为电平触发方式
```

；设置显示相关的寄存器

```
MOV EXT_ADR,#0FEH ; 打开显示使能
SETB EXT_DAT.2
MOV EXT_ADR,#0DFH ; 设置 LP_CON 寄存器参数
MOV EXT_DAT,#28H ; SEC_CNT=2,显示 3 秒，MOD=1，硬件可以自动激活
; MCU，也可通过外部 P14 触发激活 MCU
MOV R0,#00H ; R0 保存循显屏的地址
SETB FLAG ; 置 FLAG 为 1
```

WAIT: ；查询 STATUS 的状态

```
MOV WDT_RST,#0A1H
MOV ACC, STATUS ; 将 STATUS 值送入累加器
JB ACC.2, WAIT ; 判断 LP_MOD 的状态，LP_MOD = 0，系统工作在低功耗
; 模式，LP_MOD = 1，系统工作在正常模式
JB FLAG, LP1 ; FLAG = 1 表示程序是从主程序进入 LP1 子程序
```

LP2:

```
MOV PCON,#02h ; 置 STOP 为 1，系统进入休眠方式
AJMP WAIT
```

INT2SV:

```
CLR FLAG ; 进入 INT2 子程序后，清 FLAG 标志
```

LP1:

```
MOV WDT_RST,#0A1H
MOV EXT_ADR,#00H ; 显示 BUF 起始地址送入 EXT_ADR
MOV A,R0 ; 将循显屏的地址送入 A 中
```

DIS:

```
MOV EXT_DAT,A ; 将 A 填入显示 BUF 中
```

```

MOV R1,EXT_ADR    ; 将显示 BUF 地址送入 R1 中
CJNE R1,#0BH,NEXT ; 显示 BUF 地址不等于 0BH, 跳转到 NEXT
INC R0            ; 循显屏地址加 1
CJNE R0,#08H,LP2  ; 当前屏是否为第 8 屏, 不是跳转到 LP2
MOV R0,#00H       ; 屏地址清零, 再从第一屏开始计数
JB FLAG,LP2       ; FLAG = 1, 跳转到 LP2
RETI              ; 中断返回
NEXT:
INC EXT_ADR       ; 显示 BUF 地址加 1
AJMP DIS          ; 跳转到 DIS 子程序

```

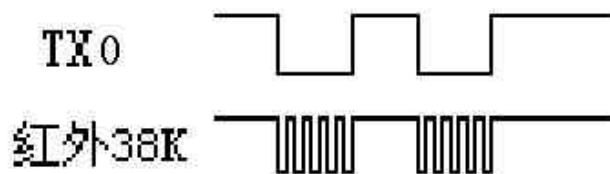
4) UART 功能

功能简述

PL3000 系列内部集成有两个全双工串行通讯口 (UART)。UART 的协议包括一个起始位, 8bits 的数据位, 1 个奇偶校验位和 1-2 个停止位。在外部晶振 9.6MHz, 若配置 T1_SEL 或 T2_SEL 位为 1 时, UART 的最高通信波特率可达 9600 BPS。

编程指南

PL3000 系列内部有一个由 9.6MHz 时钟分频得到的 38KHz 红外调制振荡波 (频率可调), 可以配合 UART 的 TX0 管脚输出, 由 EXT_CFG 寄存器的 bit1 (IR38K) 控制。若 IR38K = 0, 则 TX0 管脚输出的是原始的 UART 信号, 若 IR38K = 1, 则 TX0 管脚输出的是经过 38KHz 振荡波调制过的 UART 信号。调制信号与调制前信号的对应示意图



如图：

PL3000 系列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_CNT 设置来调节振荡波的频率。 $f = (f_{osc} / (X + 32)) / 4$, 当采用 38KHz 载频时, 应向 R_CNT 寄存器写入 X=1FH 即可。使用红外通讯的一般步骤如下：

- 1、使能红外通信模式：EXT_ADR 写入 FEH, EXT_DAT.1 置 1。
- 2、配置红外载频：IR_CNT 寄存器写入 X=1FH (38KHz)。
- 3、配置 UART：如波特率、方式、中断等。

寄存器

IR_CNT1 (DBH)		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：向该寄存器写 1FH，红外的振荡频率为 38KHz。

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。

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_CFG (FEH) 扩展配置寄存器					Read/Write			
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	IR	TS	FGEN	LCD_LED	IR38K	
Reset	--	--	0	0	0	0	0	

注解：IR38K：红外通讯使能位。1，使能红外通讯功能；0，不使能红外通讯功能。其它位不用于 UART 控制。（IR：红外解码使能，IR=1 开，IR=0 关；TS 温度传感器使能，TS=1 开，TS=0 关；FGEN：频率发生器使能，FGEN=1 开，FGEN=0 关；LCD_LED：LCD_LED 使能，LCD_LED=1 开，LCD_LED=0 关；）

5) FGEN 可编程频率发生器功能

功能简述

PL3000 系列的可编程频率发生器复用 I0 管脚 P13 作为频率发生器的输出端，可由软件配置输出频率，其频率变化范围在 1.35KHz ~ 5KHz 之间。

编程指南

PL3000 系列的可编程频率发生器的频率输出计算公式为：

$$f_{gen} = F_{osc} / (\{ \{ 1'b0, f_{gen_val}[7:5] \} + 4'h3, f_{gen_val}[4:0], 1'b0 \} * 5)$$
，使用可编程频率发生器的工作步骤如下：

- 1 设置可编程频率发生器使能：EXT_ADR 写入 FEH，EXT_DAT.3 置 1。
- 2 设置可编程频率发生器频率输出范围：往 FGEN_VAL 寄存器写入设定值。

寄存器

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。

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

FGEN_VAL (E8H) 可编程频率发生器频率控制寄存器				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：向该寄存器写入值可以调整频率发生器输出频率。

EXT_CFG (FEH) 扩展配置寄存器				Read/Write				
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	IR	TS	FGEN	LCD_LED	IR38K	
Reset	--	--	0	0	0	0	0	

注解：FGEN：频率发生器使能位。1，使能频率发生器功能，0，不使能频率发生器功能。其它位不用于频率发生器控制。（IR：红外解码使能，IR=1 开，IR=0 关；TS 温度频率转换器使能，TS=1 开，TS=0 关；LCD_LED：LCD_LED 使能，LCD_LED=1 开，LCD_LED=0 关；IR38K：红外通讯使能，IR38K=1 开，IR38K=0 关；）

6) TS 温度/频率转换器

功能简述

PL3000 系列内嵌温度/频率转换器，随芯片温度的变化，温度/频率转换器的频率输出也将随之变化，当温度/频率转换器的使能位被打开后，内部频率定时计数器将以 16ms 为周期累加温度率转换器输出频率的次数，并将最终累加的次数送入温度频率寄存器。

编程指南

向 EXT_ADR 写入 FEH，EXT_DAT.4 置 1，打开温度频率转换器的使能，TS_VAL 的值每 16ms 更新一次，MCU 可以定时从 TS_VAL 寄存器中读取当前温度的变化情况，由软件进行相应的处理。

寄存器

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。

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

TS_VAL[15:8] (FBH)

温度频率寄存器

Read

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

TS_VAL[7:0] (FCH)

温度频率寄存器

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：TS_VAL：温度频率寄存器，每 16ms 更新一次。

EXT_CFG (FEH)

扩展配置寄存器

Read/Write

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	IR	TS	FGEN	LCD_LED	IR38K	
Reset	--	--	0	0	0	0	0	

注解：TS = 1：使能温度频率转换器功能

TS = 0：不使能温度频率转换器功能。

其它位不用于频率发生器控制。（IR：红外解码使能，IR = 1 开，IR = 0 关；FGEN 频率发生器使能，FGEN = 1 开，FGEN = 0 关；LCD_LED：LCD_LED 使能，LCD_LED = 1 开，LCD_LED = 0 关；IR38K：红外通讯使能，IR38K = 1 开，IR38K = 0 关；）

7) ISO7816 功能

功能简述

PL3000 系列的 ISO7816 通信模块支持 T = 0 协议，为异步半双工字符传输协议，它包括一个起始位，8 个数据位和一个奇偶校验位。由一个 ISO7816 逻辑电路通过软

件配置进行双通道切换，可以分别同 ESAM/PSAM 模块或 IC 卡进行数据通讯。

编程指南

IS07816 通信模块可分别同 ESAM/PSAM 模块或 IC 卡进行通信，工作步骤如下：

1. IC 卡和 ESAM/PSAM 模块的通道选择

通过 IS07816_CON 寄存器中 IOSEL 的值可以自由选择任意通道。

2. 发送数据

若置 IS07816_CON 寄存器中的 IO_WEN(发送使能)为 1，则 IS07816_STATE 寄存器中的 WBYTE_RDY 置被为 0，硬件将 DI_7816 寄存器中的值串行输出：

- 发送时先发低位，并在前面加 1bit 低电平起始位，在字节后加 1bit 奇偶校验位，每个 ETU 发送 1bit，在第 11 个 ETU 将 IO 线拉高，变为接收态，检测线上数据
- 若检测到线上出现低电平，则在第 11 个 ETU 结束时，令 IS07816_STATE 寄存器中的 W_PLR_ERR(重发标志)有效，并且 WBYTE_RDY 始终为 0，W_PLR_ERR 必须用软件清除，并且在至少间隔 2 个 ETU 后重新发送该字节。
- 如果在第 11 个 ETU 没有检测到低电平，则在第 12 个 ETU 结束时将 WBYTE_RDY 置为 1，表示一个字符发送完成。
- 如果要继续接收下一个字符则必须重新给出发送使能 IO_WEN。

3. 接收数据

若 IS07816_CON 寄存器中的 IO_REN(接收使能)为 1，则 IS07816_STATE 寄存器中的 RBYET_RDY 置为 0，等待接收数据：

- 从检测到起始位开始，总在半 ETU 时锁存数据，即在第 1.5 个 ETU 锁存第一位数据，在第 9.5 个 ETU 锁存奇偶校验位，
- 如果奇偶校验正确，则在第 11.5 个 ETU 将 RBYET_RDY 置为 1。
- 如果奇偶校验错误，则在第 10.5 个 ETU 发送一个 1 个 ETU 长度的低电平，并且 RBYET_RDY 始终为 0，等待接收重发数据。
- 如果连续三次接收的数据都错误，则在接收第三次接收的字符的 10.5 个 ETU 将 IS07816_CON 寄存器中 ERR_INTP 信号置为 1，并在 11.5 个 ETU 将 RBYET_RDY 置为 1。
- 如果要继续接收下一个字符，必须在检测到 RBYET_RDY 后重新给出接收使能。

寄存器

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。

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。

DI_7816 (E9H)		7816 数据发送缓冲寄存器					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: 发送数据缓冲寄存器, 由 CPU 将待发的数据送入到该寄存器中。

DO_7816 (EAH)		7816 数据接收缓冲寄存器					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: 接收完的数据送入该缓冲寄存器, 由 CPU 将数据取走。

IS07816_CON (EBH)		7816 控制寄存器					Read/Write	
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	IOSEL	--	ERR_RST	C_INTP	--	--	IO_REN	IO_WEN
Reset	1	--	1	0	--	--	0	0

注解:

IOSEL: IC 卡/ESAM 选择位, IOSEL=1 时选择 IC 卡, IOSEL=0 时选择 ESAM。

ERR_RST: 清除错误标志位, 用来清除状态寄存器中的欠时错误标志 TIME_INADQ, 超时错误标志位 TIME_OV, 连续三次接收错误标志位 ERR_INTP, 以及重发标志位 W_PLR_ERR。ERR_RST 低有效, 在清除完错误标志后, 由硬件自动置高。

C_INTP: 软复位, 令 IS07816 逻辑产生复位, C_INTP 高有效, 在复位完成后由硬件自动置低。

IO_REN: 接收数据使能位, IO_REN 高有效, 由硬件自动置低。

IO_WEN: 发送数据使能位, IO_WEN 高有效, 由硬件自动置低。

I_MAX_ETU2 (ECH)		IC 卡字符收发最大 ETU 间隔寄存器					Write	
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

I_MAX_ETU1 (EDH)		IC 卡字符收发最大 ETU 间隔寄存器					Write	
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
Reset	0	0	1	0	0	1	0	1

I_MAX_ETU0 (EEH)		IC 卡字符收发最大 ETU 间隔寄存器					Write	
------------------	--	----------------------	--	--	--	--	-------	--

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

注解：IC 卡 接收和发送两个字符之间的时间间隔不能大于该寄存器设定的 ETU 个数，否则 TIME_OV 标志将有效。

I_ETU1 (EFH)	IC 卡基本时间单元 (ETU) 寄存器							Write
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
Reset	0	0	0	0	0	0	0	1

I_ETU0 (F0H)	IC 卡字符收发 ETU 寄存器							Write
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	1	1	1	0	1	0	0

注解：该寄存器用来设定通信中 1 位持续传输时间的周期值，即一个 ETU 时间。

I_MIN_ETU1 (F1H)	IC 卡字符收发最小 ETU 间隔寄存器							Write
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	--	--	--	--	--	D8
Reset	--	--	--	--	--	--	--	0

I_MIN_ETU0 (F2H)	IC 卡字符收发最小 ETU 间隔寄存器							Write
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	1	1	0	0

注解：接收和发送两个字符之间的时间间隔不能小于该寄存器设定的 ETU 数，否则 TIME_INADQ 标志将有效。

E_MAX_ETU2 (F3H)	ESAM 字符收发最大 ETU 间隔寄存器							Write
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

E_MAX_ETU1 (F4H)	ESAM 字符收发最大 ETU 间隔寄存器							Write
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
Reset	0	0	1	0	0	1	0	1

E_MAX_ETU0 (F5H) ESAM 字符收发最大 ETU 间隔寄存器 Write

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

注解:ESAM 接收和发送两个字符之间的时间间隔不能大于该寄存器设定的 ETU 个数, 否则 TIME_OV 标志将有效。

E_ETU1 (F6H)		ESAM 基本时间单元 (ETU) 寄存器						Write
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8
Reset	0	0	0	0	0	0	0	1

E_ETU0 (F7H)		ESAM 字符收发 ETU 寄存器						Write
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	1	1	1	0	1	0	0

注解: 该寄存器用来设定 ESAM 中 1 位持续传输时间的周期值, 即一个 ETU 时间。

E_MIN_ETU1 (F8H)		ESAM 字符收发最小 ETU 间隔寄存器						Write
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	--	--	--	--	--	D8
Reset	--	--	--	--	--	--	--	0

E_MIN_ETU0 (F9H)		ESAM 字符收发最小 ETU 间隔寄存器						Write
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	1	1	0	0

注解 ESAM接收和发送两个字符之间的时间间隔不能小于该寄存器设定的ETU数, 否则 TIME_INADC 标志将有效。

ISO7816_STATUS (FAH)		ISO7816 状态寄存器					Read	
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	TIME_INADQ	TIME_OV	ERR_INTP	RBYTE_RDY	--	--	W_PLR_ERR	WBYTE_RDY
Reset	0	0	0	1	--	--	0	1

注解:

TIME_INADQ: 发送/接收字符时间间隔小于最小要求错误标志, 高有效, 当下一次接/发字符时间间隔满足要求时该位可由硬件自动清除, 也可以通过软件由 ERR_RST 来清除。

TIME_OV: 发送/接收字符时间间隔大于最大要求错误标志, 高有效, 只能通过软件由 ERR_RST 来清除。

ERR_INTP: 连续三次接收数据校验错误标志, 高有效, 只能通过软件由 ERR_RST 来清除。

RBYTE_RDY：接收一个字符完成标志，高有效。

W_PLR_ERR：重发标志，高有效。在发送数据时，当检测到接收方发送的接收错误信号时，该标志位有效，只能通过软件由 ERR_RST 来清除。

WBYTE_RDY：发送一个字符完成标志，高有效。

EXT_CTRL (FDH) 外部控制寄存器					Read			
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	TCKSEL	--	IC_DIV1	IC_DIV0	ESAM_DIV1	ESAM_DIV0	---	---
Reset	0	--	0	0	0	0	--	--

注解：

IC_DIV1, IC_DIV0：IC 卡时钟频率控制。

IC_DIV1=0, IC_DIV0=0，IC 卡时钟被禁止；

IC_DIV1=0, IC_DIV0=1，IC 卡时钟输出为外部晶振频率的 2 分频；

IC_DIV1=1, IC_DIV0=0，IC 卡时钟输出为外部晶振频率的 3 分频；

IC_DIV1=1, IC_DIV0=1，IC 卡时钟输出为外部晶振频率的 4 分频；

ESAM_DIV1, ESAM_DIV0：ESAM 时钟频率控制。

ESAM_DIV1=0, ESAM_DIV0=0，ESAM 时钟被禁止；

ESAM_DIV1=0, ESAM_DIV0=1，ESAM 时钟输出为外部晶振频率的 2 分频；

ESAM_DIV1=1, ESAM_DIV0=0，ESAM 时钟输出为外部晶振频率的 3 分频；

ESAM_DIV1=1, ESAM_DIV0=1，ESAM 时钟输出为外部晶振频率的 4 分频；

其它位不用于 ESAM 和 IC 卡时钟频率控制。

(TCKSEL：秒脉冲输出选择位，TCKSEL=0 时为 1Hz 输出，TCKSEL=1 时为 1KHz 输出)

8) 嵌入式 E²PROM 数据存储器

功能简述

PL3000 系列提供了 60 个字节的片内 E²PROM 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 中的数据编程到 E²PROM 数据存储区指定的位置，或是将 E²PROM 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。

编程指南

PL3000 系列对 E²PROM 数据存储区的操作，需要在一定的时间内(32 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，以执行的序列指令视为无效，需要重新开始执行该序列指令。启动指令序列如下：

1 设置 E²PROM 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地址。

2 设置 RAM 的起始地址 EXT_ADR，写入 E1H，EXT_DAT 写入要设定的 RAM 起始地址。

3 设置 RAM 操作字节的个数，EXT_ADR 写入 E2H，EXT_DAT 写入要设定的 RAM 操作

个数。

4 启动读或是编程使能，EXT_ADR 写入 E3H，EXT_DAT 写入 01H 将启动对 E²PROM 数据存储区的编程使能，若写入 10H 则将启动读使能。

下面举例说明：

```

MOV    A, #10H; 起始数据
MOV    R0, #20H; 起始地址
LP:
MOV    @R0, A
INC    A
INC    R0
CJNE   R0, #30H, LP      ; RAM 地址从 20H - 2FH
RAM 中地址 20H - 2FH 中的数据为 10H - 1FH

```

```

MOV    EXT_ADR, #0FFH    ; 取消写保护
MOV    EXT_DAT, #0FFH

```

对 E²PROM 数据存储区操作时（包括读和编程），需要首先取消写保护。

```

MOV    EXT_ADR, #0E0H    ; E2PROM 数据存储区字节起始地址
MOV    EXT_DAT, #00H     ; 00H
MOV    EXT_ADR, #0E1H    ; RAM 字节起始地址
MOV    EXT_DAT, #20H     ; 20H
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, #01H     ; 编程使能

```

执行上述指令后，硬件逻辑将 RAM 地址 20H - 2FH 中的数据写入到 E²PROM 数据存储区 00H-0FH 地址中，共 16 个字节。

```

MOV    EXT_ADR, #0E0H    ; E2PROM 数据存储区字节起始地址
MOV    EXT_DAT, #00H     ; 00H
MOV    EXT_ADR, #0E1H    ; RAM 字节起始地址
MOV    EXT_DAT, #50H     ; 50H
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

```

执行上述指令后，硬件逻辑将 E²PROM 数据存储区 00H-0FH 中的数据读出并写到 RAM 地址 50H - 5FH 中。

寄存器

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。

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。

EBYTE_ADR_L (E0H) 数据存储区起始地址寄存器				Write				
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	--	--	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	--	--	0	0	0	0	0	0

注解：EBYTE_ADR_L：E²PROM 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，该寄存器的设定值小于 3CH 才有效，

RAM_ADR_L (E1H) 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 (EH) 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；读模式时，为数据存储区的数据被读到 RAM 的个数。

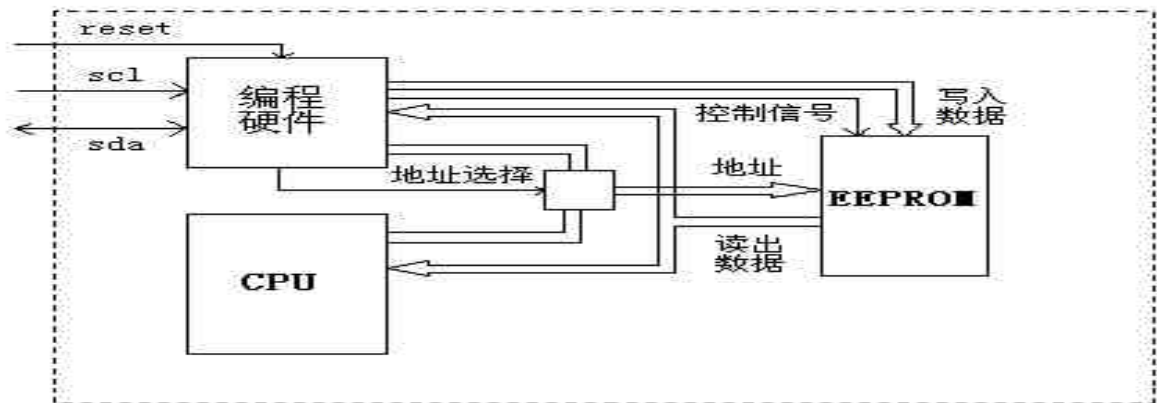
PGM/READ (EH) 编程/读使能寄存器				Write				
	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

注解：PGM/READ：编程/读使能寄存器，当设定的数据为 01 时，将启动编程模式，设定的数据为 10H 时，将启动读模式。

9) 在系统编程与下载工具

功能简述

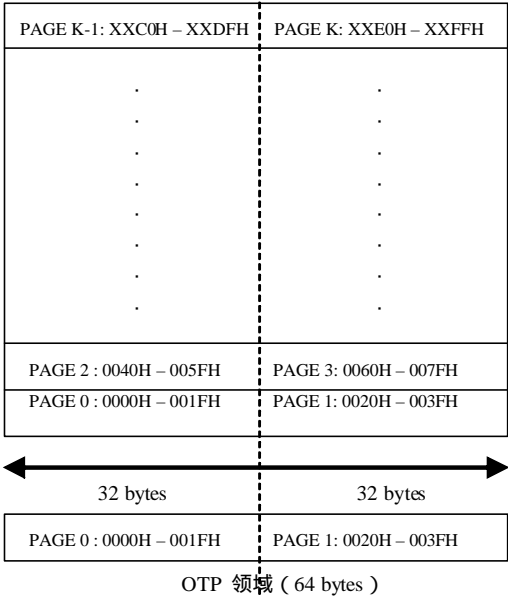
I²C 接口编程的结构见下图：



在非编程模式下，CPU 输出地址给 E²PROM，E²PROM 的数据读出到 CPU，作为 CPU 的指令，CPU 正常工作。当置 Reset 引脚为 0，往 I²C 编程接口送“置编程模式”的命令后，即进入编程模式。进入编程模式后，编程硬件控制地址选择信号切换地址总线，将 E²PROM 的地址切换至编程硬件，由编程硬件送地址给 E²PROM。此时 CPU 的地址不能传送到 E²PROM，单片机在编程模式时将不能正常执行指令，用户需要注意在进行编程模式转换时，可能会产生的问题。

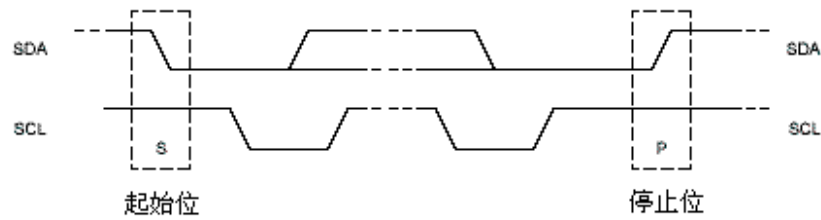
ISP 编程接口的串行总线包括两个信号：SCL 和 SDA。SCL 送时钟信号，SDA 送数据信号。通过 SCL 和 SDA 的配合，可以给编程逻辑传送不同的命令。编程逻辑负责将这些命令转换成 E²PROM 编程所需的数据和地址，并控制 E²PROM 做不同的操作，实现对 E²PROM 的编程。

PL3000 系列片内具有 8K 字节的 Flash 程序存储区域，共分 256 个页面，每页 32 字节，以及 64 字节的 E²PROM 数据存储区域；擦写次数不少于 10 万次/字节，数据保持时间为 10 年。其组织结构图如下：



其中可用数据存储器共计 60 个字节，其余 4 个字节保留其它用途。
本芯片的 ISP 编程接口遵循 I²C 接口的基本传输协议，但并不是标准的 I²C 接口。
当 ISP 编程接口检测到起始位时（在 SCL 为高电平时，SDA 出现一个从高电平至低电平的下降沿），编程逻辑开始接收来自串行总线的数据，直到出现结束位（在

SCL 为高电平时，SDA 出现一个从低电平至高电平的上升沿）之后。其时序见下图：



在起始位和停止位之间是数据位。规定在 SCL 为高电平时，SDA 上的数据为有效传输数据。

一帧数据起始于起始位，结束于停止位。一帧数据应包括读写位、命令字、应答位及数据位（详见下图）。他们按固定的顺序排列，图中左边的数据先发，右边的数据后发，请勿混淆顺序。

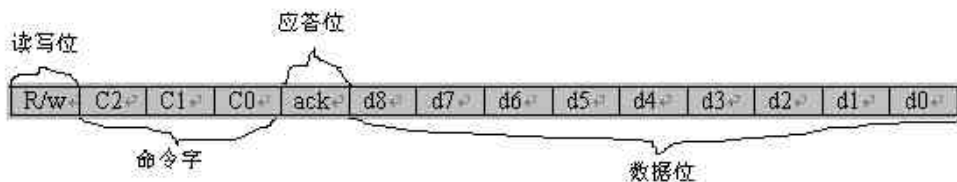
ISP 串行总线接口一帧数据的结构图如下：

读写位确定是否进行读操作，当进行读操作（包括读数据和读版本号）时，此位应置 1，其他时候此位置 0；3 位命令字说明要进行的具体操作；应答位从 I²C 接口送出，此位为 0 表示 I²C 已经响应；8 位数据位主要作为编程数据位，但这 8 位在进行某些操作时也作为命令字的扩展位，具体请看后面的介绍。

编程指南

下表是命令字详细列表：

读/ 写位	命令字			数据位/命令字扩展位								功能描述
				7	6	5	4	3	2	1	0	
0	0	0	0	A								送地址低 8 位
0	0	0	1	A								送地址高 5 位
0	0	1	0	D								送编程数据
0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	擦除操作
0				1	0	1	0	0	0	1	0	写操作
0				1	0	1	0	0	1	0	0	选中数据存储区
0	1	0	1	X								NC
0	1	1	0	X								NC



0	0	1	1	X								NC
0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	置编程模式
0				0	1	0	1	0	0	1	0	解除写保护
1	0	0	0	D								读数据

1	1	1	1	V	读版本号
---	---	---	---	---	------

注：A——地址 D——读写数据 X——无关数据 V——版本号

选中数据存储区后，可以对其进行所有操作，包括对 3CH 地址写入非 0 值进行代码保护，以及读取芯片唯一序列号等。

此命令使芯片处于编程模式，是进行一切编程操作必须的前提；

芯片在上电之后处于写保护状态，禁止往 E²PROM/Flash 里写入任何数据，执行此命令之后，可以取消写保护；

执行此命令后可以读出版本号，其中最低两位表示 Flash ROM 的容量，高四位表示改芯片的版本号。

需要说明的是：进行如下操作之前，一定要先发送“置编程模式”命令，当进行读以外的操作时要执行“解除写保护”命令，否则不能实现编程操作。

● 擦除操作 / 解密操作

擦除操作分为全芯片擦除，页面擦除和数据存储区的擦除。

如果芯片被加密，执行擦除操作将导致全芯片擦除，一旦启动了全芯片擦除操作，将会把所有程序及数据都擦除（但并不包括芯片序列号），所以用户进行此操作要慎重。

要实现全芯片擦除操作，如果芯片是加了密的，由 I²C 接口发送一个“擦除操作”命令后全芯片擦除会自动完成。

当没有加密或是解密之后，进行的擦除操作只是页面擦除。进行页面擦除时，先送需要写数据的页面首地址，执行“送地址低 8 位”和“送地址高 5 位”命令，然后执行一个“擦除操作”命令即可。页面擦除将擦除整页的 32 字节内容。

若是选中了数据区域，且送入的地址小于 3CH 时，将擦除整个数据存储区 60 个字节的数据内容。

● 写操作

进行写操作，首先送需要写数据的地址，执行“送地址低 8 位”和“送地址高 5 位”命令；然后送写入的数据，执行“送编程数据”命令；重复这几个命令，将可以把一批数据映射到一段地址上；最后执行“写操作”，把数据写入到相应的地址单元中。

需要注意的是，地址不允许跨页（Flash 每页地址 32 字节），否则会有数据写入到错误的地址单元中。另外在进行写操作时，要确保在此之前进行过擦除操作，否则会导致写入的数据不正确。

若是选中数据区域，将对数据进行编程。

● 读操作

进行读操作，首先送需要读数据的地址，执行“送地址低 8 位”和“送地址高 5 位”命令；然后读地址单元上的数据，执行“读数据”命令。因为执行一次“读数据”命令后，页内地址会自动加 1，所以重复此命令可以读出一段连续地址上的一批数据。（最多能读 32 字节，但不能跨页）

若是选中数据区域，可以读取数据存储区和芯片序列号的内容。

● 加密操作

为了使用户的设计不被抄袭，本产品具有能够对用户代码进行保护的加密功能。当加密之后，将禁止读出/写入数据，从 I²C 接口读出的数据将始终为 FFH；只有在进行解密操作之后，即全芯片擦除之后，才能恢复对 E²PROM/Flash 的写操作功能。

执行加密的操作是在 E²PROM 的数据域地址 3CH 上写一个非 0 的数。具体步骤如下：

- 首先送“选中数据域”命令
- 然后执行“送地址低 8 位”和“送地址高 5 位”命令，送地址 3CH
- 执行“送编程数据”命令，送一个非 0 的数
- 执行“写操作”，写入一个非 0 的数

需要注意在系统重新上电或复位之后，才能进入加密状态。如果在执行加密操作前代码保护已被使能（即数据域地址 3CH 上为非零数值），那么，本次加密操作将被忽略。

程序与数据的下载

PL3000 系列的嵌入式 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 PL3000PR0.exe、配合串行编程器下载到 PL3000 系列内的 E²PROM 程序存储器中。

本公司提供 PL3000 系列的在系统编程下载器以及相关的 PC 机软件 PL3000PR0.exe。

特别注意：

开发 PL3000 系列带“热地”计量系统时，建议使用隔离变压器供电。

如果应用 PL3000 系列设计的系统本身与交流市电未作隔离（例如电能计量使用电阻分压/分流采样时），在线下载程序时必须断开目标设备的所有电源，使用下载器自身提供的电源供电，确保下载板的地不能连接到市电的“热地”；否则会导致严重损害发生。

10) 实时钟及其数字调校

功能简述

时钟控制部分，包括 PL3000 系列提供的低功耗实时时钟和时钟调校电路（一个 8 位寄存器）以及校准脉冲输出。低功耗实时时钟单元（Real Time Clock）外接 32768Hz 晶振，能自动判断闰年及每个月的天数，所有数据均为十进制（BCD）表示，当主电源掉电后由备用电池供电。PL3000 系列还提供实时时钟调校功能，使得实时时钟的精度能够保持在 30.5ppm。为了方便用户校准时钟，PL3000 系列还提供了一个输出频率为 1Hz 或 1KHz 的秒脉冲输出。

编程指南

针对实时时钟，仅仅需要在第一次上电时，对相关的寄存器写入正确的时间数据就可以了。如果有必要，以后可以通过读 E²PROM，UART 等方式进行重新校正。对月和日寄存器操作时，注意他们是以 1 为起始点，与年、时、分、秒等以 0 为起始点不同。对于第一次上电的芯片，包括掉电（主电源和备用电池同时掉电）后的芯片，如果在没有写入新的合法数据的情况下读出的数据是随机的。对实时钟读写操作时通过 EXT_ADR 和 EXT_DAT 两个寄存器来实现的。具体如下表：

EXT_ADR(D9H)	EXT_DAT(D8H)
80H	Time Adjust Register
81H	Second Register
82H	Minute Register
83H	Hour Register
84H	Week Register
85H	Day Register
86H	Month Register
87H	Year Register
FFH	Write Protect Register

上表中列出的是实时钟的地址及寄存器。就实时钟的读写下面举例说明：
将实时钟数据读到内部 RAM 中：

```

MOV    R0,#30H
MOV    EXT_ADR,#81H
LOOP:  NOP
MOV    A,EXT_DAT
MOV    @R0,A
INC    EXT_ADR
INC    R0
CJNE   R0,#37H,LOOP

```

.....

对于写实时钟操作，首先的将写保护取消才能操作，在写操作结束后，应将写保护使能。以下举例说明写入时间：04 年 2 月 4 日 12 时 34 分 55 秒，星期 3：

```

MOV    EXT_ADR,#0FFH
MOV    EXT_DAT,#0FFH
MOV    EXT_ADR,#81H
MOV    EXT_DAT,#55
INC    EXT_ADR
MOV    EXT_DAT,#34
INC    EXT_ADR
MOV    EXT_DAT,#12
INC    EXT_ADR
MOV    EXT_DAT,#3
INC    EXT_ADR
MOV    EXT_DAT,#4
INC    EXT_ADR
MOV    EXT_DAT,#2
INC    EXT_ADR
MOV    EXT_DAT,#4
MOV    EXT_ADR,#0FFH
MOV    EXT_DAT,#0

```

.....

需要特别说明的是,对于实时钟的写操作,扩展地址寄存器的赋值和扩展数据寄存器赋值必须连续进行,中间不允许插入其它指令。

PL3000 系列内每 10 秒加减 N 个低频晶振 clock(32.768KHz) N 是 D6-D0 的补码, D7 为符号位, D7=0 为减 clock, D7=1 为增加 clock。最小解析度为 $1/32768 \times 10 = 1/0.32768\text{ppm}$ 。例如:此寄存器值为 02h,则表示每 10 秒减 2 个低频晶振 clock,即每 10 秒时钟减慢 $2/32768=61\mu\text{s}$ 。

调校方法:根据低频晶振的实际频率 f 与 32.768KHz 的差值来确定时钟的调校幅度,得到写入此寄存器的误差值 N,写入寄存器(Time Adjust Register)中,然后硬件作出相应增减 clock 动作。误差值 $N=(f-32768) \times 10$ 。用户可以通过测试管脚(CK1HZ)的脉冲频率来检测调校结果。如果低频晶振为 32.768KHz,那么时钟不需调校(Time Adjust Register 默认为 0)。如果低频晶振大于 32.768KHz, N 为正值,此时 CK1HZ 输出的脉冲频率每 10s 中内的平均频率为 1Hz。如果低频晶振小于 32.768KHz, N 为负值,此时 CK1HZ 输出的脉冲频率每 10s 中内的平均频率也为 1Hz。

寄存器

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。

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_CTRL (FDH) 外部控制寄存器

Read

	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0
	TCKSEL	--	IC_DIV1	IC_DIV0	ESAM_DIV1	ESAM_DIV0	---	---
Reset	0	--	0	1	--	--	--	--

注解:

TCKSEL: TCKSEL: 1Hz/1KHz 选择位, TCKSEL=0 时为 1Hz 输出, TCKSEL=1 时为 1KHz 输出。

其它位不用于 1Hz/1KHz 选择位控制。(IC_DIV1, IC_DIV0: IC 卡时钟频率控制。SAM_DIV1, ESAM_DIV0: ESAM 时钟频率控制)

PL3000 系列芯片的使用及典型应用举例

校表

注：校表时各个寄存器所相对应位的确切定义详见“电能计量”部分。

校表模式介绍

PL3000 系列可以通过两种方式进行校表：简单模式以及软件模式

简单模式：通过调整外围的阻容元件值进行校表；

软件模式：通过 8051 将校表数据写入到相关的校表寄存器中。

软件校表操作过程

有功、无功电能计量校表方法相似，此处以有功电能计量校表过程为例：

- 系统上电进入电能计量默认工作状态：开始产生脉冲驱动字轮。
- 取消寄存器写保护：向以 FFH 为地址的寄存器中，写入 FF 数据。
- 设置控制寄存器：向以 FCH 和 FDH 为地址的寄存器中，写入适当数据。
- 设置有功门限寄存器：在 100% 标称电流模式下，调整有功门限寄存器值，该值为两字节无符号数（高字节地址是 13H；低字节地址是 12H），直到得到理想的计量误差，并记下该寄存器值。
- 误差检查：分别切换到 5% 以及 400%（600%）Ib 模式下，检查计量误差。

注：如果外围电路能保障电流/电压通道不产生额外相移且板级噪声干扰足够小，上述简化校表流程即可满足精度要求，否则还需要进行相位校正以及能量补偿校表过程。需要特别说明的是 PL3000 系列内部的数字相位校正逻辑只能对 $\pm 1^\circ$ 内的相位误差进行校正，超过的部分必须通过板级设计来解决。

相位校正：

- 在 100% 标称电流模式下，将校表台相位调整至 90 度，并设置有功门限寄存器为一相对较小值（比如，将该值缩小 1024 倍），直到看到较高频率的有功电能计量脉冲（比如，每秒 10 次）。
- 调整相位校正寄存器 DPC（FEH）的值校正相位，直到获得最低频率的有功电能计量脉冲（比如，每分 10 次），并记下该寄存器值。
- 恢复有功门限寄存器的值。
- 分别切换到 5% 以及 400%（600%）Ib 模式下，检查计量误差。

线性补偿：

- 在 5% Ib 模式下，调整有功线性补偿寄存器的值（高字节地址：11H；低字节地址：10H），直到得到理想的计量误差；

- 切换到 100% Ib 模式下，重新调整有功门限寄存器，直到得到理想的计量误差；
- 切换到 5% 标称电流模式下，重新调整有功线性补偿寄存器，直到得到最满意的计量精度；
- 切换到 100% Ib 模式下，重新调整有功门限寄存器，直到得到理想的计量误差；
- 分别切换到 5% 以及 400% (600%) Ib 模式下，检查计量误差。

需要特别说明的是 PL3000 系列所提供的线性补偿功能只是针对采样电路产生的非线性（例如电流互感器在小电流下的非线性），其本身在 1000:1 的动态范围下均有极好的线性度无需任何补偿。

交流频率计量过程：

可随时读取交流频率计量寄存器的值（高字节，01H；低字节，00H），用 250000 除以这个值得到的带两位小数的值即为当前交流频率。

$$f = 250000 * OSC / (Treq * 9600000) \quad \text{其中，OSC 晶体实际频率}$$

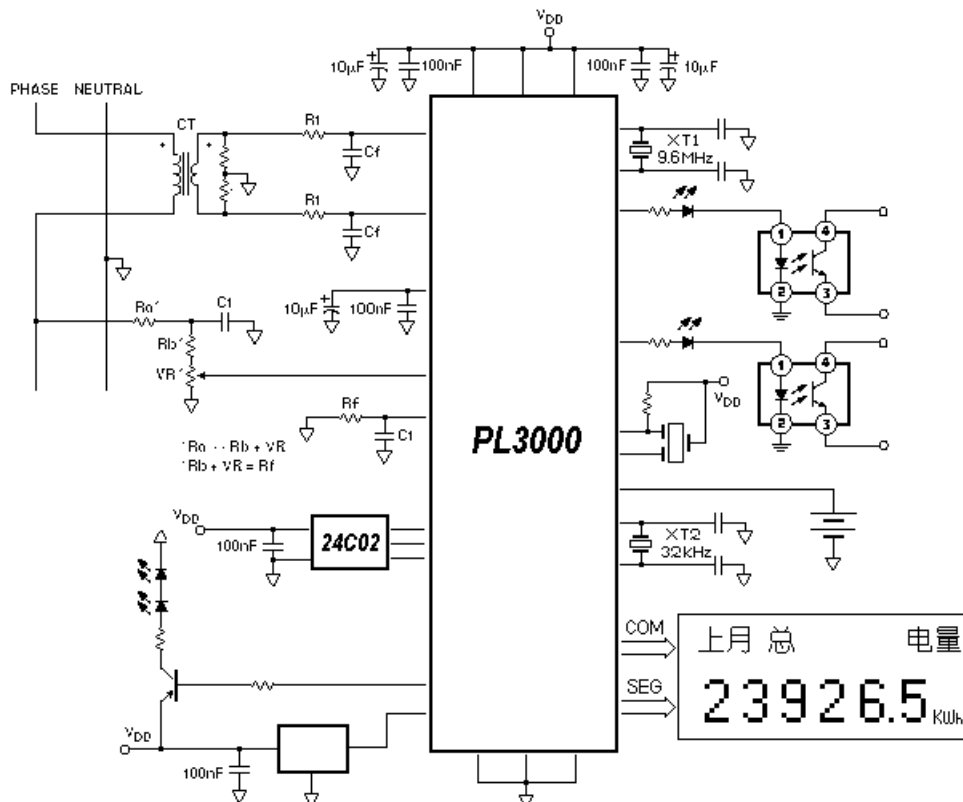
电压和电流有效值计量：

对 FBH 地址的只读寄存器进行的写操作来启动电压、电流计量时刻起 300ms 后再查询 RMS_0V 为高时，可以读取电压计量值(Vrms)、电流计量值(Irms)和采样周波数(Tcal)来用以计算电流、电压有效值。

具体算法参见相关“寄存器使用”部分。

单相复费率多功能电表应用

下图是一例应用 PL3000 系列芯片设计的单相复费率多功能电表典型应用示意



由上面单相复费率多功能电表的电路原理图可以看出，它具有：有功/无功多费率电能计量，LCD 液晶显示及停电抄表功能，具有红外线通信以及 RS485 通信接口。可以显而易见地看出由于采用了 PL3000 系列单相电能计量 SoC，系统构成极为简化，外围器件大幅度减少，系统制造成本和可靠性都得到了有效提升。

以下是 PL3000 系列芯片各个主要功能模块实现的典型应用示意图，希望通过这些可以进一步加深用户对 PL3000 系列芯片各个功能模块的了解。

附录 A: PL3000 系列寄存器快速查询表
PL3000 系列特殊功能寄存器 (SFR) 列表

REGISTER	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	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	SMOD1	WDT	PU	CMPO	LPMODE	VBFO	PF1	87H	R
PCON	SMOD	SMOD1					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	R/W
P1	P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0	90H	R/W
SCON0	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	98H	R/W
SBUF0									99H	R/W
P2	P2.7								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
TCON1			TF2	TR2			IE2	IT2	C8H	R/W
TMOD1			T2_SEL	T1_SEL	GATE	C/T	M1	M0	C9H	R/W
TL2									CCH	R/W
TH2									CDH	R/W
PSW	CY	AC	F0	RS0	RS1	OV	ALU_MOD	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
IR_CNT1	38K 红外发送分频器								DBH	R/W
ACC									E0H	R/W
ACC_H									E1H	R/W
PMU_DAT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	E8H	R/W
PMU_ADR	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	E9H	R/W
B									F0H	R/W
B_H									F1H	R/W

SSC_DAT	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	F8H	R/W
SSC_ADR	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	F9H	R/W
SSC_BUF	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	FAH	R/W

电能计量单元 (PMU) 地址分配表 (必须使用 9.6MHz 晶体)

REGISTER	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0	ADDRESS	ACCESS
Freq LB									00H	R
Freq HB									01H	R
Irms1									02H	R
Irms2									03H	R
Irms3									04H	R
Irms4									05H	R
Vrms1									06H	R
Vrms2									07H	R
Vrms3									08H	R
Vrms4									09H	R
IAD LB									0AH	R
IAD HB									0BH	R
UAD LB									0CH	R
UAD HB									0DH	R
P.CNT									0EH	R
Q.CNT									0FH	R
Poff LB									10H	R/W
Poff HB									11H	R/W
Pgate LB									12H	R/W
Pgate HB									13H	R/W
Qoff LB									14H	R/W
Qoff HB									15H	R/W
Qgate LB									16H	R/W
Qgate HB									17H	R/W
Qd_gate									F0H	R/W
IP1									F1H	R
IP2									F2H	R
IP3									F3H	R
IP4									F4H	R
IQ1									F5H	R
IQ2									F6H	R
IQ3									F7H	R
IQ4									F8H	R
Tcal_LB									F9H	R
Tcal_HB									FAH	R
Status	RSM_OV	Z_FLAG	Z_DIR	LDE	Q_DIR	Q_CF	PDIR	P_CF	FBH	R

Config	ENA	AC_DC	PIE	QIE	PMOD	QMOD		IseI	FCH	R/W
Iagc_cfg							G1	G0	FDH	R/W
DPC									FEH	R/W
WP Register	数据为 FFH 时取消写保护，否则将使能写保护								FFH	W

注：对地址进行写操作时，均要取消写保护！

对 FBH 地址进行写操作，将开始进行 Irms,Vrsm 的计算

外部设备地址分配表

REGISTER	BIT7	BIT6	BIT5	BIT4	BIT3	BIT2	BIT1	BIT0	ADDRESS	ACCESS
LED/LCD BUFF0									00H	W
LED/LCD BUFF1									01H	W
LED/LCD BUFF2									02H	W
LED/LCD BUFF3									03H	W
LED/LCD BUFF4									04H	W
LED/LCD BUFF5									05H	W
LED/LCD BUFF6									06H	W
LED/LCD BUFF7									07H	W
LED/LCD BUFF8									08H	W
LED/LCD BUFF9									09H	W
LED/LCD BUFF10									0AH	W
LED/LCD BUFF11									0BH	W
Time Adjust Register									80H	R/W
Second Register		D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	81H	R/W
Minute Register		D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	82H	R/W
Hour Register			D5	D4	D3	D2	D1	D0	83H	R/W
Week						D2	D1	D0	84H	R/W

Register										
Day Register			D5	D4	D3	D2	D1	D0	85H	R/W
Month Register				D4	D3	D2	D1	D0	86H	R/W
Year Register	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	87H	R/W
LP_CON	SEC_CNT3	SEC_CNT2	SEC_CNT1	SEC_CNT0	MOD				DFH	R/W
EBYTE_ADR_L			D5	D4	D3	D2	D1	D0	E0H	W
RAM_ADR_L	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	E1H	W
RAM_N			D5	D4	D3	D2	D1	D0	E2H	W
PGM/READ	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	E3H	W
FGEN_VAL	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	E8H	R/W
DI_7816									E9H	R/W
DO_7816									EAH	R
ISO7816_CON	IOSEL		ERR_RST	C_INTP			IO_REN	IO_WEN	EBH	R/W
I_MAX_ETU2	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16	ECH	R/W
I_MAX_ETU1	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	EDH	R/W
I_MAX_ETU0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	EEH	R/W
I_ETU1	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	EFH	R/W
I_ETU0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	F0H	R/W
I_MIN_ETU1								D8	F1H	R/W
I_MIN_ETU0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	F2H	R/W
E_MAX_ETU2	D23	D22	D21	D20	D19	D18	D17	D16	F3H	R/W
E_MAX_ETU1	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	F4H	R/W
E_MAX_ETU0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	F5H	R/W
E_ETU1	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	F6H	R/W
E_ETU0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	F7H	R/W
E_MIN_ETU1								D8	F8H	R/W
E_MIN_ETU0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	F9H	R/W
7816_STATUS	TIME_INADQ	TIME_OV	ERR_INTP	RBYTE_RDY			W_PLR_ERR	WBYTE_RDY	FAH	R
TS_VAL[15:8]	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	FBH	R
TS_VAL[7:0]	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	FCH	R
EXT_CTRL	TCKSEL		IC_DIV1	IC_DIV0	ESAM_DIV1	ESAM_DIV0			FDH	R/W
EXT_CFG			IR	TS	FGEN	LED/LCD	IR38K		FEH	R/W
WP Register	数据为 FFH 时取消写保护，否则将使能写保护								FFH	W

注：对地址 80H--87H, E0H--E3H 进行写操作时，均要取消写保护！

PL3000 系列芯片手册更新记录			
版本	发行日期		
版本 1.0	2005/11/07		
版本 1.1	2006/3/23	增加低功耗模式下循显编程指南	
版本 1.2	2006/4/12	增加瞬时功率和潜动说明	