

基于 V9811 的单相电子式多费率电能表设计方案

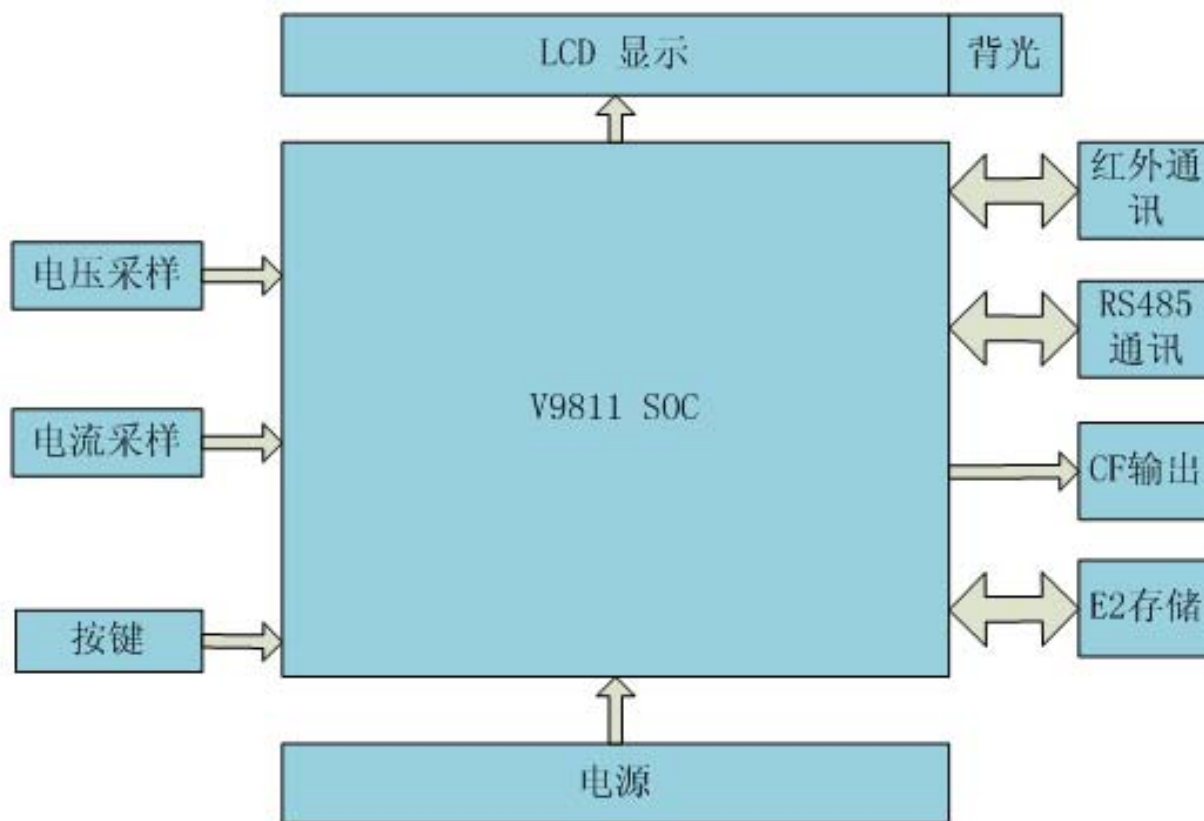
1. 背景和目标

随着社会经济快速发展和社会的进步，民用电力需求和能源消耗的矛盾日益巨大，而节能是时下的主流意识，所以，提高能源利用率已经成为当今社会主题。同时，电网的老化和屡次出现的电力中断现象清楚地显示出电网已到使用极限，为了便于电网的管理和日常维护，电能表必须能够提供更多的用电数据。另外，随着居民生活条件的提升，“先用电，后抄表，再付费”的传统作业方式一定程度上给电网管理带来诸多不便，比如，庞大的抄表队伍存在弊端多、效率低等问题，对社会资源造成巨大浪费。因此，在信息化、网络化、电力系统大力现代化的今天，必须建设“具有信息化、数字化、自动化、互动化特征的统一的坚强智能电网”。正是基于以上背景，智能电能表应运而生。

智能电能表，就是通过计算机和通讯等技术，根据微处理器和计量芯片设计而成的，具有电功率计量计时、计费，能与上位机通讯，可进行用电管理等功能的低功耗电能表。与老一代机械表相比，智能电能表能与上位机通讯，可以使电力部门和物业管理部门从根本上降低人力成本，提高工作效率；分时段分费率的计量功能，可以更好地进行用电管理，提高社会节能意识；低功耗的设计，可以大大降低能源的消耗，适应了社会和用户的需求。

2. 原理简图

V9811 是一款高性能的单相电能计量 SoC 芯片，集成模拟前端、电能计量模块、增强型 8052 内核、RTC、WDT、Flash、SRAM 和 LCD 驱动等功能模块，所以，我们只需要在 V9811 外围添加电源、电压/电流采样、按键、LCD、背光、红外通讯、485 通讯、EEPROM 等少量电路就能设计出一个完整的智能电能表方案，从而极大地降低电表制造成本。



图表原理简图

3. 原理介绍

电能表的实现原理：电压/电流采样电路对电网的电压和流过电能表的电流进行采样，采样得到的电压电流信号，经过乘积后得到功率值，再按时间积分，得到电能量，而智能电能表通过输出的 CF 脉冲计数来衡量电能量，比如，脉冲常数为 1200imp/Kwh，说明电能表每输出 1200 个 CF 脉冲即代表用户使用了 1kwh 的电能量。电能表校正好误差后，只需要对 CF 脉冲计数就可以得到电能量，通过存储来保存电能量，LCD 及时显示用户使用了多少电能，并可通过红外和 RS485 通讯的方式来读取和设置电能表的电量和参数。

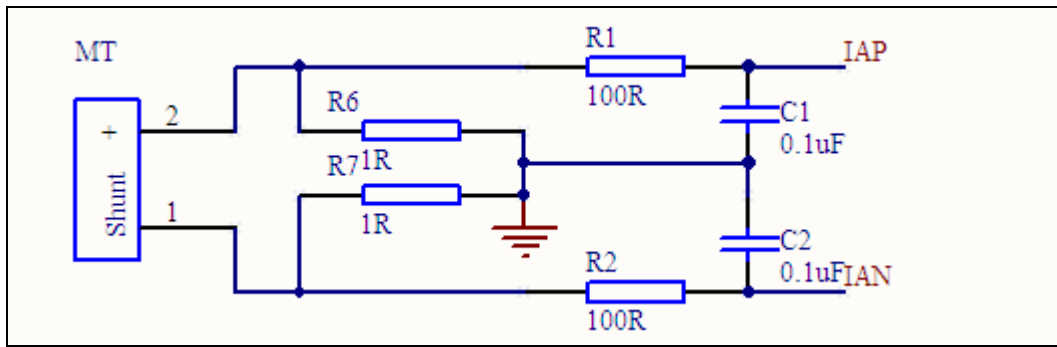
与传统电能表相比，智能电能表具有以下几个主要特点：

- 测量精度高。可以利用微处理器执行指令的快速性和 A/D 转换的时间短等特点对被测量进行多次测量，然后求其平均值，以排除一些偶然的误差与干扰，并通过数字滤波，剔除粗大误差和随机误差的方法提高测量精度；
- 能够进行间接测量。智能电能表可以利用内含的微处理器通过测量几种容易测量的参数，间接地求出某种难以测量的参数；
- 能够自动校准。智能电能表在使用前可进行自动校准；

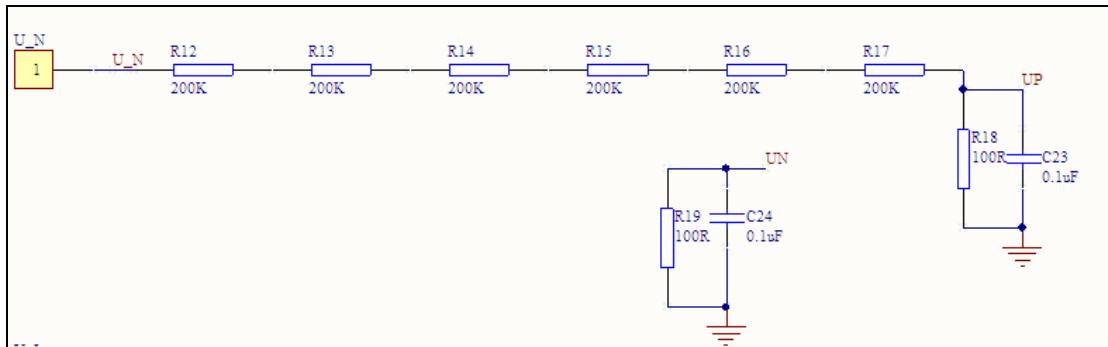
- 计量精度：
 - ✓ 满足 GB/T 17215.321-2008、GB/T 17215.322-2008 和 GB/T 17215.323-2008 的要求
 - ✓ 在电流 2000:1 动态范围内，有功计量误差小于 0.1%
 - ✓ 在电流 1000:1 动态范围内，无功计量误差小于 0.1%
 - ✓ 在电流 1000:1 动态范围内，电压/电流有效值计量误差小于 0.5%
- 提供各种测量数据：
 - ✓ 3 路电压/电流信号原始波形和直流分量
 - ✓ 瞬时/秒平均有功/无功功率、秒平均视在功率、正反向有功/无功电能
 - ✓ 瞬时/秒平均电压/电流有效值
 - ✓ 线电压频率
 - ✓ 温度，测量精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$
 - ✓ 电池电压/系统电压/外部电压
- 支持同一路电流进行有功与无功电能计量，或者两路电流同时进行有功电能计量
- 支持电流有效值电能计量、常数计量和 1/4 降频计量
- 提供四个可配置的 CF 脉冲输出
- 支持软件校表：
 - ✓ 支持角差校正，角差校正范围 $\pm 1.4^{\circ}$
 - ✓ 支持有效值/功率比差校正，并支持有功/无功功率二次补偿（offset 校正）
 - ✓ 支持小电流加速校表
 - ✓ 支持电压过零点中断
- 电流输入：普通 CT 和锰铜分流器
- 其它特点：
 - 高性能 8 位 8052 兼容 MCU 内核，工作频率可编程，运算能力最高可达 26MHz/6.5mips
 - 集成起振电路和 PLL，片外仅需一个 32768Hz 晶体，支持晶体停振时的起振复位功能
 - 64kB FLASH 存储器，具有写保护和加密功能，支持 ISP 和 IAP
 - 4kB 外部 SRAM 存储器
 - 高性能 RTC，支持温度补偿，实时秒脉冲校正，全温度范围内误差小于 5ppm
 - 4 路全速 UART，其中一路支持红外通信

- 最多 43 个可配置的 GPIO，提供端口中断
- 最多 10 个硬件定时器。其中，16-bit TimerA，支持多个比较/捕获功能，支持多个时序控制和多个 PWM 输出，具有广泛的中断功能
- 4×24/6×22 段 LCD 驱动电路，支持多种扫描频率；LCD 驱动电压在 2.7V~3.3V 范围内可调，调整步长 100mV
- 时钟独立的硬件看门狗电路，增强系统的稳定性
- JTAG 实时调试系统
- 提供多种工作模式以及休眠唤醒方法，满足不同功耗需求。

4.2. 采样回路



图表 1 电流采样回路



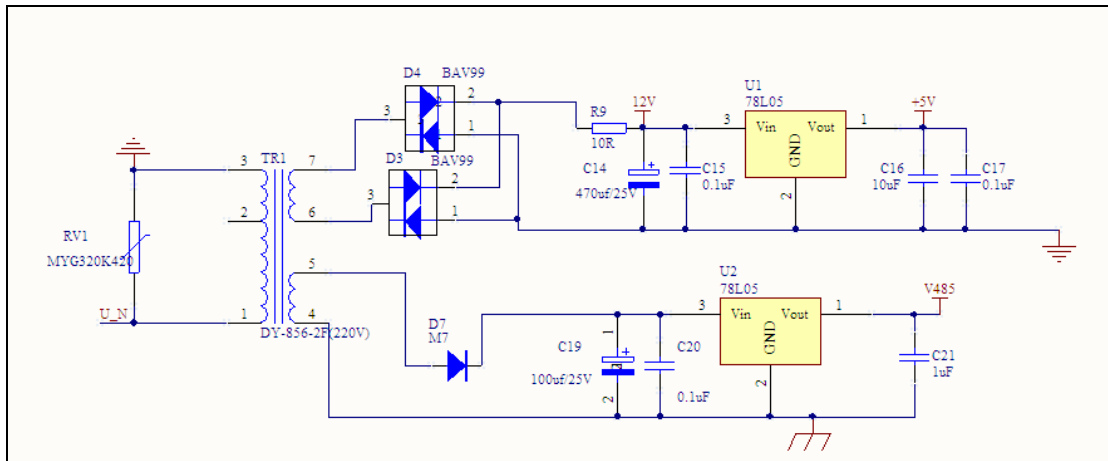
图表 2 电压采样回路

电压和电流采样电路用于对电网的电压和用户使用的电流进行采样。

在本方案中，采样电流使用的是锰铜分流器。锰铜分流器其实就是一个阻值为微欧级别的采样电阻。因为温度对锰铜的阻值影响非常小，所以用锰铜分流器可以很好地采样电流回路的信号。由于使用的锰铜的阻值极小，经锰铜分流器处理后的电流信号也非常小，所以对后端采样的 ADC 要求非常高，而本方案采用的 V9811 内部的过采样 Σ/Δ ADC 能很好的完成此项任务，为后续准确计量电量奠定了很好的基础。

电压采样是通过分压电阻来完成，分压后的信号也同样进入 V9811 的 ADC 进行处理。

4.3. 电源电路



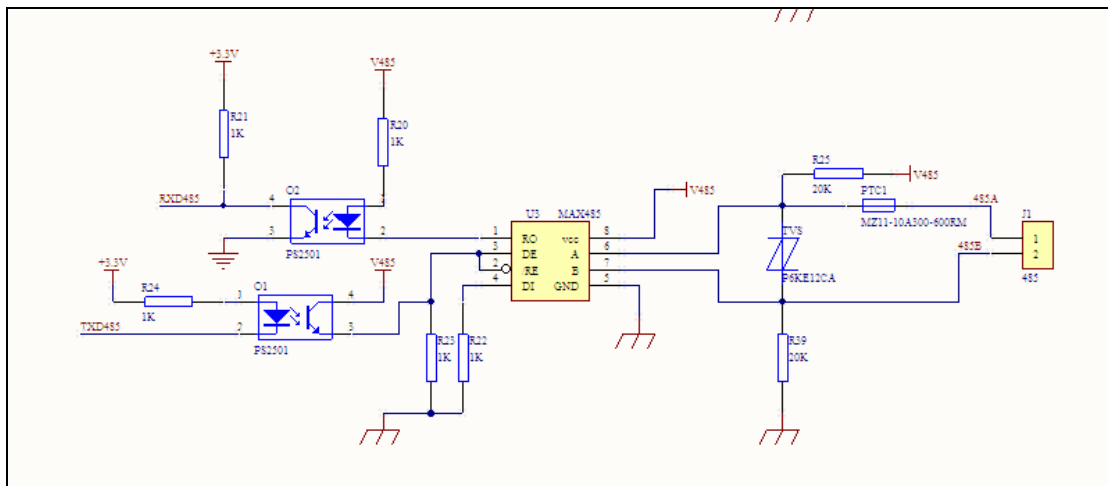
图表 3 电源电路

电源电路，采用变压器供电，首先经变压器降压后，通过全桥整流后，经过 78L05 稳压芯片稳压到 5V 电压，为主回路供电。另外，由于主回路和 RS485 通讯回路是隔离的，所以 RS485 电源是单独供应的：变压器的另外一个输出端经过整流后通过 78L05 为稳压成 5V，为 RS485 通讯回路供电。

4.4. 通讯电路

本方案的通讯电路主要包括 485 通讯电路和红外通讯电路。

4.4.1. 485 通讯电路



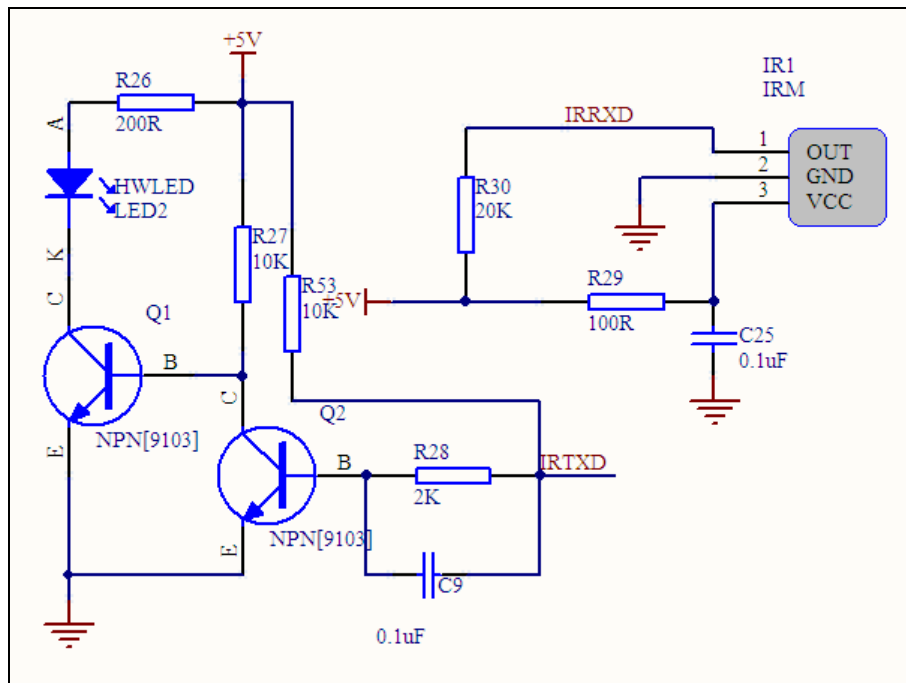
图表 4 485 通讯电路

图表 6 所示为智能电能表中典型的 RS485 通讯电路：通过光耦隔离后，再将发送和接收芯片连接到 R485 芯片端，经过 RS485 芯片后，输出 A/B 差分信号使得传输信号的抗干扰能力大大加强。

以上 RS485 通讯电路具有以下特点：

1. RS485 的电气特性：逻辑“1”以两线间的电压差为+（0.2~6）V 表示；逻辑“0”以两线间的电压差为-（0.2~6）V 表示。接口信号电平比 RS-232-C 降低了，就不易损坏接口电路的芯片，且该电平与 TTL 电平兼容，可方便地与 TTL 电路连接；
2. RS485 的最大数据传输速率为 10Mbps；
3. RS485 接口是采用平衡驱动器和差分接收器的组合，抗共模干扰能力增强，即抗噪声干扰性好；
4. RS485 最大的通信距离约为 1219 米，最大传输速率为 10Mb/s，传输速率与传输距离成反比，在 100Kb/s 的传输速率下，才可以达到最大的通信距离，如果需传输更长的距离，需要添加 485 中继器。RS485 总线一般最大支持 32 个节点，如果使用特制的 485 芯片，可以达到 128 个或者 256 个节点，最大的可以支持到 400 个节点。

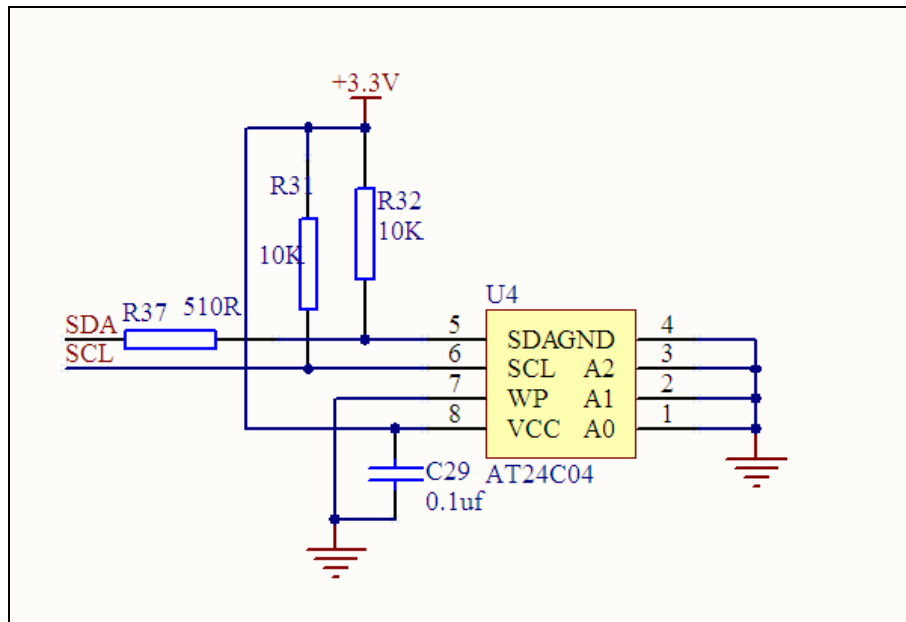
4.4.2. 红外通讯电路



图表 5 红外通讯电路

红外通讯电路的工作原理是发送 0 表示调制 38kHz；发送 1 表示不发送；红外接收 38kHz 时，输出 0；没有接收到 38kHz 时，则输出 1。红外通讯距离至少为 5 米。

4.5. 数据存储电路

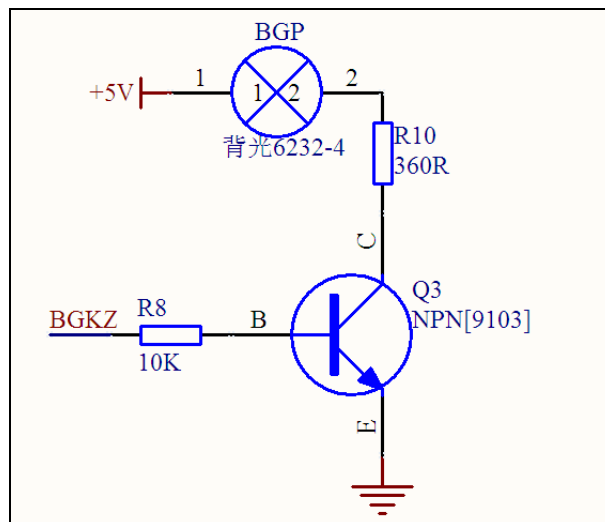


图表 6 数据存储电路

数据存储电路主要功能是通过 I2C 方式把电表的各个参数和电量数据写入到 EEPROM 中，以保存数据。

4.6. 显示电路

显示电路主要由液晶背光控制电路和液晶显示电路，其主要功能是通过液晶屏显示电量、电压、电流等数据，以便于客户查看。



图表 7 液晶背光控制电路

LCD

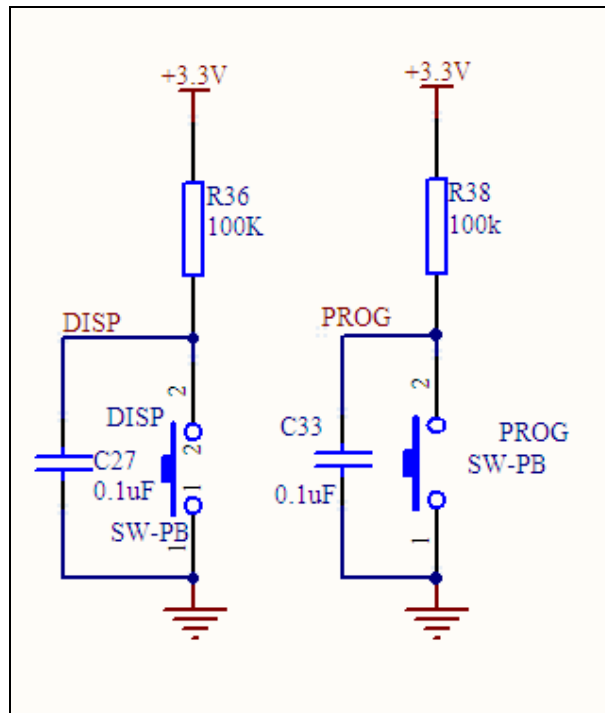
COM0	28	COM4
COM1	27	COM3
COM2	26	COM2
COM3	25	COM1
SEG6	18	SEG17
SEG7	17	SEG16
SEG4	20	SEG19
SEG5	19	SEG18
SEG2	22	SEG21
SEG3	21	SEG20
SEG0	24	SEG23
SEG1	23	SEG22
SEG17	2	SEG1
SEG16	1	SEG0
SEG19	4	SEG3
SEG18	3	SEG2
SEG20	6	SEG5
SEG23	8	SEG4
SEG22	7	SEG7
SEG14	10	SEG6
SEG15	9	SEG9
SEG12	12	SEG8
SEG13	11	SEG11
SEG10	14	SEG10
SEG11	13	SEG13
SEG8	16	SEG12
SEG9	15	SEG15
		SEG14

图表 8 液晶显示电路

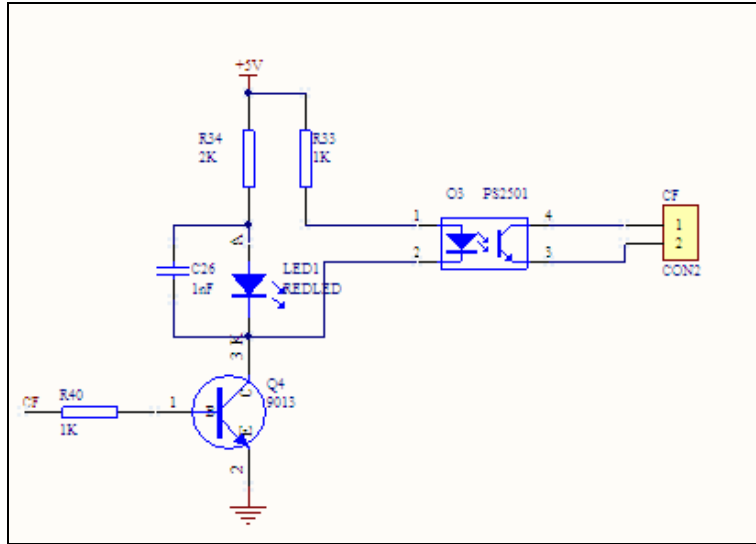
4.7. 按键和CF脉冲电路

按键分为翻阅键和编程键。翻阅键用于翻阅电能表的液晶，显示内容。而编程键的作用是为了安全设置的保护：只有在按下编程键时，工作人员才能进行编程，图表 11 即为翻阅键和编程键的电路图。

电能表的 CF 脉冲输出可以供校表或脉冲采集使用，以使用标准检测源去校正和查看电能表计量误差是否正确。脉冲输出宽度为 $80 \pm 20\text{ms}$ 。图表 12 即为 CF 脉冲电路。



图表 9 按键电路






图表 10 CF 脉冲输出电路

5. 软件介绍

5.1. 程序功能

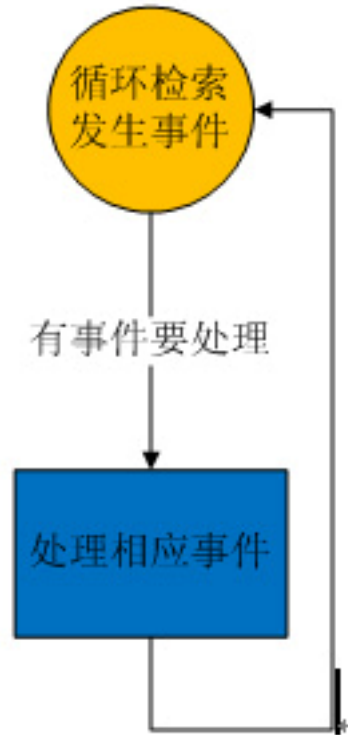
智能电能表的程序需要实现以下几项功能：电能计量、电量冻结、时钟、费率、通讯、有效值测量、编程、事件记录、显示等。

- 程序需要实现的电能计量功能包括：
 - 正向、反向有功电能量计量功能，并可以设置组合有功电能量
 - 电能计量正向有功电能，反向电能计入正向
 - 历史电量：表内保存 12 个月的有功总电量
- 程序需要实现的电量冻结功能主要包括：
 - 支持日冻结、月冻结、整点冻结、定时冻结、瞬时冻结、约定冻结多种冻结方式
 - 结算日可设可抄。表内保存和显示当前、上月、上上月的有功总电量
- 程序需要实现的时钟功能主要包括：
 - 具有时钟日历计时功能，闰年自动切换
 - 具有校时功能，校时无需按下编程按键。在通电条件下，可通过掌机进行时钟校对，一天一次。时钟校准幅度=1 分钟+间隔天数×5 秒，否则仪表将不作响应
- 程序需要实现的费率功能主要包括：费率和时段，支持尖、峰、平、谷四费率。
- 程序需要实现的通讯功能主要包括：

- 可通过红外或 RS485 对电表进行编程和数据抄收，通讯速率 1200bps
- 支持 DL645 规约
- 红外通信接口：通信距离： $\geq 5\text{m}$ ，通信角度： $\geq \pm 15^\circ$
- RS485 通信接口：为保护电表，RS485 通信接口和电表内部电路实行电气隔离，接口电路具有抗 6KV 雷击功能。
- 程序需要实现的有效值测量功能主要包括：能够精确测量电压、电流、有功功率、功率因数和频率
- 程序需要实现的编程和事件记录功能主要包括：
 - 编程控制：具有编程禁止功能，编程时需打开编程开关进入“编程允许”状态，还需验证密码，编程有效时间 5 分钟。按下编程按键后，液晶上显示按键“”符号，表示可以设置仪表参数
 - 编程内容：包括时间日期设置、电表号设置、电量结算日设置，编程密码修改等
 - 编程检查：各编程项目的检查功能可以通过抄表机和电表管理主站计算机来实现。回抄并显示所有设置数据，以便工作人员进行比对检查
 - 抄表功能：抄表机可以抄读电表号、当前日期时间、当前电量、历史电量、事件记录及电表故障字等数据
 - 记录最近一次编程时间及编程次数
- 程序需要实现的显示功能主要包括：
 - 反极性检测：当出现反向功率时，LCD 显示“”
 - 电池检测和显示：当电池电压低时，液晶显示“”
 - 采用宽温 LCD 显示电量、参数，显示直观清晰，方便抄表。通过 LCD 显示各种参数设置情况和测量用电数据。可实现 LCD 按键显示当前电量、分相电量、上月电量、上上月电量、局号、日期、时间、脉冲常数、结算日等数据
 - 在没有按键或红外查看电表命令操作下，电表常显第一屏（也可设置自动轮显项）。在按键或红外查看命令时，显示所设置键显项信息。在停止操作按键或红外查看命令 20 秒后，返回第一屏显示当前电量
 - 电量显示高位“0”可以关闭或打开
 - 可利用查询按键查看表内其它数据,采用这种方式可以快速翻页，迅速查看需要内容
 - 停电情况下，液晶显示总电量，按键可以按显其他内容选择和设置。停电后 5×24 小时（可设）关闭显示，关闭显示时间可以设置。若 5 天关闭后，可通过按键唤醒显示，可以进行停电按键显示其他内容，20 秒后重新关闭 LCD
 - 可按键或红外通讯唤醒背光，30 秒后背光灭

5.2. 系统运行机制

整个程序的处理是基于事件触发的，也就是说，程序循环判断是否有事件发生。如果有事件发生，则处理事件；如果没有事件发生，则继续检索是否有事件发生，如图表 13 所示。



图表 13 程序处理机制

5.2.1. 事件类型

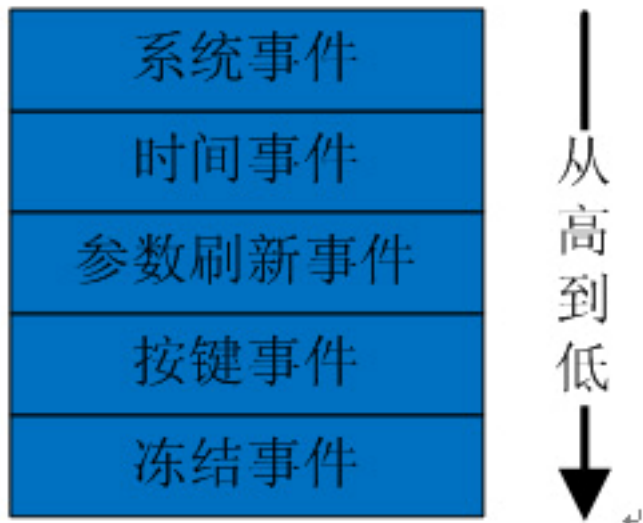
目前程序中事件类型分为以下几类：系统事件、时间事件、参数刷新事件、按键事件、冻结事件。

- 系统事件分为：掉电事件、能量事件、显示刷新事件、通讯事件、电量清零事件、事件清零事件。
- 时间事件分为：秒事件、分事件、小时事件、天事件。
- 参数刷新事件：分为费率参数刷新事件、波特率刷新事件、校表参数刷新事件、RTC 参数刷新事件、配置参数刷新事件、显示参数刷新事件、EEPROM 初始化参数刷新事件、RTC 数据刷新事件。
- 按键事件分为：翻页键事件、编程键事件。
- 冻结事件分为：定时冻结事件、整点冻结事件、日冻结事件、瞬时冻结事件。

5.2.2. 事件优先级

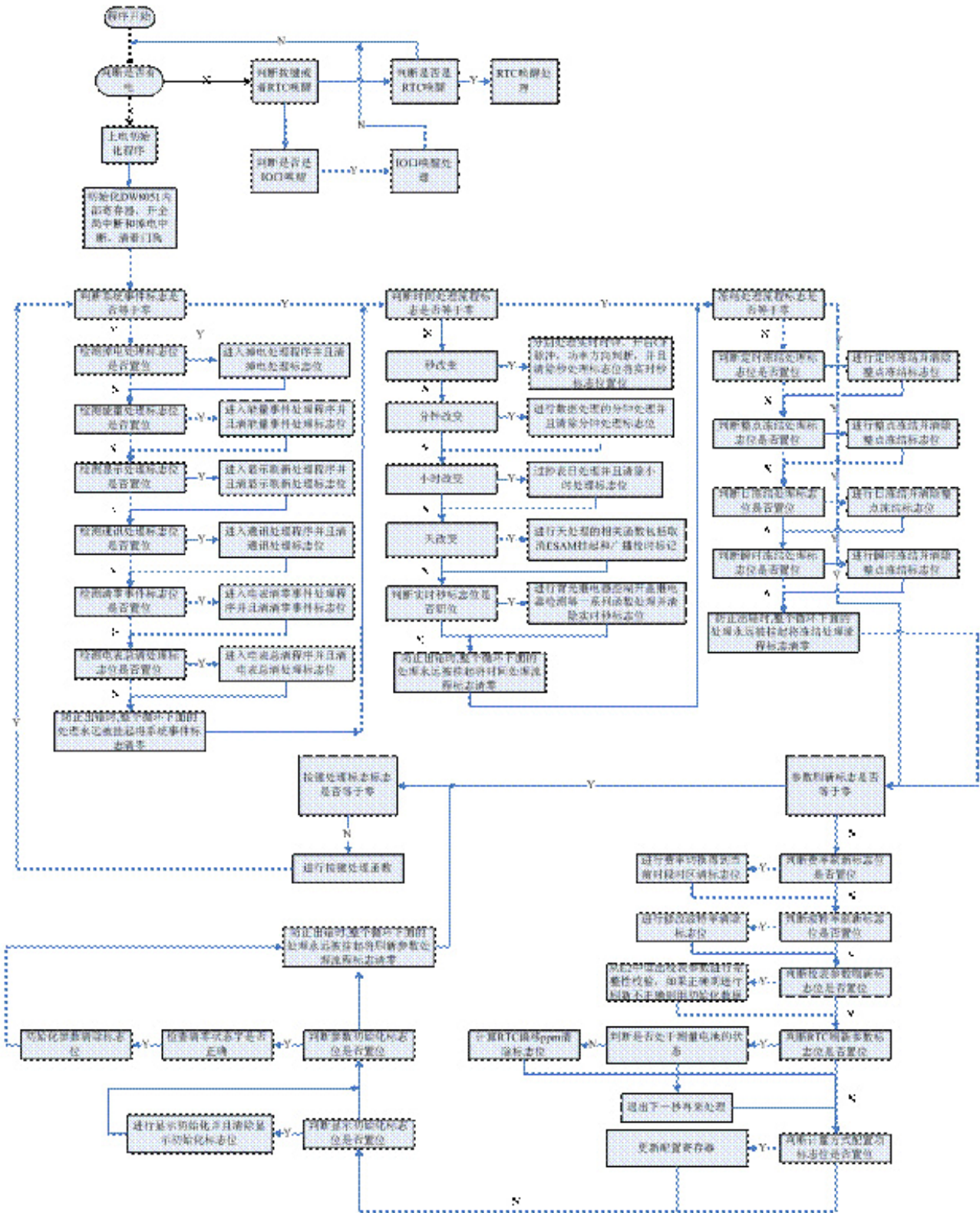
程序中所有的更改事件均有优先级，即，当几个事件一起发生时，程序会先执行高优先级事件，再执行低优先级事件。

如果各事件的执行没有优先级，则系统总是从头到尾查询是否有事件要处理，从而导致系统对事件的响应变慢。比如，《DL_T_645-2007_多功能电能表通信协议》要求，通讯过程中，电能表接收到数据帧后，在 20~500ms 内必须回复数据，如果没有优先级，而程序跑完整个流程所需时间超过 500ms（事件繁忙的时候），这样就会导致程序不符合需求，而且不容易解决。



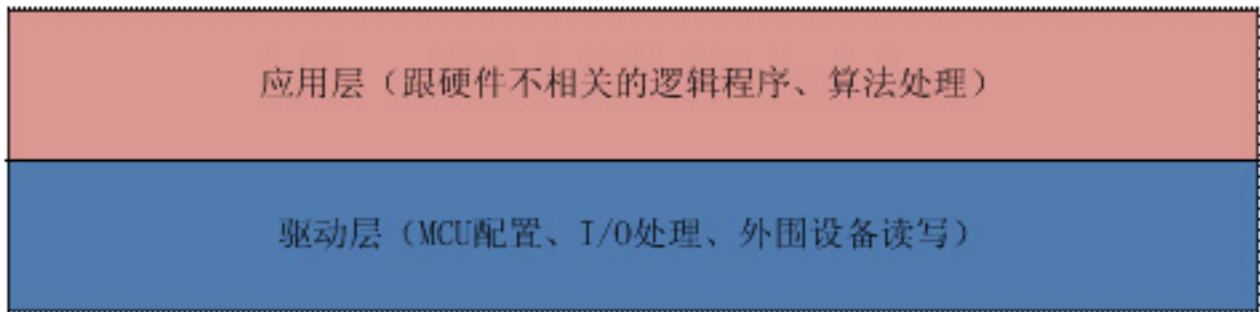
图表 14 事件优先级

6. 统流程图



图表 11 主函数流程图

6.1. 系统结构图



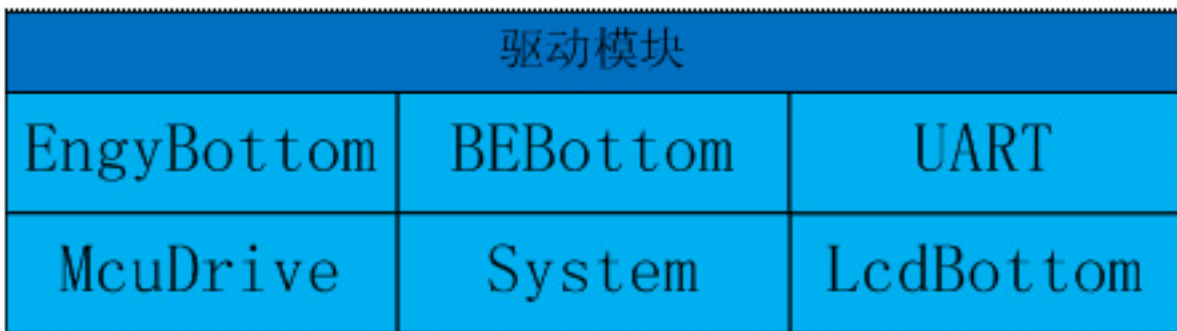
图表 12 系统结构图

从系统结构图可以看出，程序从总体上可以分成驱动层和应用层两个部分。

6.2. 驱动层

驱动层的主要功能是跟硬件紧密相关的操作，如，寄存器的配置、I/O 口的控制、MCU 的中断系统处理和外设的读写操作等。

如图表 17 所示，驱动模块包括：计量底层模块（EngyBottom）、EEPROM 读写模块（BEBottom）、串口模块（UART）、系统的配置和 I/O 处理模块（McuDrive）、系统中断模块（System）和液晶底层驱动（LcdBottom）。



图表 13 驱动模块

- 电量底层模块（EngyBottom）的主要作用是对计量寄存器的读写操作、计量 ADC 配置、计量寄存器初始化操作、CF 脉冲中断的配置和开启操作、校表参数的底层刷新、CF 脉冲的底层处理、读取有效值（电压、电流、功率、频率、功率因数等）操作、自动校表处理。
- EEPROM 读写模块（BEBottom）的主要功能是用 I/O 模拟 I2C 时序来完成 EEPROM 的读写操作。该模块非常重要。因为程序的数据都是保存在 EEPROM 中，如果底层驱动有问题或者不稳定会给整个程序带来不可预知的错误。
- 串口模块（UART）的主要作用是完成串口通讯的底层配置，完成串口接收和发送中断处理函数。

- 系统的配置和 I/O 处理模块（McuDrive）的主要作用是系统寄存器的配置（例如系统时钟配置、定时器配置、RTC 唤醒配置、RTC 读写处理、系统睡眠配置等）外围设备的 IO 控制（初始化 IO、背光控制等）。
- 系统中断模块（System）的主要功能是各个中断函数入口地址的配置和中断服务程序的基本处理。
- 液晶底层驱动（LcdBottom）的主要作用是完成底层液晶驱动的配置。

6.3. 应用层

应用层模块			
ComApplication	Energy	TimeProc	
Prcfrm	Multariff	RtcCpt	Api
DLT_645_2007	Event		DataProc
ComCoretab	LcdShow	Key	DataProtect
	Powmanger		InitPara

图表 14 应用层模块

如图表 18 所示，应用层主要由以下几个应用模块组成：

- 通讯处理模块：包括 ComApplication、Prcfrm、ComCoretab 和 DLT_645_2007；
- 计量模块：包括 Energy；
- 费率模块：包括 Multariff；
- 事件模块：包括 Event；
- 显示模块：包括 LcdShow；
- 电源管理模块：包括 Powmanger；
- 走时模块：包括 TimerProc；
- RTC 补偿模块：包括 RtcCpt；
- 按键处理模块：包括 Key；
- 数据处理模块：包括 Api、DataProc、DataProtect、InitPara。

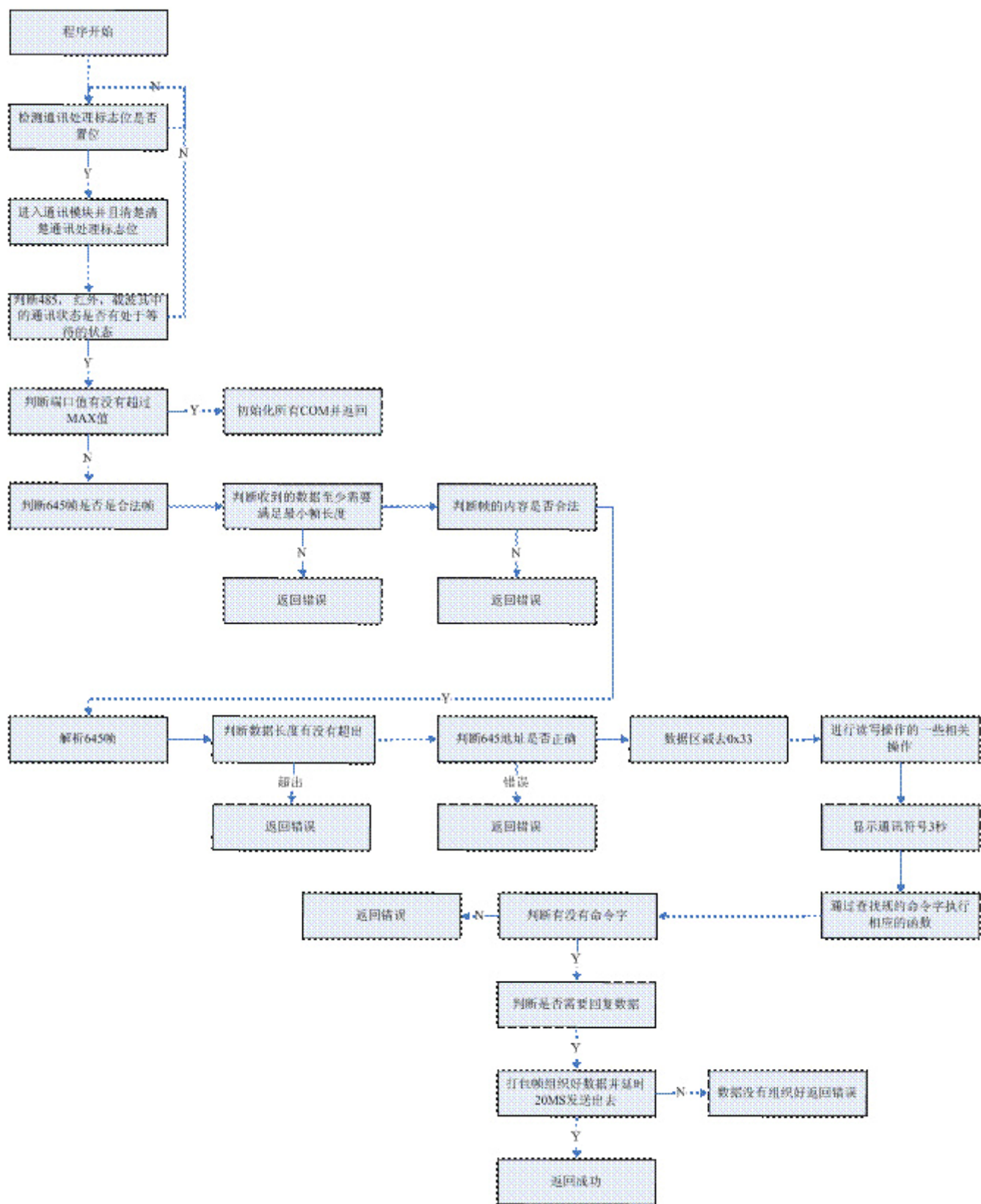
6.3.1. 通讯处理模块

图表 18 所示的最左边 4 个模块（ComApplication、Prcfrm、ComCoretab、DLT_645_2007）都是跟通讯相关的模块，通讯数据的走向如图表 19 所示：



图表 15 通讯数据的处理

从上图可以看出通讯底层只管信号的收发，不会去管收到和发送的具体数据。底层收发处理函数收到完成帧或者超时后，将数据提交给应用层，主程序查询到通讯事件后，就会调用通讯处理函数，解析数据帧，处理完后，构建需要回复的数据帧，启动发送。具体的通讯流程见下面通讯流程框图。



图表 16 通讯流程图

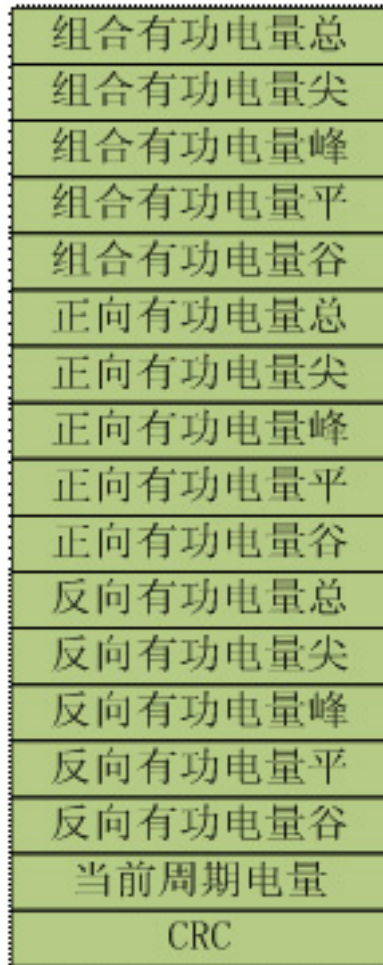
6.3.2. 计量模块

计量模块的主要功能是完成跟硬件不相关的电量处理。

首先来说明一下 EEPROM 存储的当前电量的组成。如图表 21 所示，EEPROM 中存储的当前电量数据包括：组合+正+反有功总尖峰平谷+周期电量+CRC 格式。

程序中包括存储在 RAM 中的电量，和存储在 EEPROM 的电量及其备份电量，三份电量完全相同。电量的存储格式如图表 21 所示。实际显示的电量是主电量和电量增量部分（电量增量的结构如图表 23 所示）。

因为 EEPROM 的写入次数有限（约 100 万次），为了减少写 EEPROM 的次数，所以，我们要将电量分成主电量和增量部分：当电量增量大于某个值时（本方案的程序中是 2kwh），将增量部分累加到主电量部分，写入 EEPROM 中。注意，在写 EEPROM 之前需要检测主电量的有效性，即检测 RAM 主电量、EEPROM 主电量和备份 EEPROM 电量的有效性。



图表 17EEPROM 中电量的存储格式

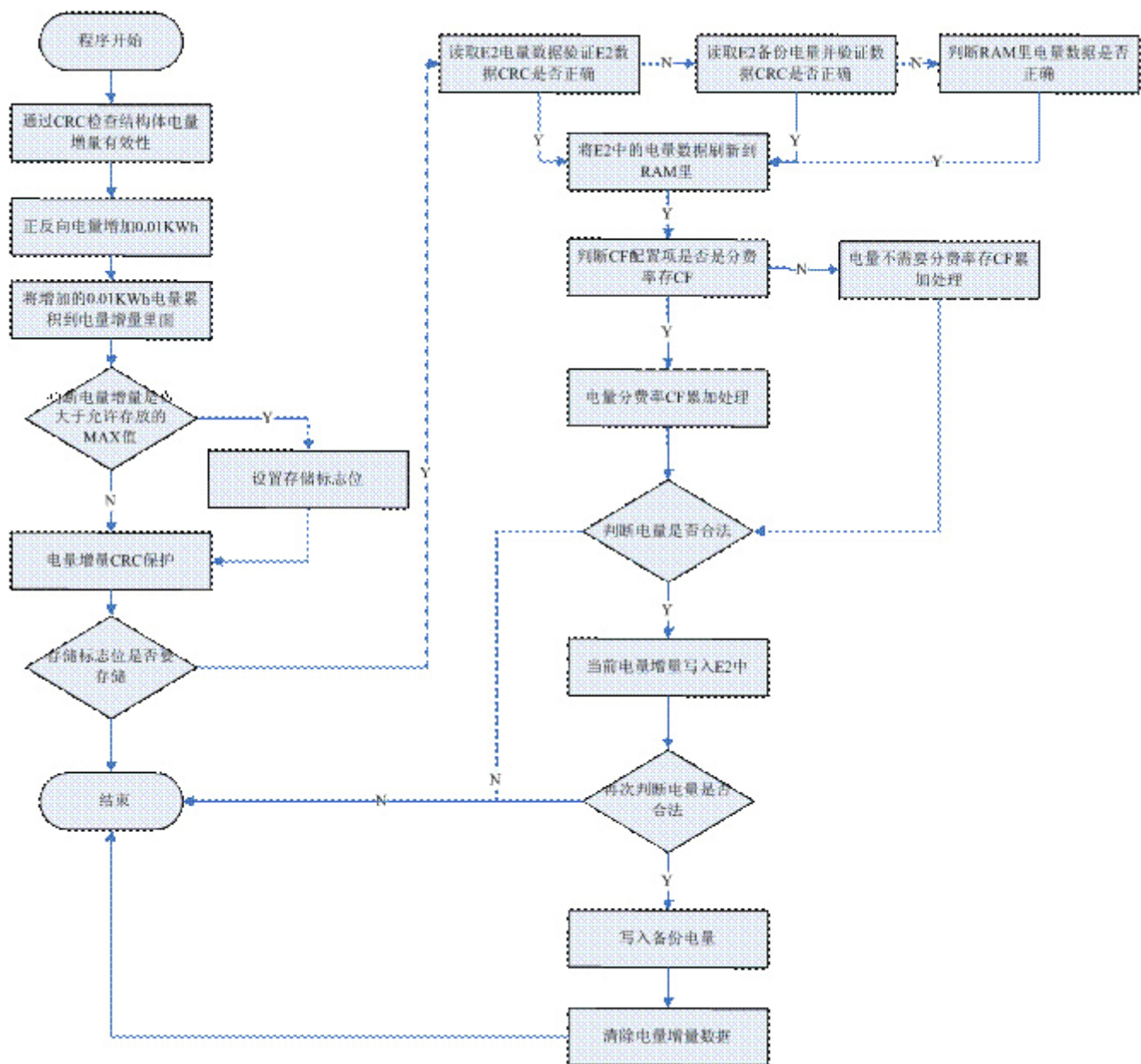
RAM的电量	E2中的电量	备份E2中的电量
CRC	CRC	CRC

图表 18 电量的备份

正向总能量增量
正向费率1有功增量
正向费率2有功增量
正向费率3有功增量
正向费率4有功增量
反向总能量增量
反向费率1有功增量
反向费率2有功增量
反向费率3有功增量
反向费率4有功增量
周期电量正有功增量
周期电量反有功增量
CRC

图表 19 电量增量结构

电能表的主要功能就是电量计量，所以这个部分是非常重要的。在电能表加载电压和电流时，电能表就会输出 CF 脉冲，程序就要将脉冲的个数转换成电能量，电量底层当前脉冲能量累计到 0.01kwh 时，就会提交能量事件给系统，系统检测到能量事件就会如图表 24 电量流程图所示，存储电能量。



图表 20 电量走字流程图

6.3.3. 费率模块

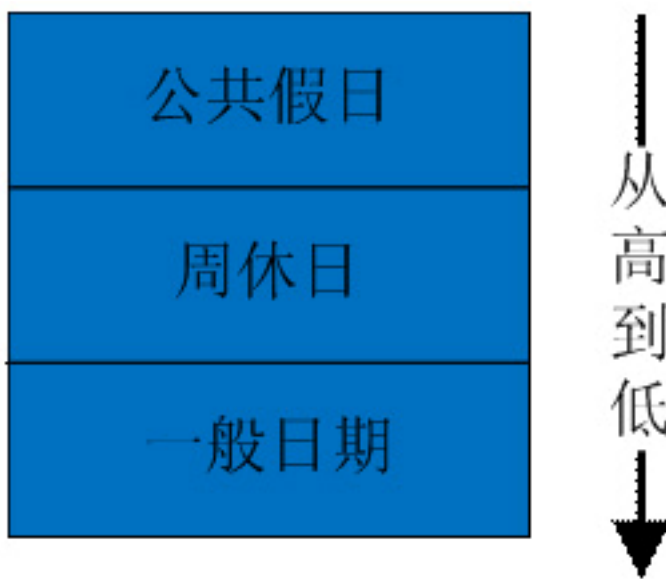
首先说一下时段表、时区表、公共假日和周休日。

- 时段表，是指几点几分走第几个费率（尖峰平谷）。日时段表是有 2 套，每套里面都有日时段表 1~8。
- 时区表，是指几月几日使用的是第几个日时段表（日时段表 1~8）。
- 公共假日，是指几月几日使用的是第几个日时段表。

- 周休日，是指周一到周日使用的是第几个日时段表。前提条件是周休日要起作用，这个需要设置周休日特征字。

6.3.3.1. 费率判断优先级

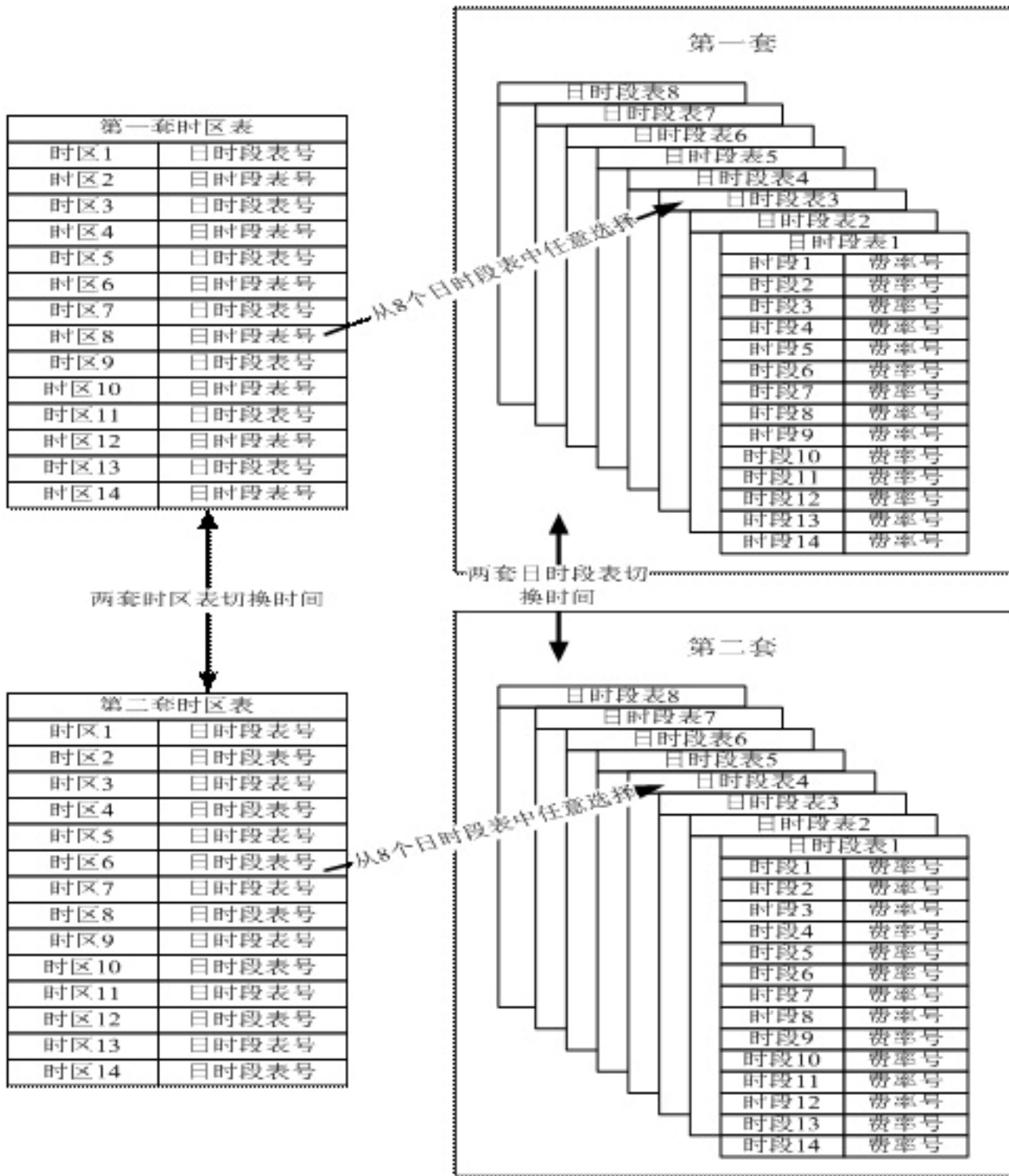
费率判断的优先级如图表 25 所示，优先级从高向到低依次是公共假日、周休日和一般日期。比如，如果今天是公共假日，那么就执行公共假日的时段表，不需要再去判断周休日和一般日期所使用的时段表。



图表 21 费率判断的优先级

6.3.3.2. 2 套时区表和 2 套时段表

从图表 26 可知，2 套时区表和 2 套时段表是可以交替对应的，即第一套时区表对应的日时段表号可以是第一时段表里的日时段表号，也可以是第二套时段表里的日时段表号，使用第几套时段表里的日时段表号取决于当前是走第几套时段表。跟当前使用的第几套时区表是没有关联的。

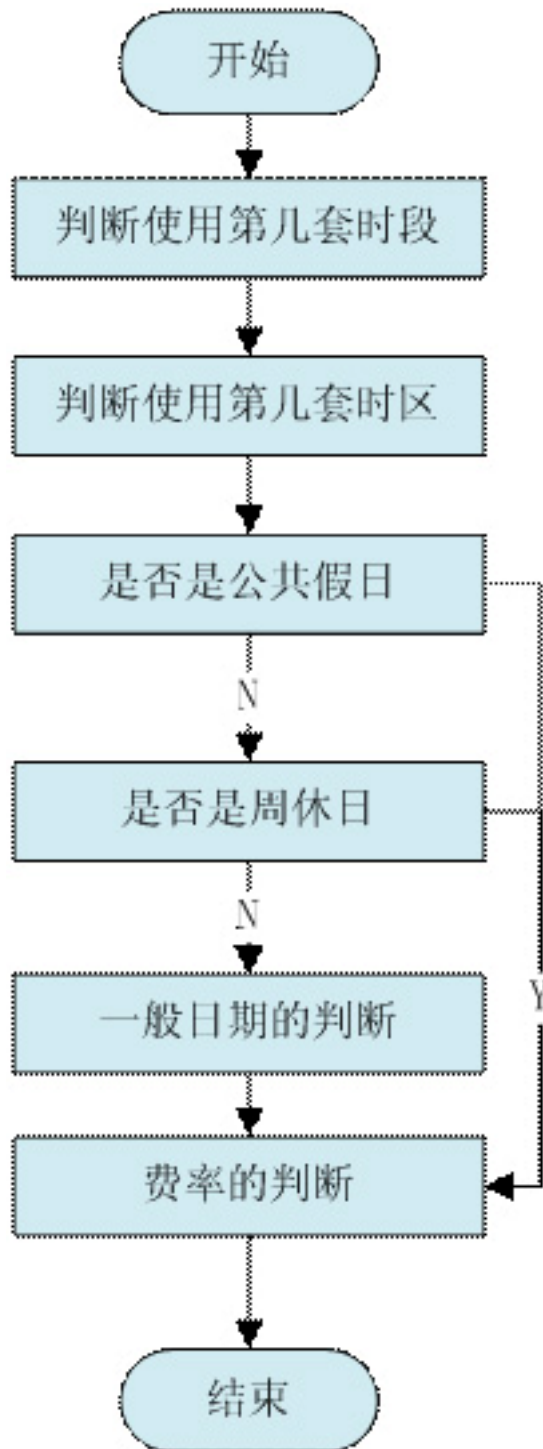


图表 22 2套时区和时段表

6.3.3.3. 费率程序的流程

从上面了解的知识可以知道，当前电表走的是什么费率，首先要知道我们当前使用的是第几套时段表，然后判断当前日期是否是公共假日：是公共假日，则读取时段表号的数据，根据当前时间就可知使

用的是什么费率；如果不是公共假日，则进行周休日判断，依次类推，直到知道当前使用的时段表号，根据日时段表号和当前时间知道当前使用的费率，流程图见图表 27 所示。



图表 23 费率时段模块

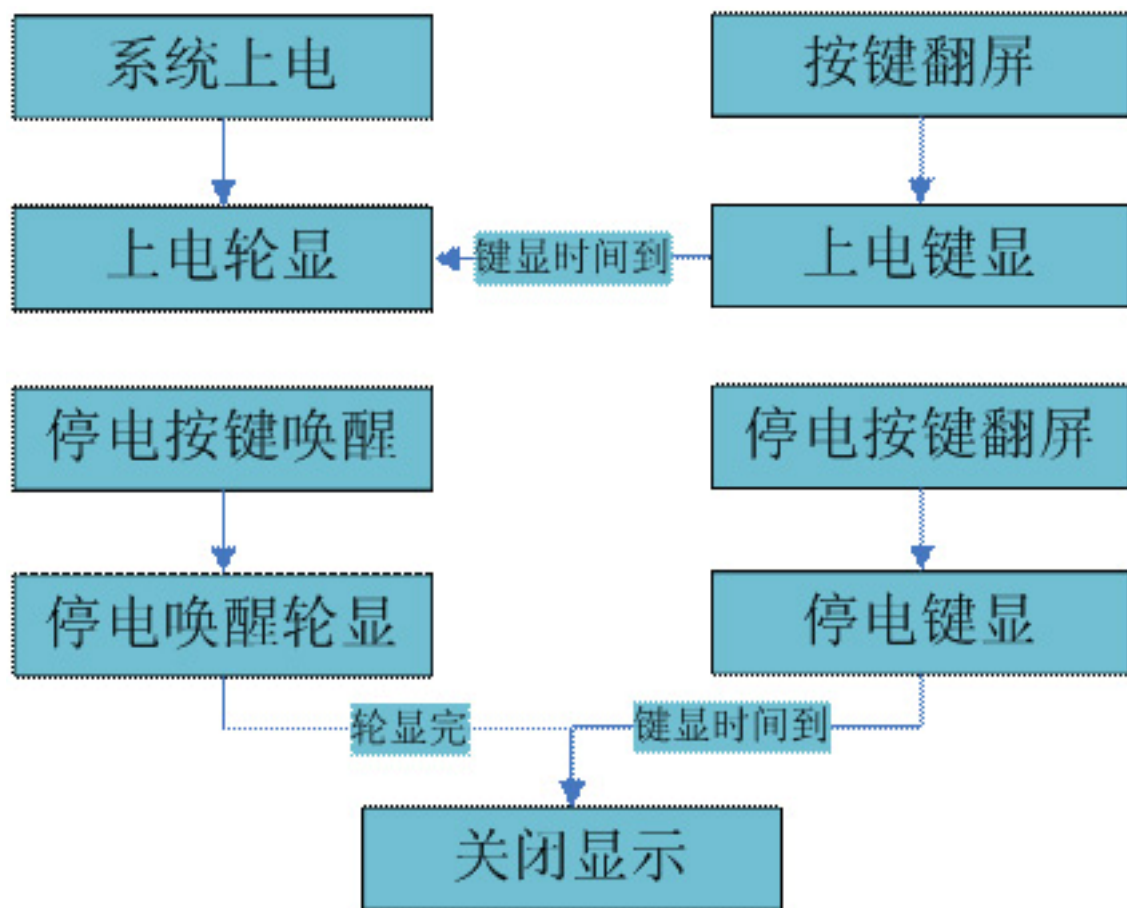
6.3.4. 事件模块

系统中事件记录有上下电记录、校时记录、编程记录、电表清零记录和事件清零记录。这些记录都有一个相同的特点，就是相同的数据格式的内容存储多次，例如上下电记录，需要记录上下电次数和最近 10 次上下电发生时间。其它事件记录也类似，只是记录的内容不同，所以我们需要设计一个通用的数据存储机制来实现上述内容。

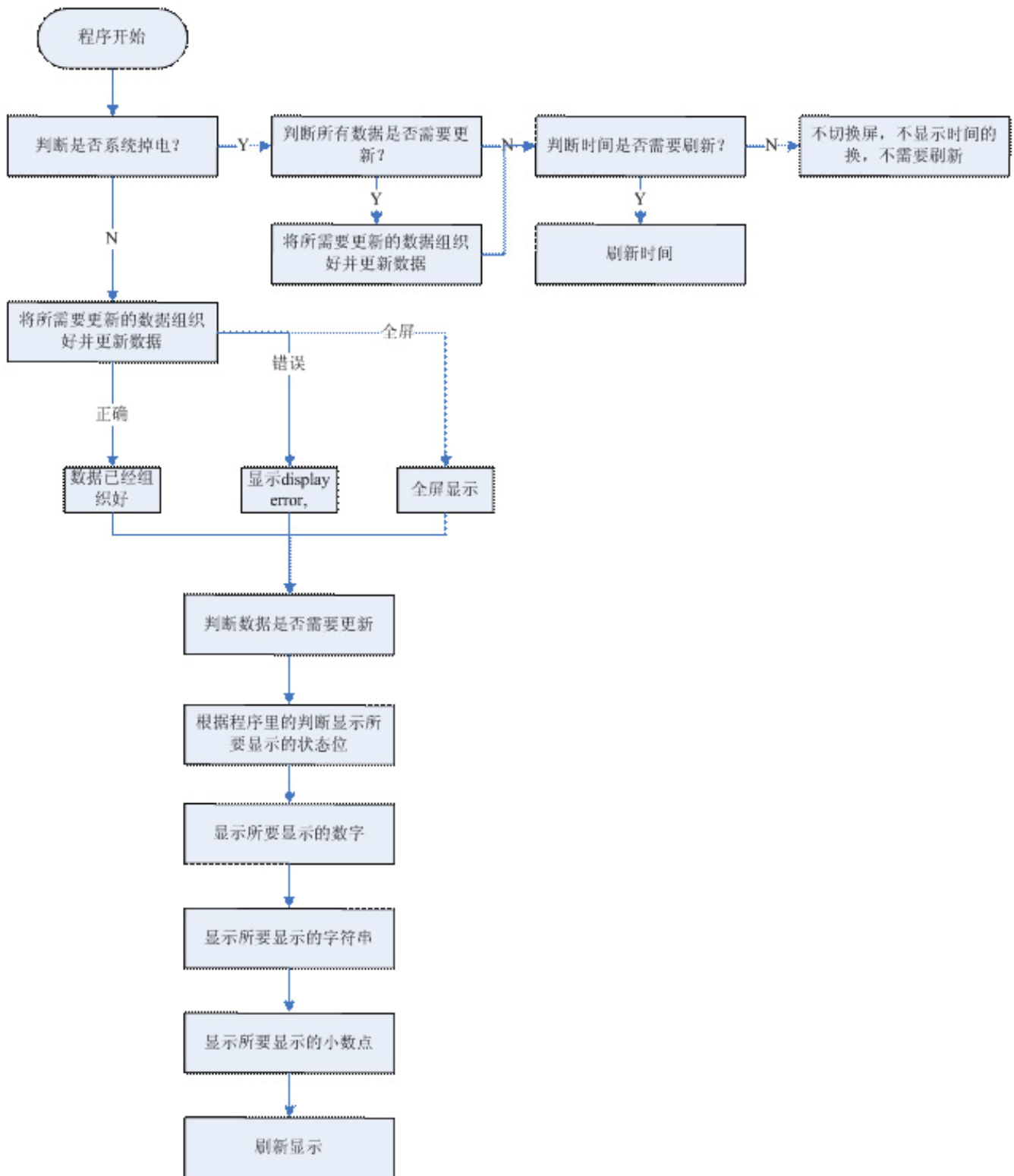
- 上下电记录，记录的是上下电的次数和最近 10 次的上下电的发生时间。
- 校时记录，记录的是校时次数和最近 10 次的校时前的时间和校时后的时间及操作者代码。
- 编程记录，记录的是编程总次数和最近 10 次的编程时间、操作代码和编程的 10 个数据标识。
- 电表清零记录，记录的是电表清零的次数和最近 10 次电表清零的发生时刻和电表清零前的各个电量数据。
- 事件清零记录，记录的是事件清零的次数和最近 10 次事件清零的发生时刻、操作者代码和清零的事件标识。

6.3.5. 显示模块

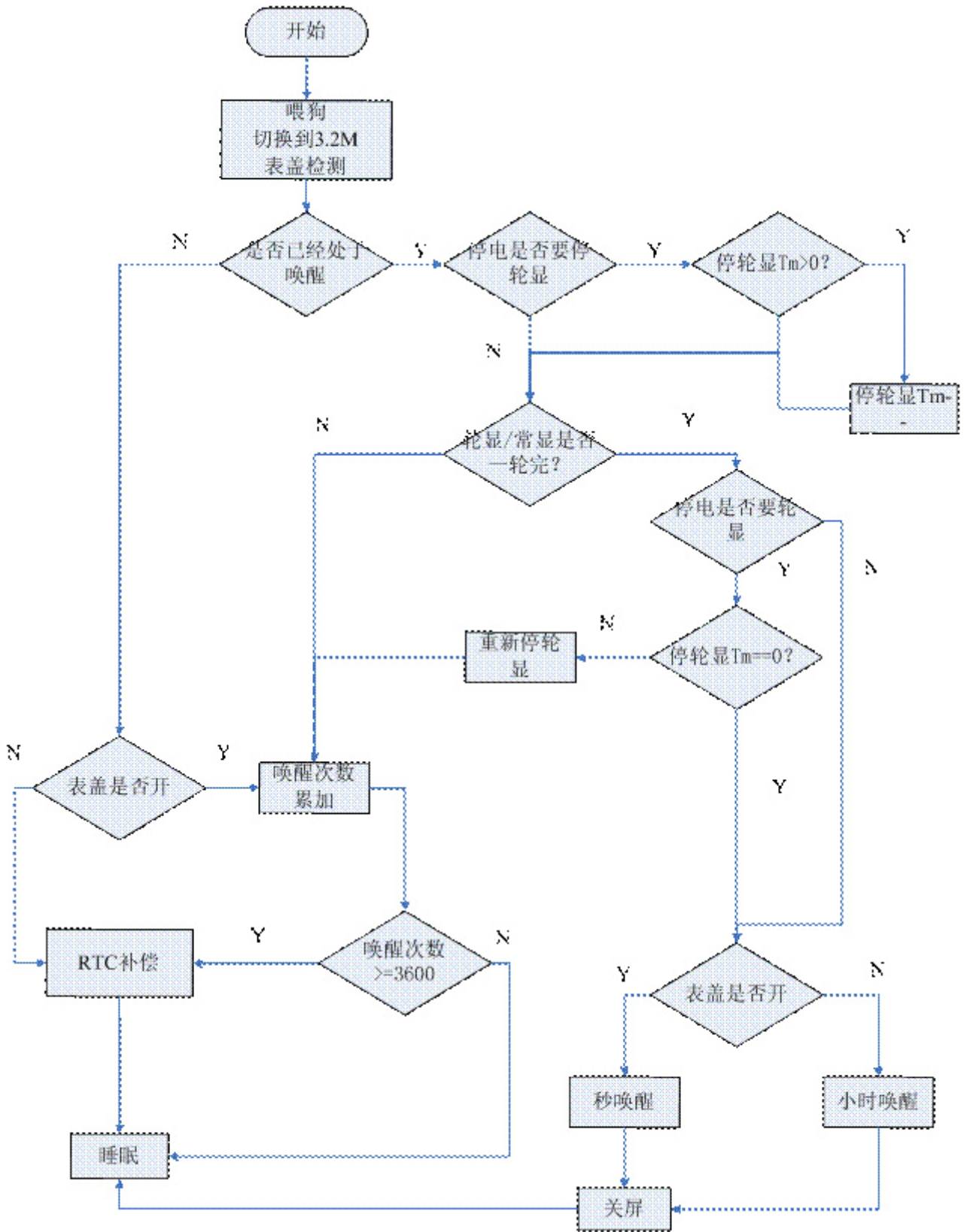
显示模块的主要功能是让液晶显示程序需要显示的内容，显示方式包括：上电轮显、键显、停电唤醒轮显、停电键显、停电常显（需要配置）等。它们之间的关系如图表 28 所示。有电时的显示流程图如图表 29 所示，停电时的显示流程图如图表 30 所示。



图表 24 显示模式切换关系



图表 25 有电时的显示流程图



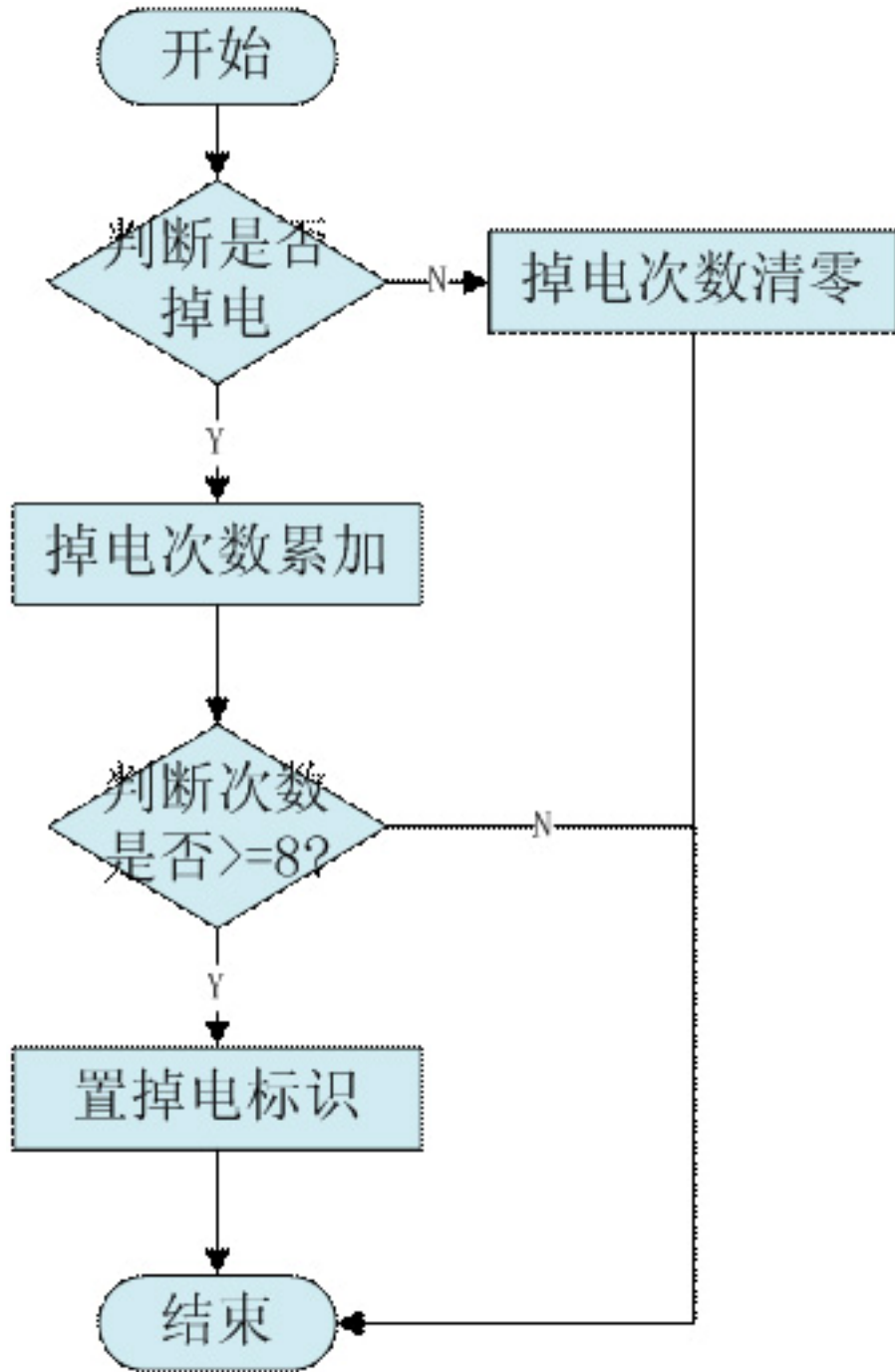
图表 26 停电时的显示流程图

6.3.6. 电源管理模块

电源管理模块的主要功能是检测系统掉电和掉电处理。

6.3.6.1. 掉电检测

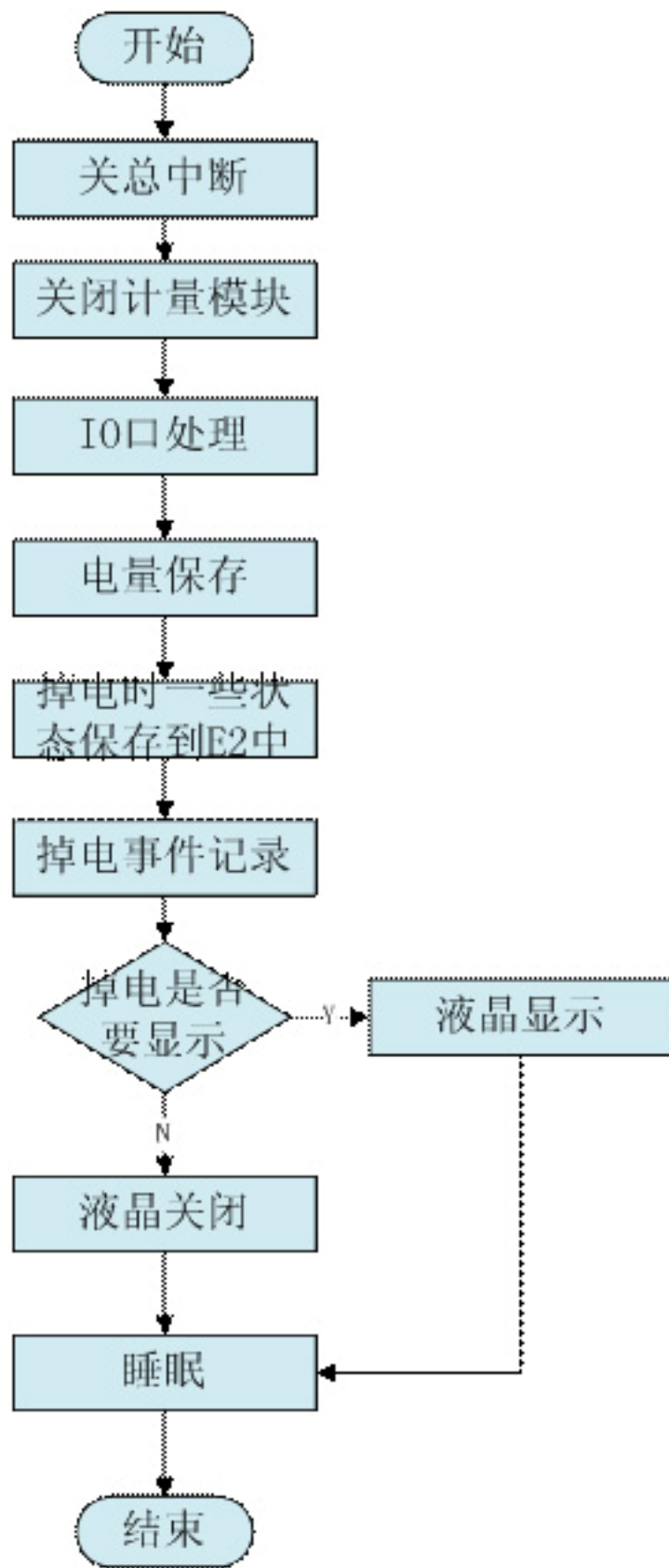
系统需每 1ms 进行一次掉电检测。如果系统连续检测到 8 次掉电，即连续 8ms 都检测到掉电，任务系统进入掉电阶段，具体见流程图如图表 31 所示。



图表 27 掉电检测

6.3.6.2. 掉电处理

掉电处理流程是，当系统检测到掉电后，为了使系统尽快进入低功耗模式，程序需要马上关闭一些耗电的外设，如计量模块等，并保存数据，保存好后马上进入睡眠状态，使系统处于低功耗模式。如图表 32 流程所示。

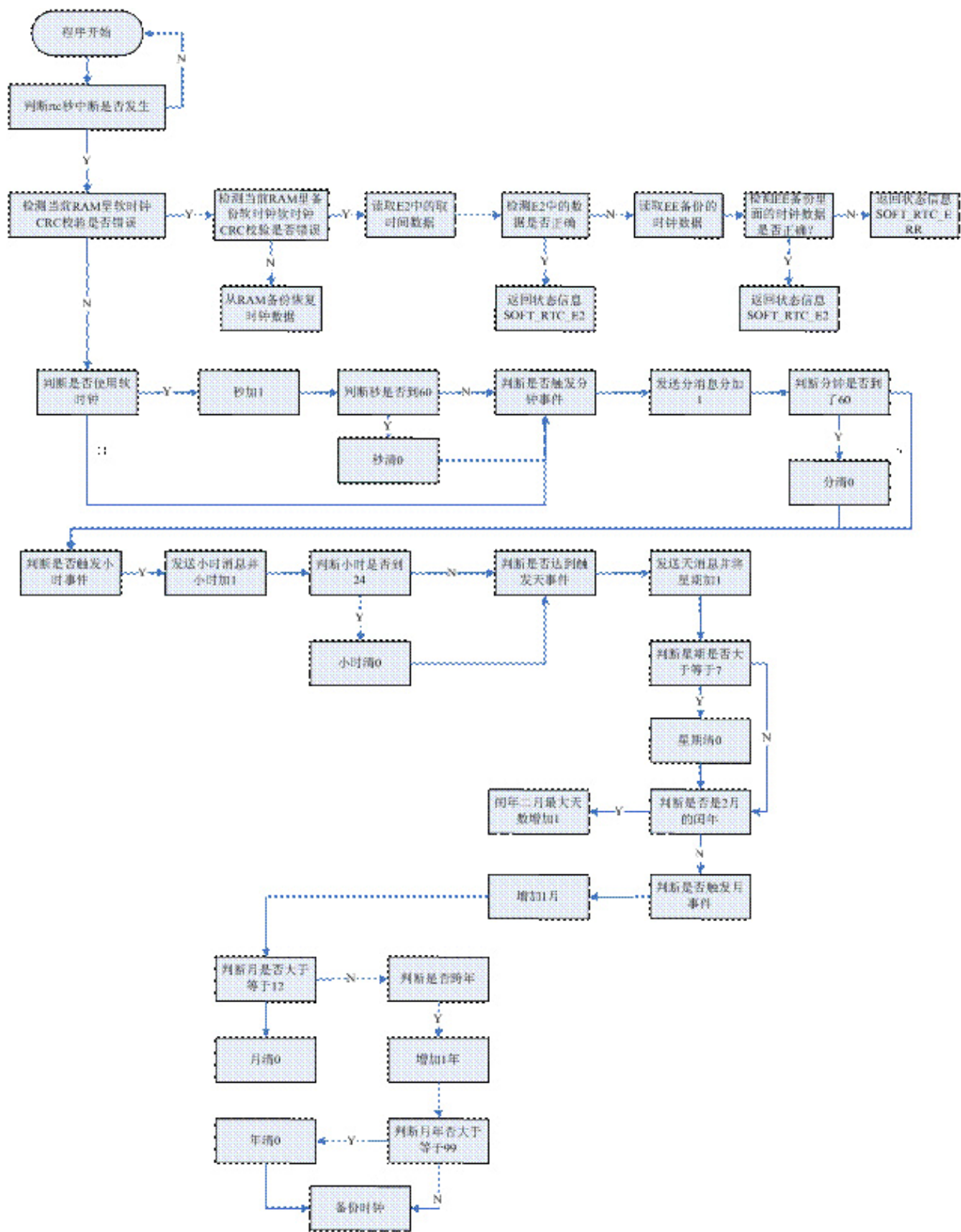


图表 28 掉电处理

6.3.7. 走时模块

走时模块的功能是程序内部实现软时钟功能，目的是为了时钟更加可靠。

程序内部显示的时钟都是读取软时钟来显示。有电时，系统每一分钟读取 **RTC** 时钟，并对软时钟和硬时钟做检测，如果都是正确的，且两个相差的时间间隔在要求范围内，则相信硬件时钟，用硬件时钟覆盖软件时钟。如果软件时钟和硬件时钟的其中之一不正确（主要是不符合时间格式），则相信正确的时钟，进行相互的覆盖，确保时钟的可靠性，程序的软时钟的走时逻辑如图表 33 所示。

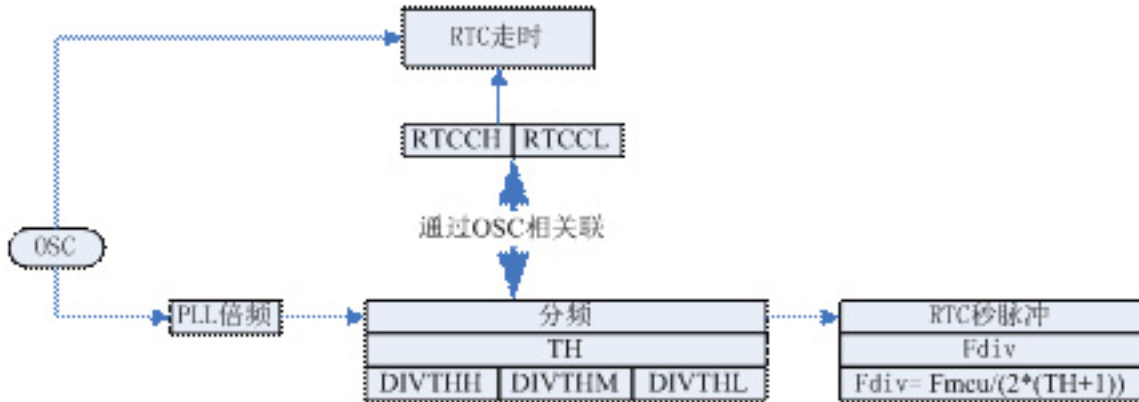


图表 29 软时钟走时流程图

6.3.8. RTC补偿模块

6.3.8.1. V9811 的RTC补偿原理

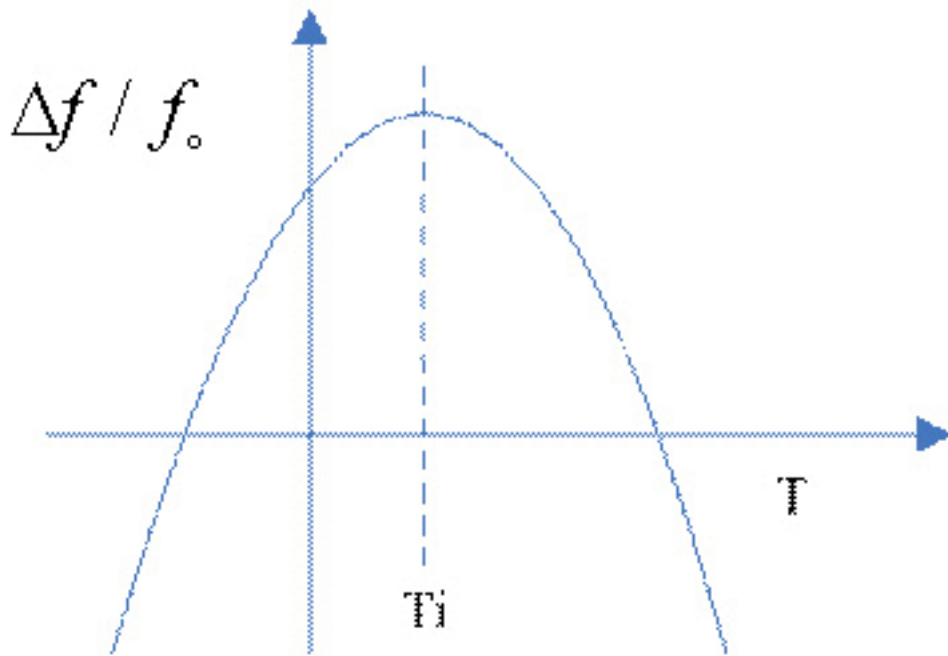
V9811 的 RTC 校正原理：RTC 每 30s 补偿一次，即，30s 的累计误差会在第 30s 时得到补偿，从而造成，在补偿时，RTC 会有一个跳变，如果用 RTC 实际走时输出秒脉冲，并非实时准确，而是 30s 平均是准确的，这给实际测试带来不好的现象。为了解决上述问题，我们可以通过 V9811 中的高频分频输出来解决上面的问题。如图表 34 所示。



图表 30 芯片 RTC 补偿原理

6.3.8.2. 晶振频率温度特性

图表 35 所示为晶振频率温度特性曲线图：晶振频率与温度为负向 2 次方曲线关系，其中，在顶点温度 T_i 时，晶振频率是最高的。在 T_i 两侧，随着温度越高或者越低，曲线斜率是越抖的。



图表 31 晶振频率温度特性

6.3.8.3. RTC的补偿原理

由图表 35 所示的晶振的曲线可知，要进行 RTC 补偿，需要知道：

- 当前温度 T 。能不能得到准确的温度对补偿的意义是非常大的，从图表 35 我们可以看出，非顶点温度 T_i 处，随着温度越低或越高，斜率是很抖的。如果在高温或者低温偏差 1 度，计算出来的晶振偏差值比较大。V9811 内部集成温度传感器，温度测量精度可以达到 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；
- 顶点温度 T_i ，为晶振固有的参数；
- 二次项 B ，为晶振固有的参数。为了使全温度范围内的 RTC 精度都比较高，本方案中将 B 值根据温度分成 5 段来处理，这样更加能保证全温度范围内的精度；
- 晶体的常温偏移，就是晶体出厂的时候都有一个温差范围，例如 $\pm 5\text{ppm}$ 或 $\pm 20\text{ppm}$ 。实际的常温偏移量可以根据万工科技提供的生产工具获得。

得到以上数据后，可以根据公式计算得到晶振偏移量：

$$\Delta C = B(T - T_i)^2 + \Delta OSC$$

其中， ΔC 是晶振偏移量； B 是二次项系数； T 是当前温度； T_i 是顶点温度； ΔOSC 是晶体常温偏移。

再通过晶体偏移量 ΔC 计算得到 RTC 走时的补偿值和分频值，就可以保证 RTC 输出和走时都是准确的。

6.3.9. 按键处理模块

按键处理模块主要是处理翻页键、编程键。

当按下翻页键时，显示模块进入键显状态，液晶显示键显内容。

按编程键，使系统进入或者退出编程模式。