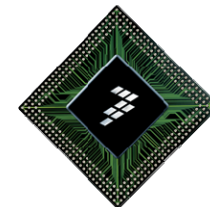




国网单相智能电表设计方案探讨



张明峰

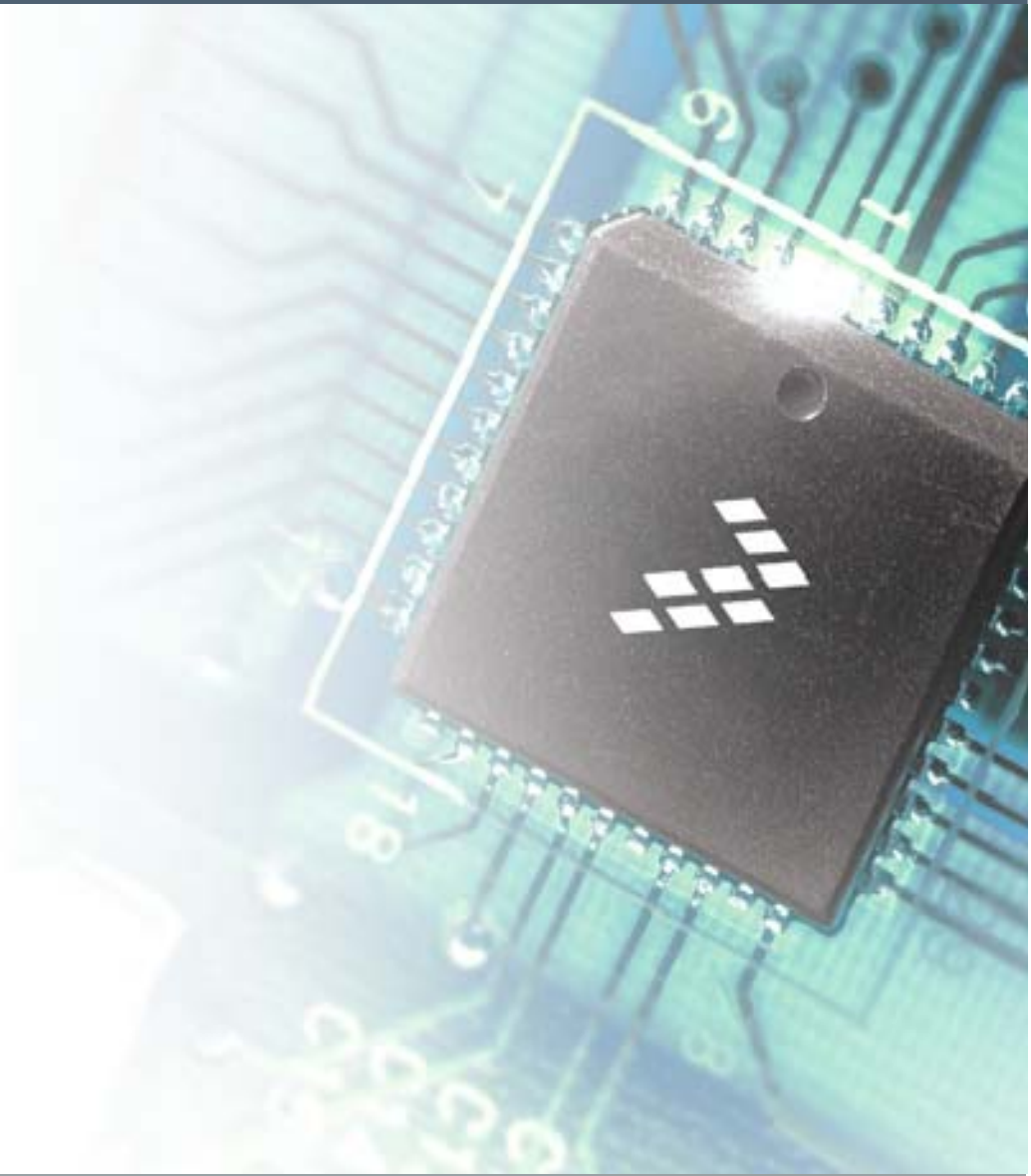
飞思卡尔半导体 技术销售经理

飞思卡尔™, Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc. All other product or service names are the property of their respective owners. © Freescale Semiconductor, Inc. 2010.



内容简介

- 设计要求回顾
- 系统硬件实现
- 系统软件架构
- 结论



国网新规约单相表设计特点

▶ 基本计量功能增加

- 计量正反向有功电量
- 测量线路电压、相线电流、零线电流、有功功率，甚至还有功率因数

▶ 费控功能复杂

- 支持IC卡本地费控或载波远程费控
- 支持时段电价或阶梯电价
- 增加ESAM芯片保证费控部分的数据安全性

▶ 多种抄表通讯模式

- 红外，RS485和电力线载波

▶ 外壳模具统一

- 液晶屏、LED指示灯、按键、红外抄表和嵌入式载波通讯模块安装位置完全固定。
 - 电子线路布局布线的灵活性受到极大限制

▶ 功能庞杂

- 除电量计量外增加了大量的管理功能

▶ 选择带片上LCD的MCU?

- MCU上需要太多的LCD引脚连接，印版布线非常麻烦
- 不合理的布局布线容易造成整体EMC和ESD性能降低
- 缺乏后续系统扩充或移植的灵活性

▶ 5V芯片大大方便系统设计

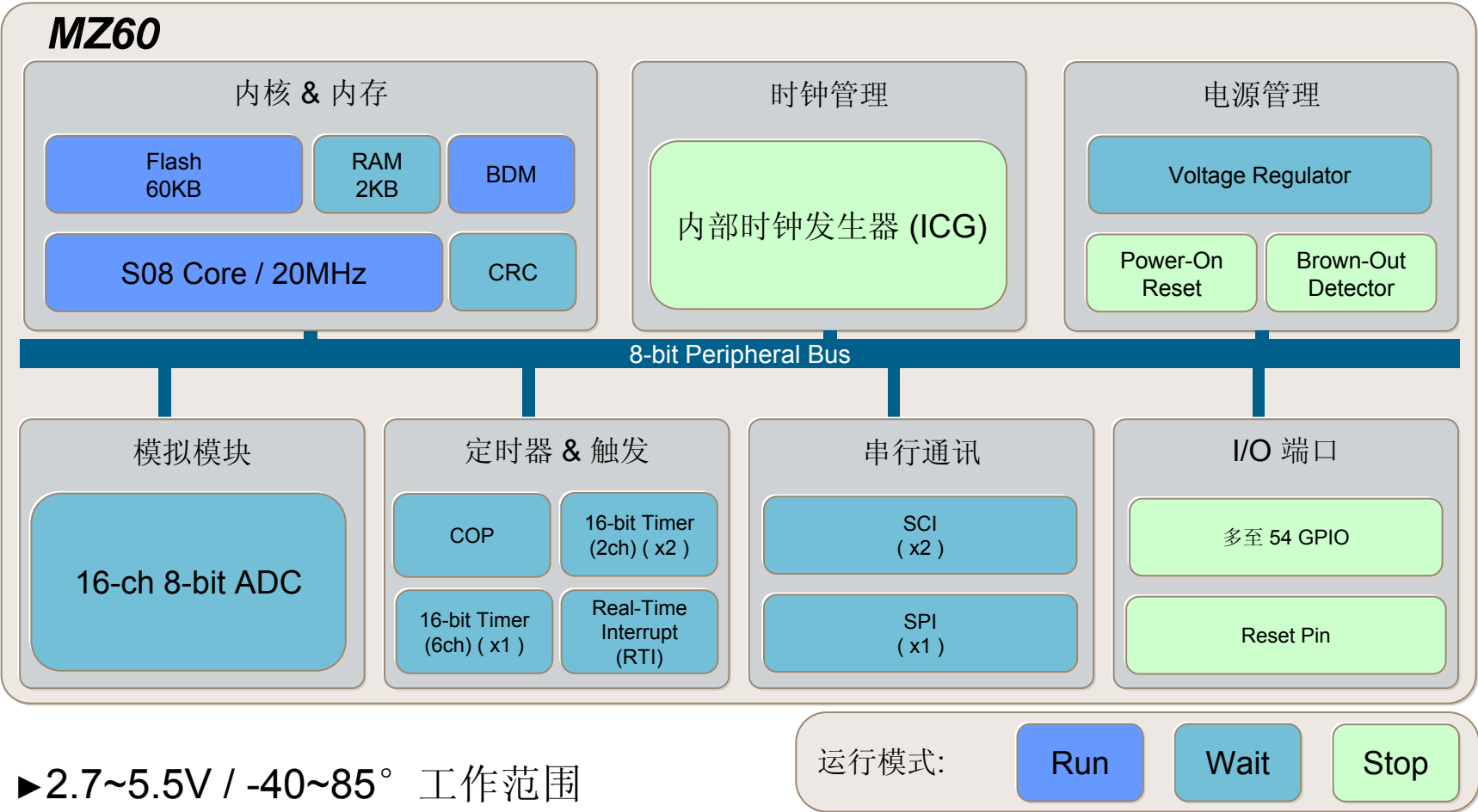
- 计量芯片、载波模块都要求5V接口

▶ MCU要有足够的程序和数据空间

- 配以丰富的外设模块

▶ 飞思卡尔最佳单片机选择： **9S08MZ60**

9S08MZ60

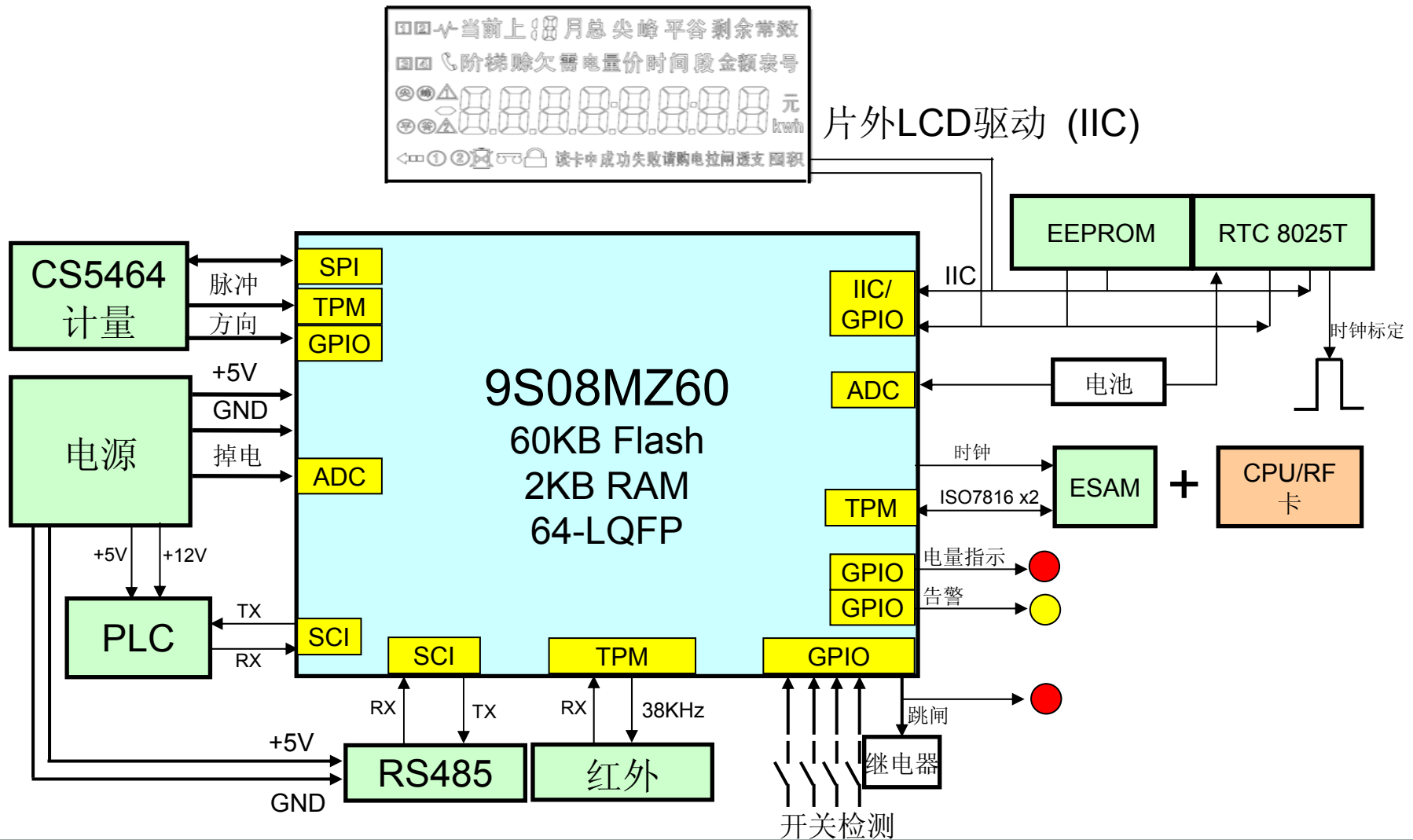


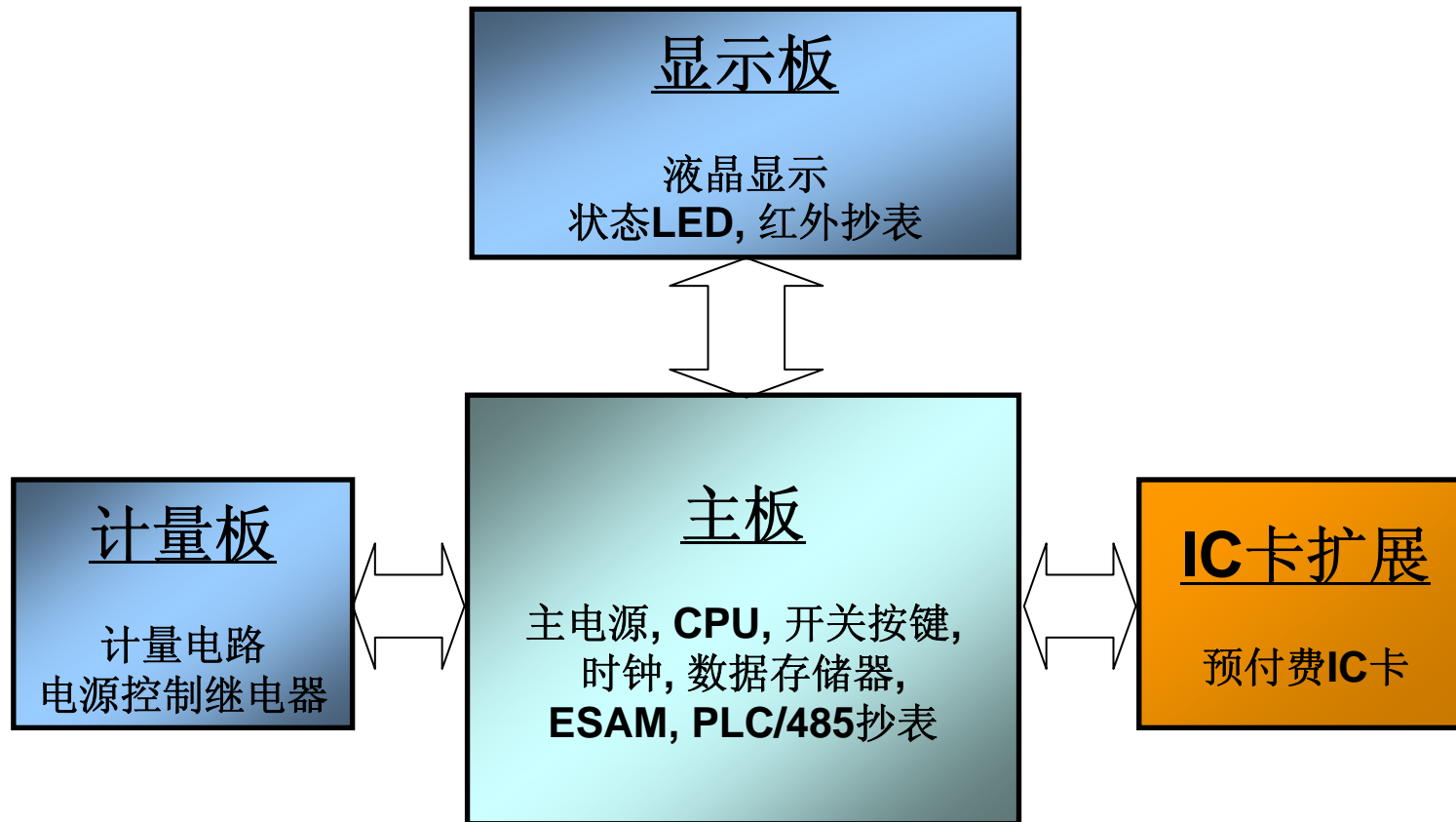
- ▶ 2.7~5.5V / -40~85° 工作范围
- ▶ MZ系列产品引脚兼容



44 LQFP, 64 LQFP

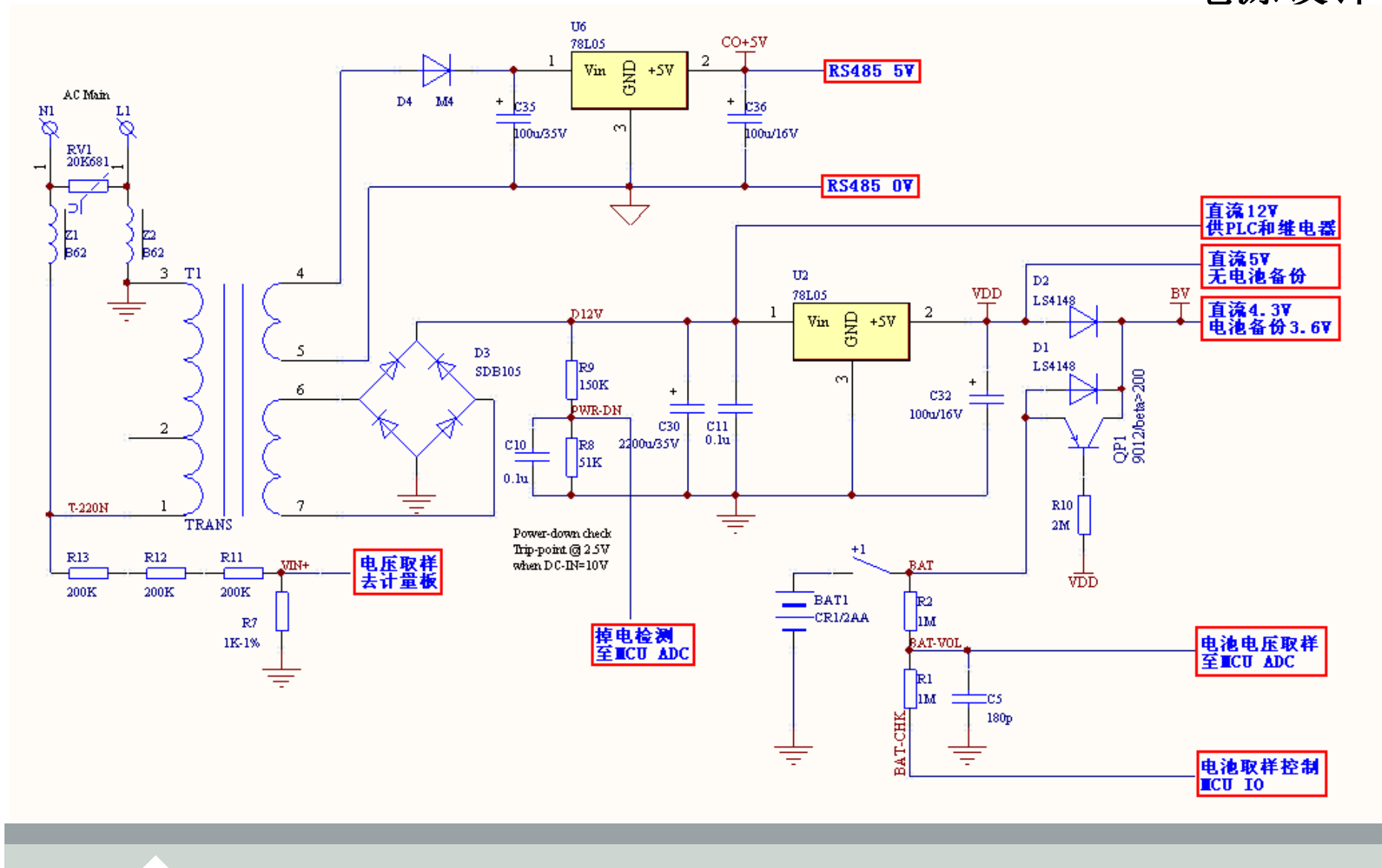
国网单相表系统硬件框图



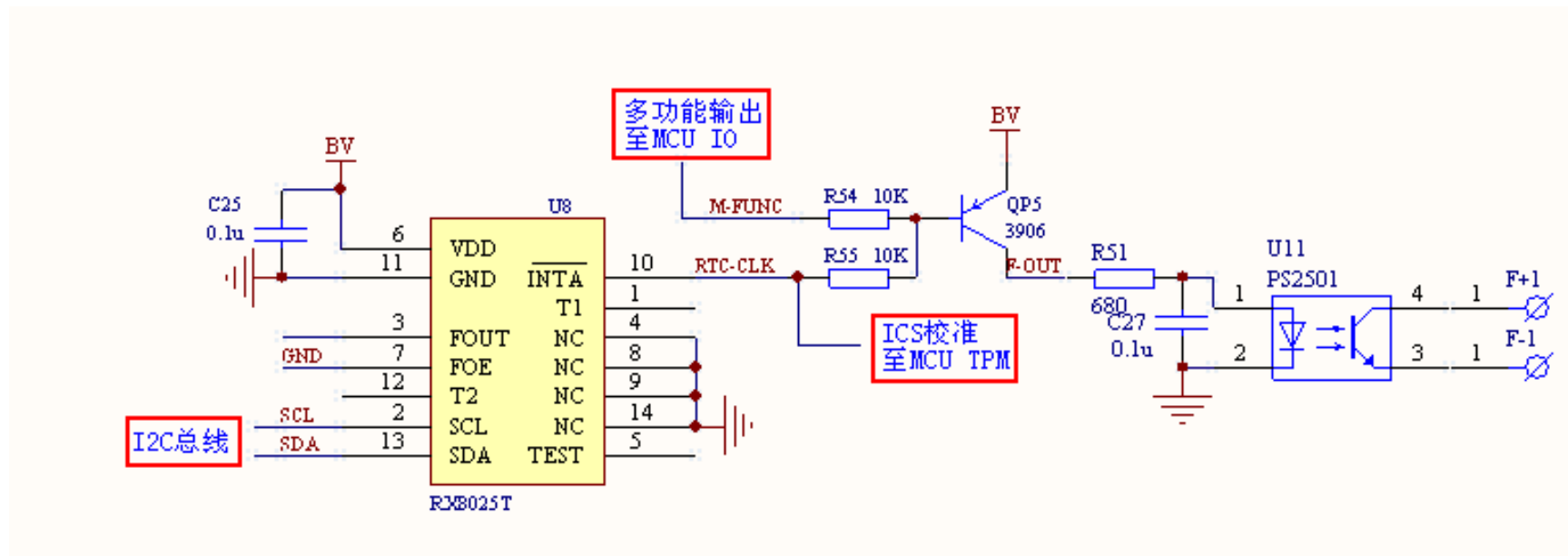


4块印刷线路板模块化结构

电源设计



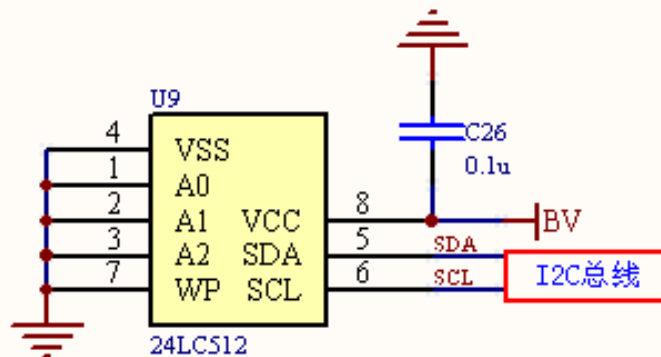
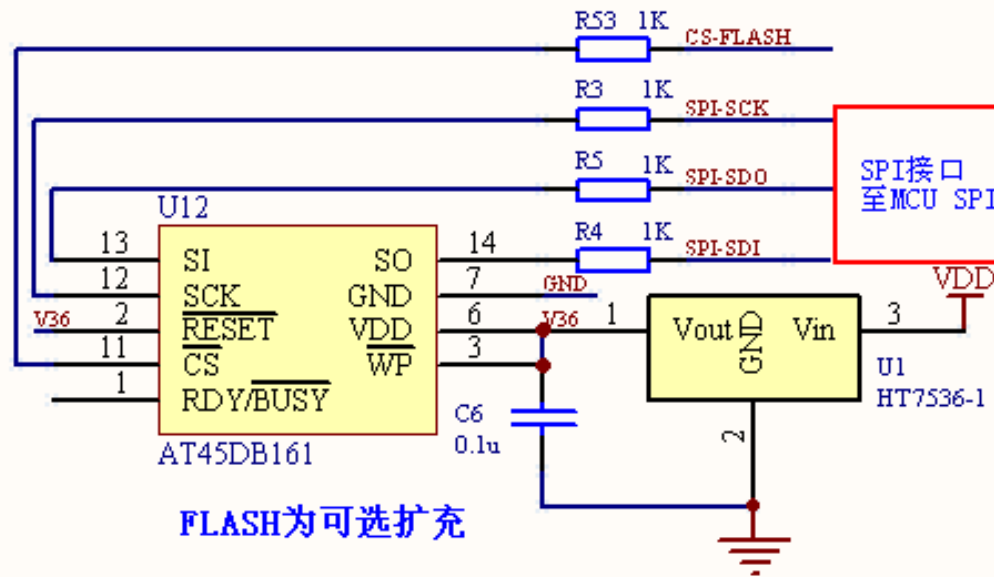
- ▶ **MCU主板和前端计量板直接共地!**
 - 简化CS5464信号连接，不然需要7-8个光藕隔离
 - 提高CS5464 SPI的通讯速度(接近2M)
- ▶ **交流供电和电池供电通过简单的二极管通路切换**
 - 交流供电时，7805输出的5V一路直接供给无需电池备份工作的电路；另一路由D2供给其它需要电池备份工作的电路，此路电压为4.3V。
 - 电池供电时，电池电压通过D1和QP1组合供电给MCU, LCD, EEPROM和RTC。QP1的作用是消除D1上的导通压降损失。
- ▶ **交流掉电检测**
 - 对交流整流滤波后的直流电压用最简单的电阻分压取样
 - 取样电压直接送至单片机的ADC模块进行掉电检测
 - 基于单片机ADC模块的硬件自动比较功能，软件零开销
- ▶ **电池电压检测**
 - 用分压电阻取样电池电压(1/2 Vbat)，送单片机ADC实测电压值
 - 取样电路由单独的MCU引脚控制，保证绝大部分时间取样电阻不消耗电池电源
- ▶ **省去了一般设计用于掉电检测和电池检测的电压比较器**



► RX8025T, MCU通过I2C总线控制, 读取时钟参数

- 配置输出秒信号, 经光耦输出后用于外部校时
 - 秒信号输出和其他功能输出复用, 由MCU软件控制
- 秒信号直接输入至单片机的一路TPM通道进行捕捉, 实现单片机自身内部时钟的频率校准

数据存储



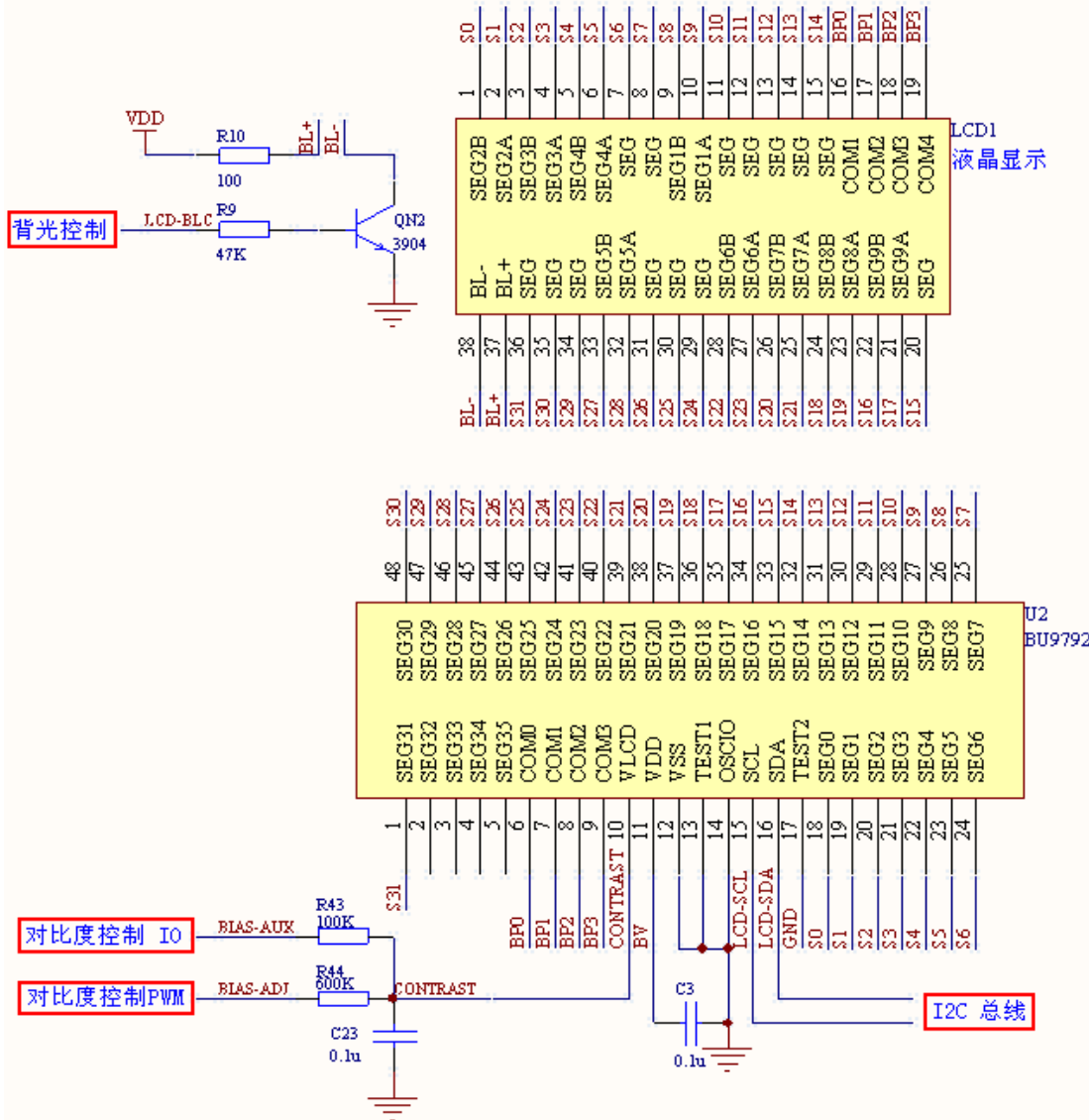
▶ 64K字节EEPROM为主

- 可改换其他小容量的芯片
- 电池备份工作

▶ 附设2M字节串行Flash扩充

- Flash由3.6V输出的LDO供电，和4.3V工作的MCU间无需额外电平转换
- 无电池备份工作

液晶显示



▶ 液晶驱动芯片为BU9792

- I2C总线控制
- 最多144段驱动
- 电池备份工作

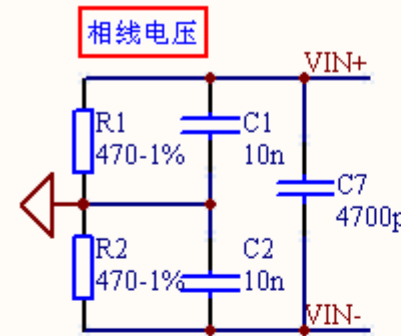
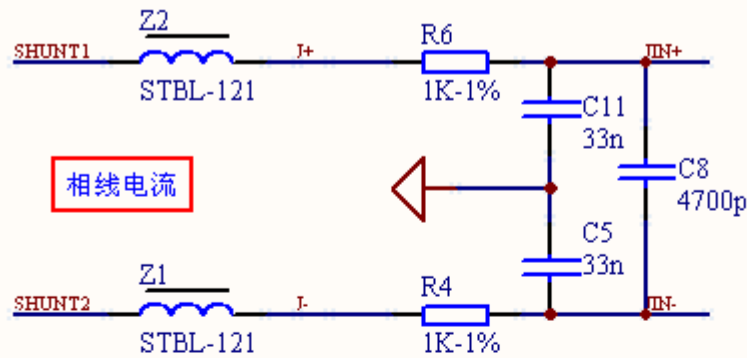
▶ 灵活的对比度控制

- 交流供电时，MCU实测自身VDD后通过一路PWM输出可调电压，动态调整对比度
- 电池供电时，PWM输出改为数字IO输出，和另一路IO联合调整对比度，满足2.8-3.6V范围的对比度要求

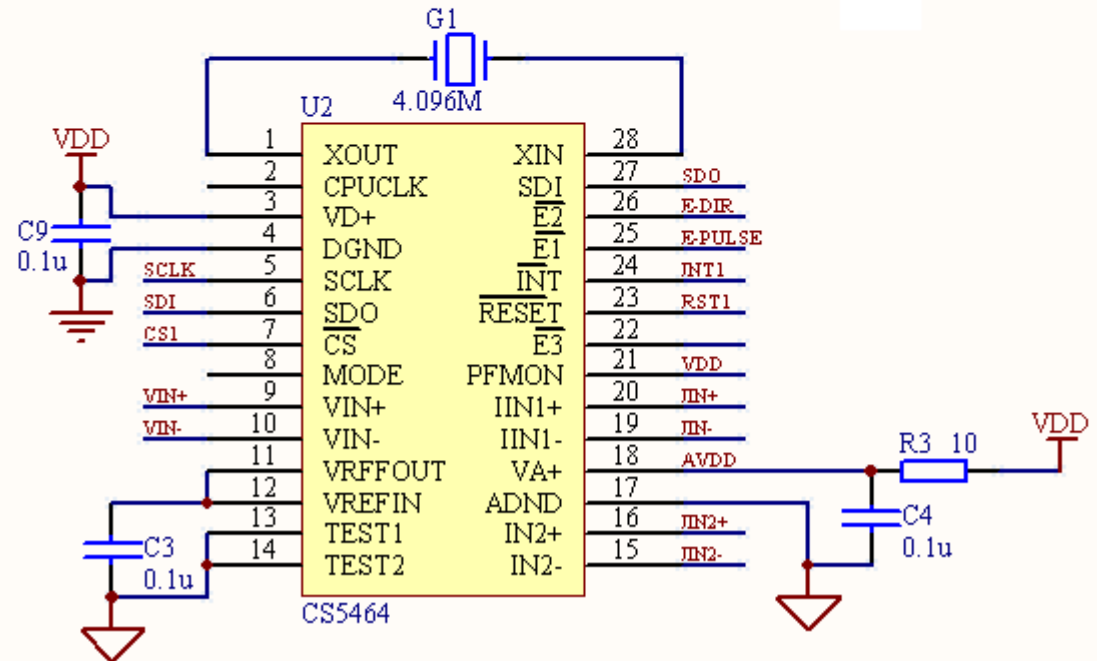
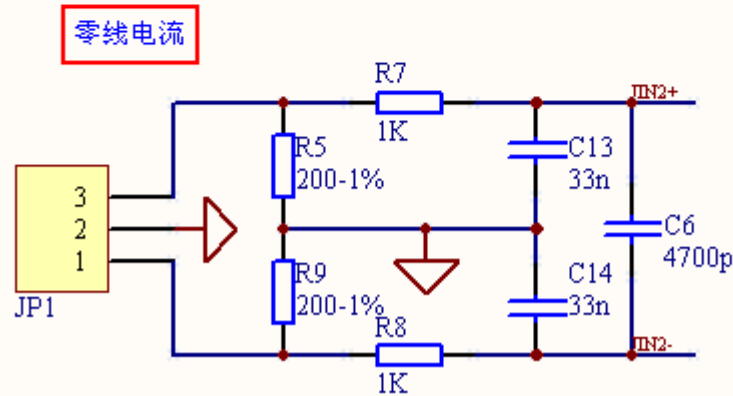
▶ 背光控制

- 由MCU IO控制实现

电量计量

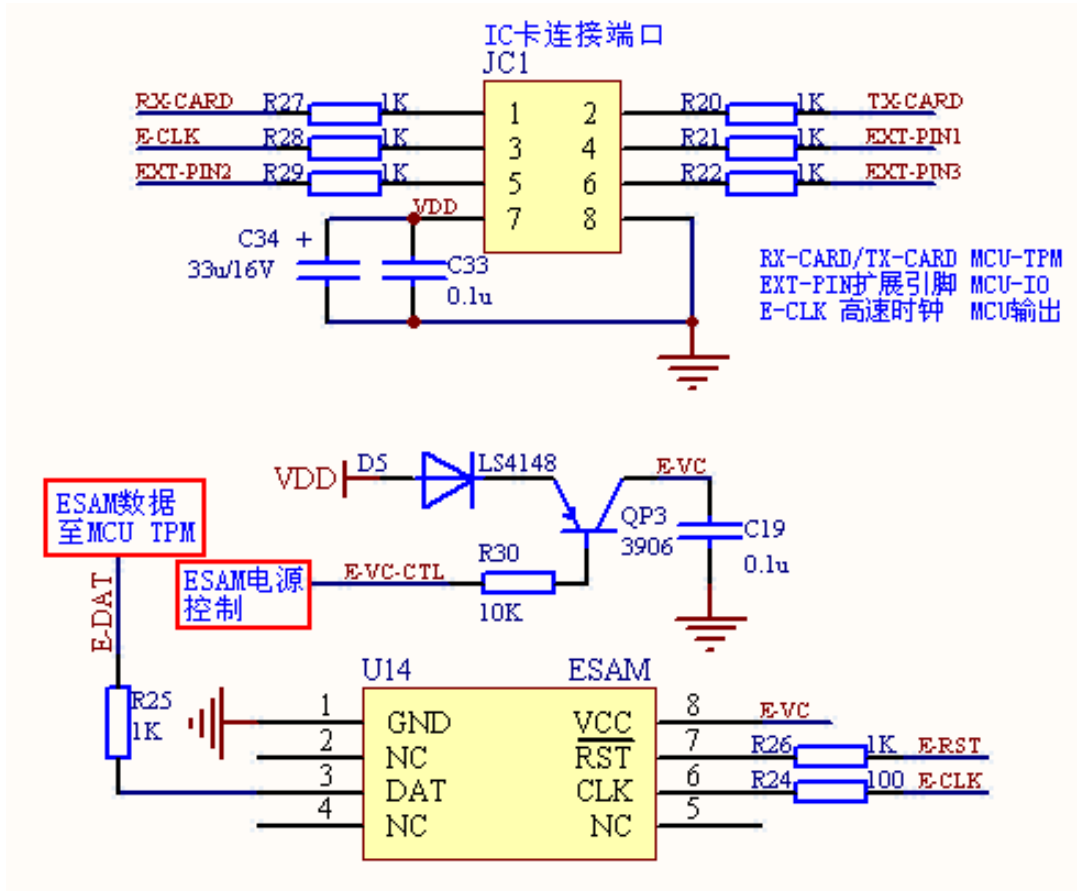


- CS1 — SPI片选
- SDO — SPI接口
- SCLK — SPI接口
- SDI — SPI接口
- E-DIR — 电量方向
- E-PULSE — 电量脉冲
- INT1 — 中断请求
- RST1 — 复位控制



- ▶ 采用 Cirrus Logic 公司的 CS5464 为计量芯片
 - 提供一路电压和两路电流的实时测量
 - 正反向电量计量
- ▶ MCU通过SPI总线对芯片进行配置和数据读取
 - 电流 / 电压 / 功率为寄存器直读
 - 通过SPI通讯获取
 - 电量计量信号为数字输出
 - 电量脉冲 – MCU中断捕获并计数
 - 电量方向 – MCU查询
- ▶ MCU软件配合实现软件校表
 - 电流和电压的零偏校准
 - 两路电流的增益匹配
 - 电流 / 电压 / 功率的读数标定
 - 电量脉冲的输出频率

ESAM和IC卡接口



► ESAM位于主控板上

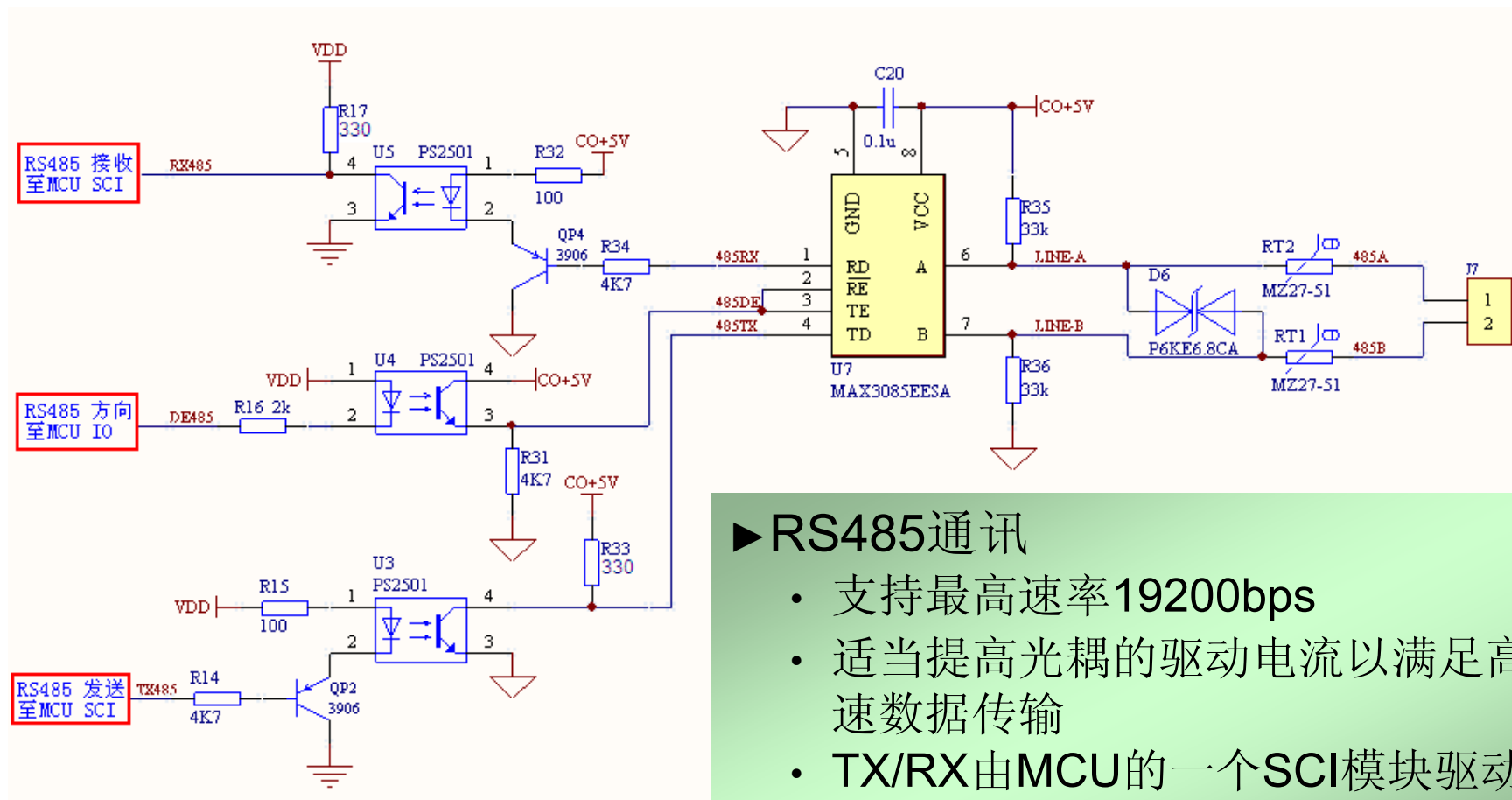
- ISO-7816双向数据由MCU的一路TPM通道模拟实现
- 1-5MHz时钟由MCU直接控制提供
 - MCU有可编程时钟输出功能
- ESAM电路电源可控

► IC卡部分设计为外扩连接端子

- 提供5V供电电压
- 提供全双工的串行通讯TX/RX接口，由MCU的TPM通道模拟实现
- 提供1-5MHz时钟信号
- 另外提供3个普通IO信号

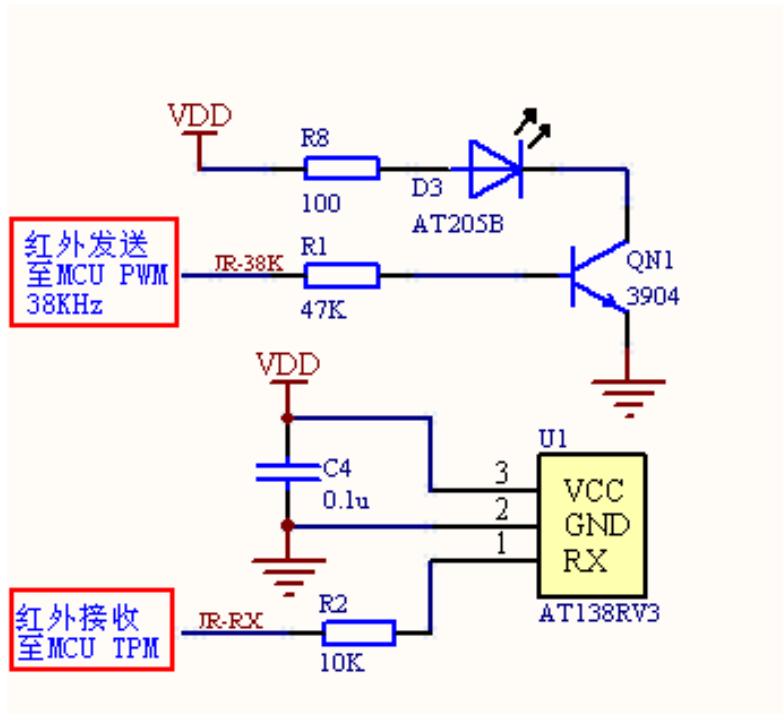
注：由于MCU部分没有和电网隔离，为安全起见，IC卡读卡电路需要考虑和MCU电气隔离。上面提供的各类电气信号能完全满足实现这一隔离要求。

RS485通讯



► RS485通讯

- 支持最高速率19200bps
- 适当提高光耦的驱动电流以满足高速数据传输
- TX/RX由MCU的一个SCI模块驱动



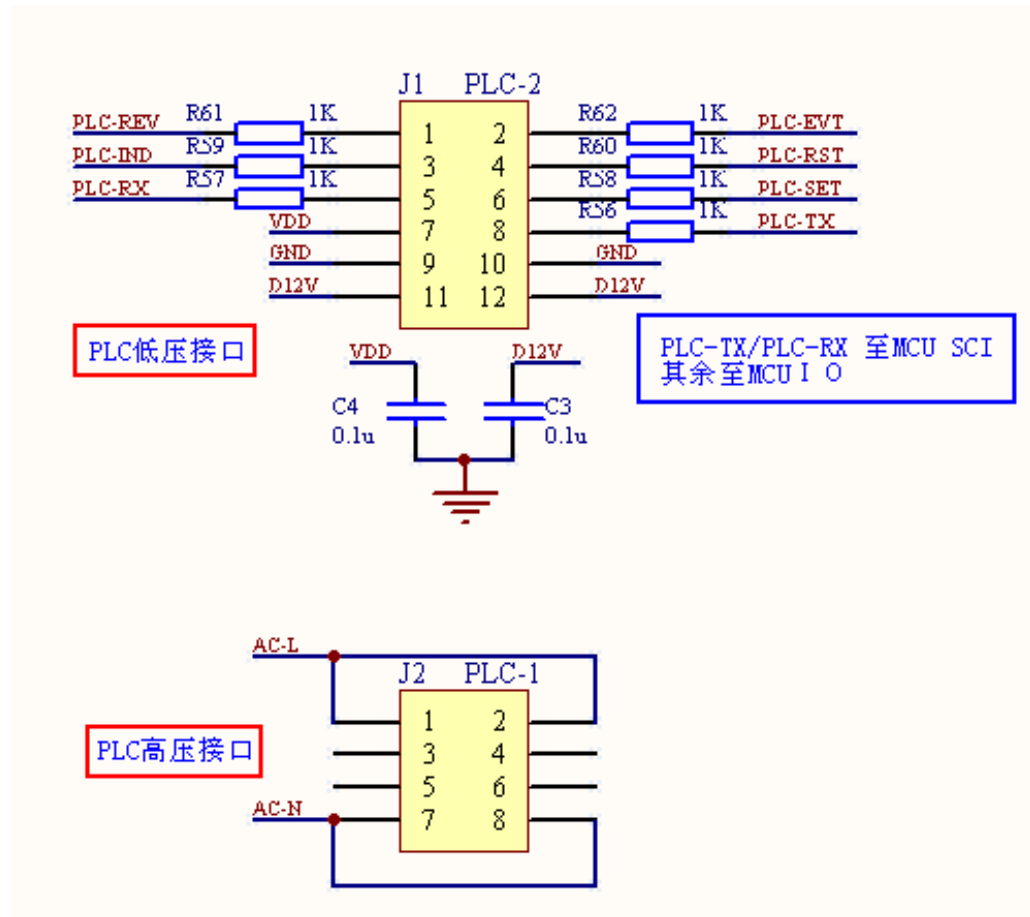
▶ 红外抄表通讯

- 支持1200/2400 bps
- 由MCU的TPM通道模拟实现
 - 红外发送用TPM的PWM功能直接输出38KHz载波对数据位进行调制
 - 红外接收则由AT138进行红外解调后由TPM的捕捉/比较功能实现串行数据接收

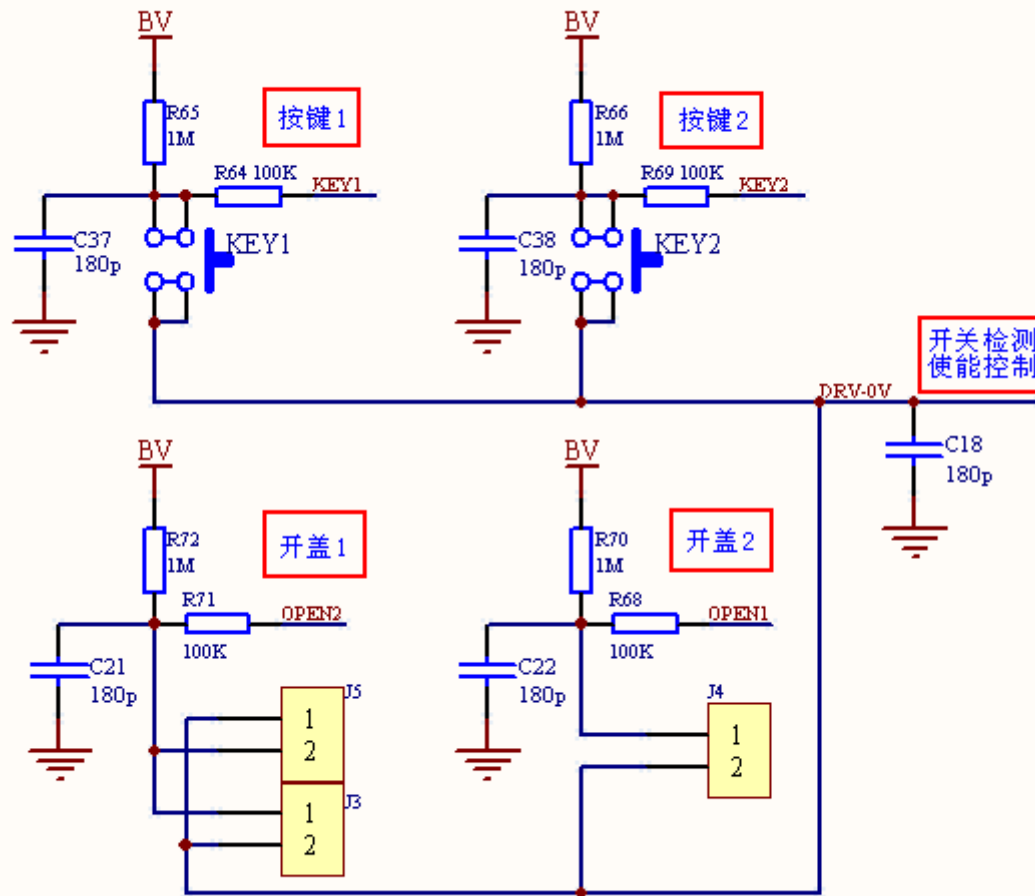
载波通讯

► 载波通讯

- 提供载波模块插槽
- MCU提供/处理载波模块所属的全部数据信号
- 实现MCU和载波模块之间的9600bps串行通信
 - 基于片上硬件SCI模块

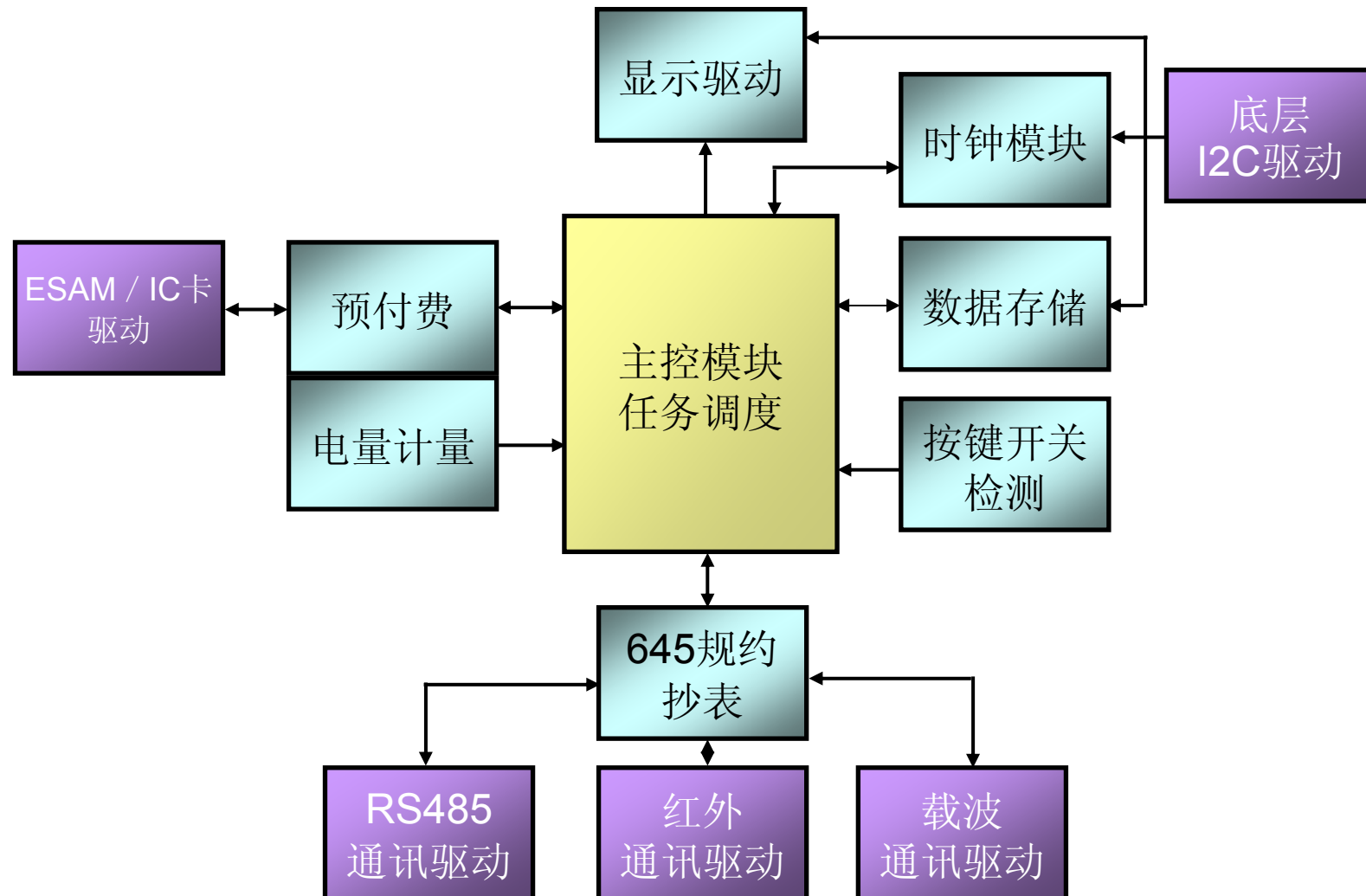


按键和开盖检测



- ▶ 提供两个按键输入检测
- ▶ 提供两个开盖信号检测
- ▶ 防静电设计
- ▶ 低功耗考虑
 - 低电平由MCU控制驱动
 - 只在检测瞬间消耗少许电流
 - 电池备份工作时维持检测

系统软件实现框图



- ▶ MCU基于片内时钟工作
 - 用RTC秒信号实时标定，保证大批量长时间的稳定性和一致性
- ▶ 充分利用片内所有的RAM空间，任务运行采用内存动态分配
 - 只在需要时申请内存块，用完即返还
 - 避免任务死占内存，提高内存使用效率
- ▶ 事件驱动，多任务协调：
 - 基于分时轮循和状态机控制的多任务处理
 - 确保任务运行无阻塞
 - 能够实现任务的动态建立和删除
 - 针对偶发运行的任务，例如：抄表，读卡，电池电压检测等
 - 避免过多的轮循，集中MCU的处理能力运行关键任务
- ▶ 电池备份工作时MCU进入低功耗休眠模式
 - 由实时计数器定时唤醒，唤醒间隔可编程
 - 唤醒后进行交流供电、按键开关和电池电压等状态检测
 - 平均功耗 7uA
- ▶ 附带Boot-loader功能，通过RS485可以在线升级软件
 - 仅适用于调试目的
- ▶ C语言编程

- ▶ 60KB Flash, 2KB RAM的8位单片机基本满足目前国网单相表主流型号的设计
 - 同时具备引脚和内核完全兼容的型号，方便设计向上升级
- ▶ 充分合理地利用MCU固有片上资源可以简化系统设计，降低系统成本
- ▶ 功能完善的参考设计方案可以大大加快客户产品化的设计进程

