

锐能微电能计量产品选型指南

Data: 2014-3-12

Rev: 1.0

Data: 2014-8-26

Rev: 1.1

Data: 2014-9-26

Rev: 1.2

Data: 2020-5-1

Rev: 1.3

版本更新说明

版本号	修改时间	修改内容
V1.0	2014-3-12	创建
V1.1	2014-8-26	更改 RN8208C 定义
V1.2	2014-9-26	删除 RN8208C
V1.3	2020-5-1	合并 soc/mcu 产品； 新增二代智能计量芯 soc；

目录

1	单相计量芯片.....	4
1.1	单相计量芯片选型列表.....	4
1.3	RN8209G (B 版)	6
1.2	RN8208G.....	8
1.2	RN8207G.....	10
1.4	RN8207C.....	12
1.5	RN8209C.....	14
1.6	RN8209D/RN8209G (C 版)	16
2	三相计量芯片.....	18
2.1	RN8302.....	18
2.2	RN8302B.....	20
2.3	RN7302.....	22
3	单相 SOC.....	24
3.1	概述.....	24
3.2	选型列表.....	26
4	电表 MCU.....	27
4.1	概述.....	27
4.2	选型列表.....	28
4	单相智能计量芯.....	29
4.1	RN2025.....	29
4.1	RN2027.....	34
5	三相智能计量芯.....	36
4.1	RN2026.....	36
4.1	RN7326.....	41
4.1	RN7326E.....	46

1 单相计量芯片

1.1 单相计量芯片选型列表

型号	RN8209G (B 版)	RN8208G (C 版)	RN8207G (C 版)	RN8207C	RN8209C	RN8209D /RN8209G(C 版)
功能	单相多功能、 零线防窃电； 直流计量专 用； Spi、uart	单相多功 能 无零线计 量 Spi、uart	SPI 口、 地址片选 Uart 波特率可 选	三相锰铜 表 地址片选 Uart 4800 波特 率	单相多功 能 零线防窃 电 Uart 4800 波特 率	单相多功能 零线防窃电 Spi、uart
兼容性	SSOP24	SSOP24	SSOP24	SOP16L	SOP16L	与 RN8209G 管脚兼容
工作电压	5V	3~5.5V	3~5.5V	3~5.5V	3~5.5V	3~5.5V
动态范围	5000:1	8000:1	8000:1	8000:1	8000:1	8000:1
计量基准	2.5V±2%	1.25V ± 2%	1.25V ± 2%	1.25V ± 2%	1.25V ± 2%	1.25V±2%
温度系数	10ppm/℃	10ppm/℃	10ppm/℃	10ppm/℃	10ppm/℃	10ppm/℃
计 量 ADC	3 路	2 路	2 路	2 路	3 路	3 路
功耗	15mW	15mW	15mW	15mW	15mW	15mW
ADC 输 入范围	1000mv 峰值	1000mv 峰 值	1000mv 峰 值	1000mv 峰 值	1000mv 峰 值	1000mv 峰值
计度器输 出	×	×	×	×	×	×
有功电能	√	√	√	√	√	√
有功功率	√	√	√	√	√	√
无功功率 及电能	×	√	√	√	√	√
电压电流 有效值	√	√	√	√	√	√
零线功率 及电流有 效值	√	×	×	×	√	√
频率测量	√	√	√	√	√	√
直流偏置	√	√	√	√	√	√

校正						
通信接口	Spi/uart	Spi/uart	Spi/uart	uart	uart	Spi/uart
封装	SSOP24L	SSOP24L	SSOP24L	SOP16L	SOP16L	SSOP24L

1.3 RN8209G(B 版)

简介:

✓ 计量

- 提供三路 Σ - Δ ADC
- 有功电能误差在 5000:1 动态范围内 $<0.1\%$, 支持 IEC62053-22: 2003 标准要求
- 提供两路电流和一路电压有效值测量, 在 1000:1 动态范围内, 有效值误差 $<0.1\%$
- 提供一路脉冲频率发生器, 可用于对用户自定义功率进行电能量累加积分;
- 潜动阈值可调
- 提供反相功率指示
- 提供电压通道频率测量
- 提供电压通道过零检测
- 提供参考基准监测功能

✓ 软件校表

- 电表常数(HFConst)可调
- 提供增益和相位校正
- 提供有功、有效值 offset 校正
- 提供小信号校表加速功能
- 提供配置参数自动校验功能

✓ 提供 SPI/UART 接口

✓ 具有电源监控功能

✓ 单+5V 电源供电, 功耗典型值为 15mW

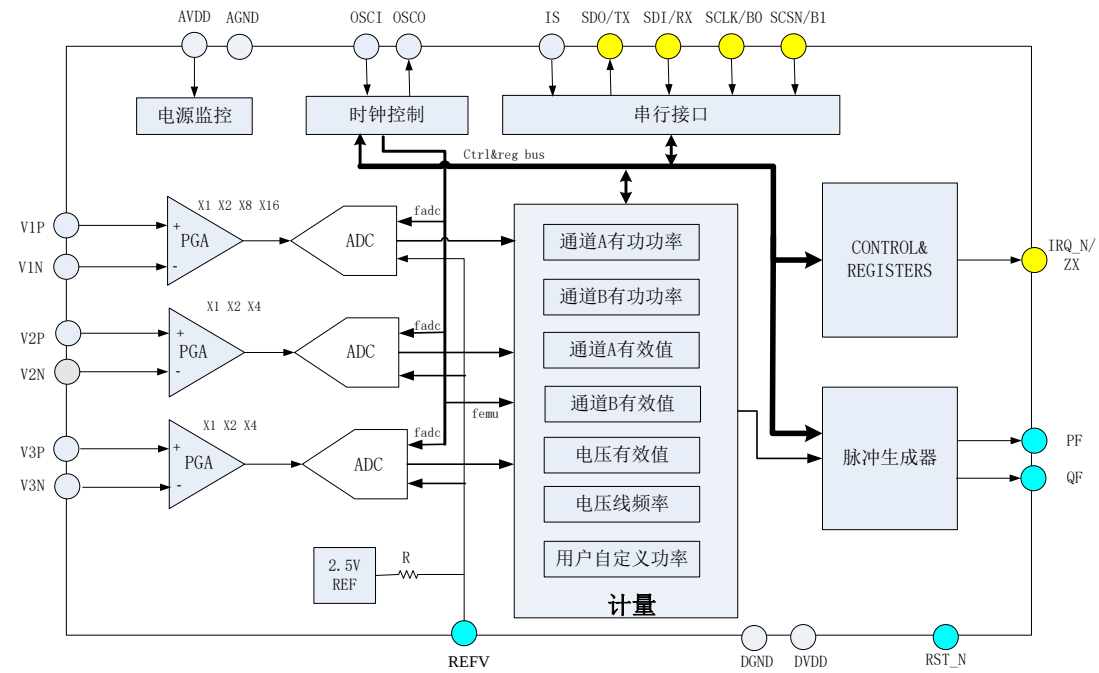
✓ 内置 $2.5V \pm 2\%$ 参考电压, 温度系数典型值 10ppm/ $^{\circ}C$

✓ 采用 SSOP24 绿色封装

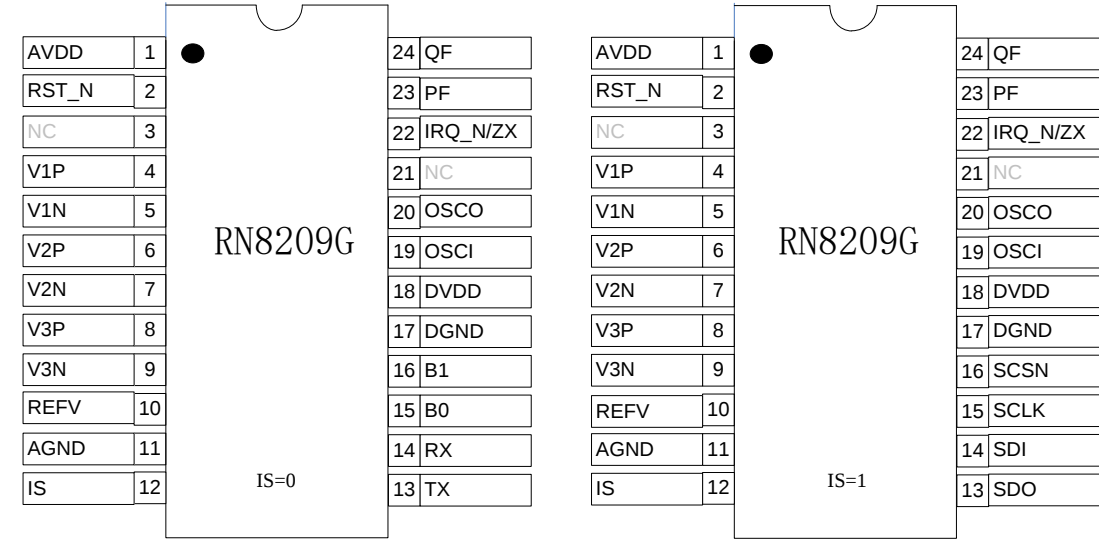
✓ 在交流电表计量领域, RN8209G(C 版)已全面替换 RN8209G(B 版);

✓ RN8209G(B 版)在直流计量性能方面优于 RN8209G(C 版)。

框图：



封装：



1.2 RN8208G

简介：

✓ 计量

- 提供两路 Σ - Δ ADC
- 有功电能误差在 8000:1 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-22: 2003 标准要求
- 提供电压、电流有效值、有功功率、电压线频率测量；
- 潜动阈值可调
- 提供反相功率指示
- 提供参考基准监测功能

✓ 软件校表

- 电表常数(HFConst)可调
- 提供增益和相位校正
- 提供有功 offset 校正
- 提供小信号校表加速功能
- 提供配置参数自动校验功能

✓ 提供 SPI/UART 接口

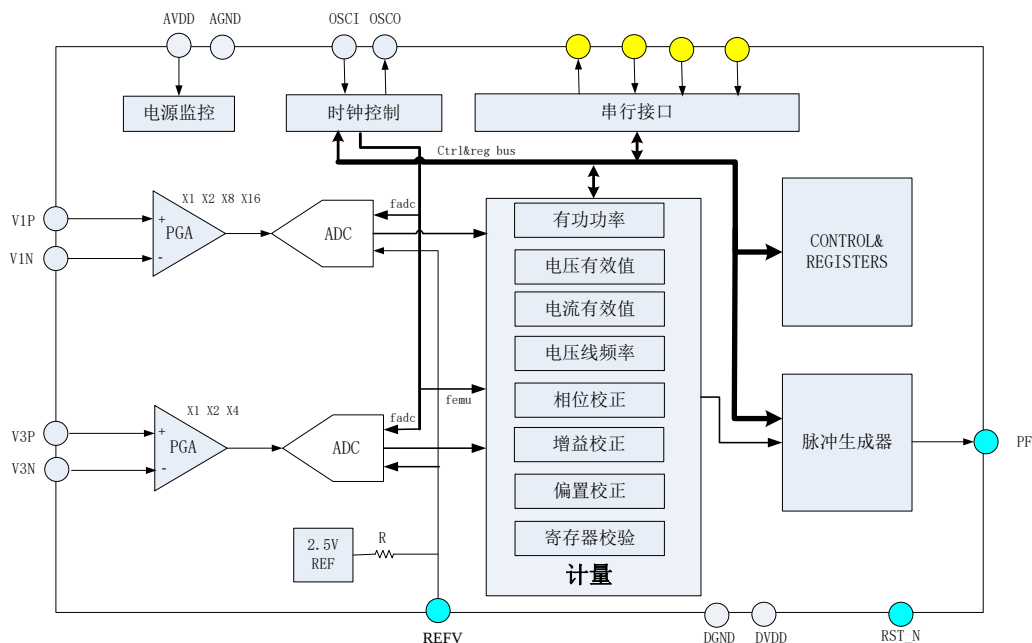
✓ 具有电源监控功能

✓ RN8208G +5V/3.3V 电源供电，功耗典型值为 15mW@5V、8mW@3.3V

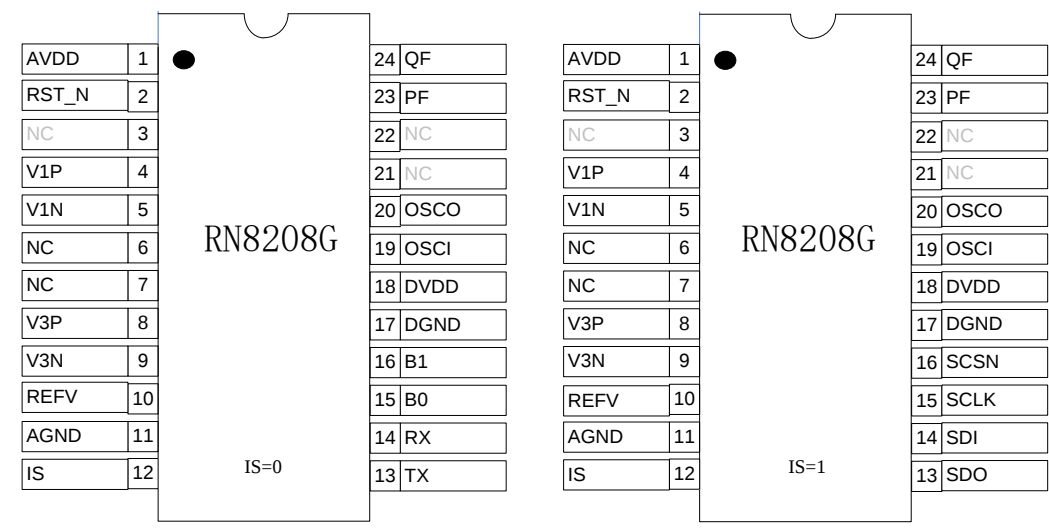
✓ 内置 $1.25V \pm 2\%$ 参考电压，温度系数典型值 $10\text{ppm}/^\circ\text{C}$

✓ 采用 SOP24 绿色封装，与 RN8209G 管脚兼容，不具备零线 ADC 输入及相关测量功能；

框图：



封装：



1.2 RN8207G

简介:

✓ 计量

- 提供两路 Σ - Δ ADC
- 有功电能误差在 **8000:1** 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-22: 2003 标准要求
- 无功电能误差在 **8000:1** 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-23: 2003 标准要求
- 提供电流和电压有效值测量，在 **1000:1** 动态范围内，有效值误差 $<0.5\%$
- 潜动阈值可调
- 提供反相功率指示
- 提供电压通道频率测量
- 提供电压通道过零检测
- 提供有功及无功脉冲输出
- **无需过零信号输出，即可通过软件实现三相电压相序检测**

✓ 软件校表

- 电表常数(HFConst)可调
- 提供增益和相位校正
- 提供有功、无功和有效值 offset 校正
- 提供无功相位补偿
- 提供小信号校表加速功能
- 提供配置参数自动校验功能

✓ 提供 SPI/UART 接口

✓ 具有电源监控功能

✓ 具备电能寄存器定时冻结功能，可方便 cpu 实现三相合相及分相电能处理，在三锰铜应用中可满足负载电流快速变化测试要求。

✓ UART 的 RX 输入引脚同时具备管脚复位功能

✓ UART 口可通过引脚选择波特率，支持 2400/4800/9600/19200 四种波特率；

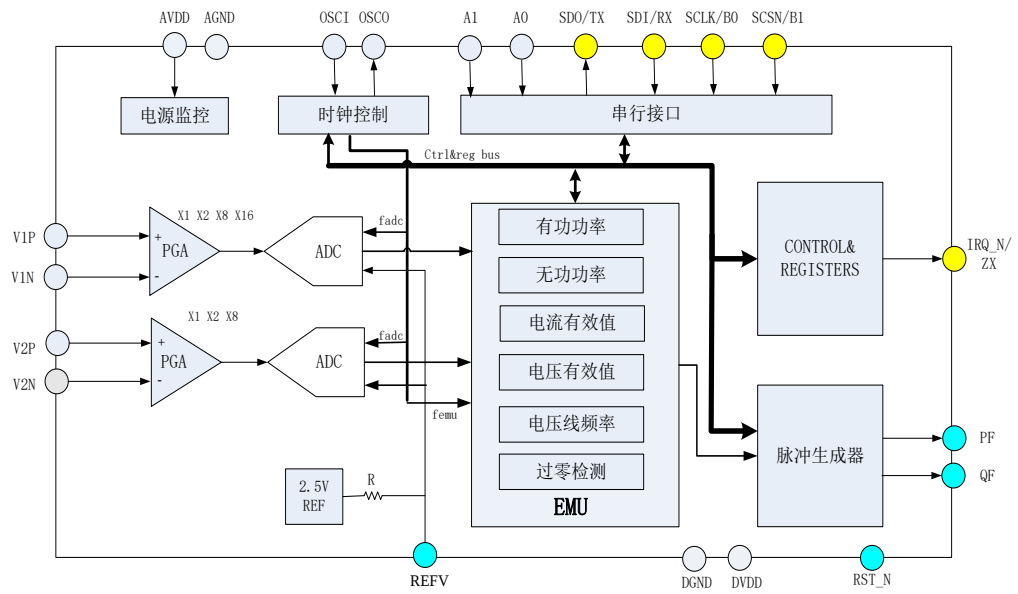
✓ UART 口可通过引脚选择通信地址；

✓ 单+5V 电源供电，功耗典型值为 15mW

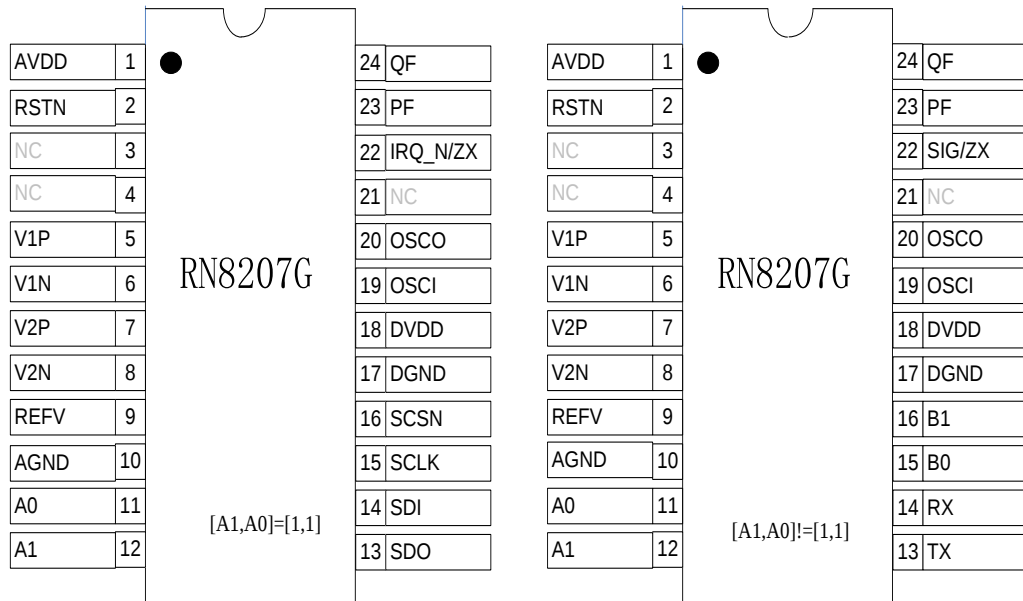
✓ 内置 $1.25V \pm 2\%$ 参考电压，温度系数典型值 10ppm/°C

✓ 采用 SSOP24 绿色环保封装

框图:



封装:



1.4 RN8207C

简介：

✓ 计量

- 提供两路 Σ - Δ ADC
- 有功电能误差在 8000:1 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-22: 2003 标准要求
- 无功电能误差在 8000:1 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-23: 2003 标准要求
- 提供一路电流和一路电压有效值测量，在 1000:1 动态范围内，有效值误差 $<0.1\%$
- 提供一路脉冲频率发生器，可用于对用户自定义功率进行电能量累加积分
- 提供两路 ADC 的瞬时采样值
- 潜动阈值可调
- 提供反相功率指示
- 提供电压通道频率测量
- 提供电压通道过零检测
- 提供参考基准监测功能
- 不具备无功电能脉冲输出，用于三相锰铜表设计时，由 cpu 读取电能寄存器的值运算并输出无功脉冲
- **无需过零信号输出，即可通过软件实现三相电压相序检测**

✓ 软件校表

- 电表常数(HFConst)可调
- 提供增益和相位校正
- 提供有功、无功、有效值 offset 校正
- 提供小信号校表加速功能
- 提供配置参数自动校验功能

✓ 提供 UART 接口，并具备地址片选功能

✓ 具有电源监控功能

✓ **具备电能寄存器定时冻结功能，可方便 cpu 实现三相合相及分相电能处理，在三锰铜应用中可满足负载电流快速变化测试要求。**

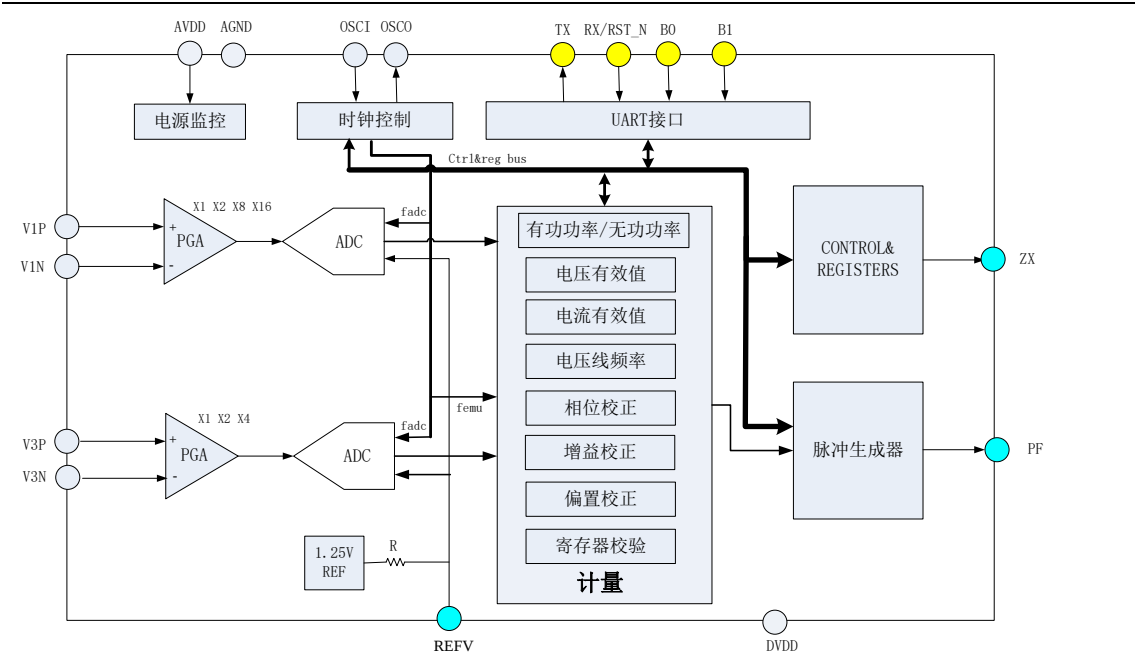
✓ UART 的 RX 输入引脚同时具备管脚复位功能

✓ +5V/3.3V 电源供电，功耗典型值为 15mW@5V、8mW@3.3V

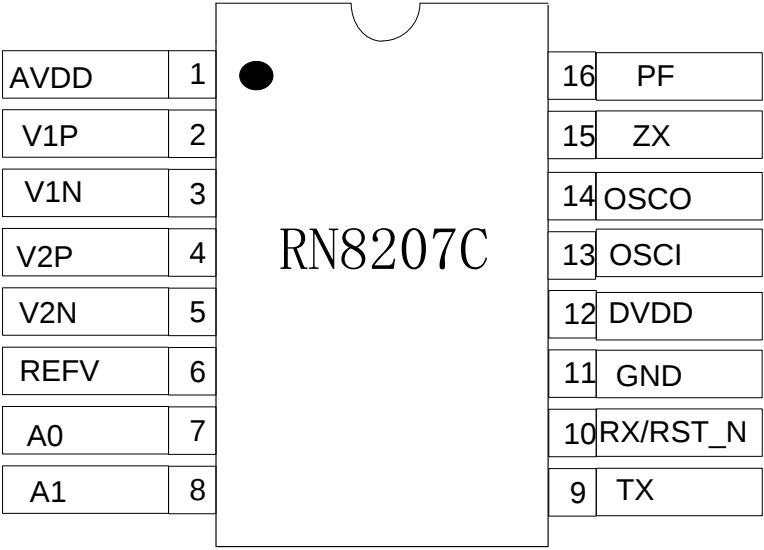
✓ 内置 $1.25V \pm 2\%$ 参考电压，温度系数典型值 10ppm/°C

✓ 采用 SOP16L 绿色封装

框图：



封装:



1.5 RN8209C

简介:

✓ 计量

- 提供三路 Σ - Δ ADC
- 有功电能误差在 8000:1 动态范围内 $<0.1\%$, 支持 IEC62053-22: 2003 标准要求
- 无功电能误差在 8000:1 动态范围内 $<0.1\%$, 支持 IEC62053-23: 2003 标准要求
- 提供两路电流和一路电压有效值测量, 在 1000:1 动态范围内, 有效值误差 $<0.1\%$
- 提供一路脉冲频率发生器, 可用于对用户自定义功率进行电能量累加积分
- 提供三路 ADC 的瞬时采样值
- 潜动阈值可调
- 提供反相功率指示
- 提供电压通道频率测量
- 提供电压通道过零检测
- 提供参考基准监测功能

✓ 软件校表

- 电表常数(HFConst)可调
- 提供增益和相位校正
- 提供有功、无功、有效值 offset 校正
- 提供小信号校表加速功能
- 提供配置参数自动校验功能

✓ 提供 UART 接口, 波特率固定为 4800

✓ 具有电源监控功能

✓ 具备电能寄存器定时冻结功能

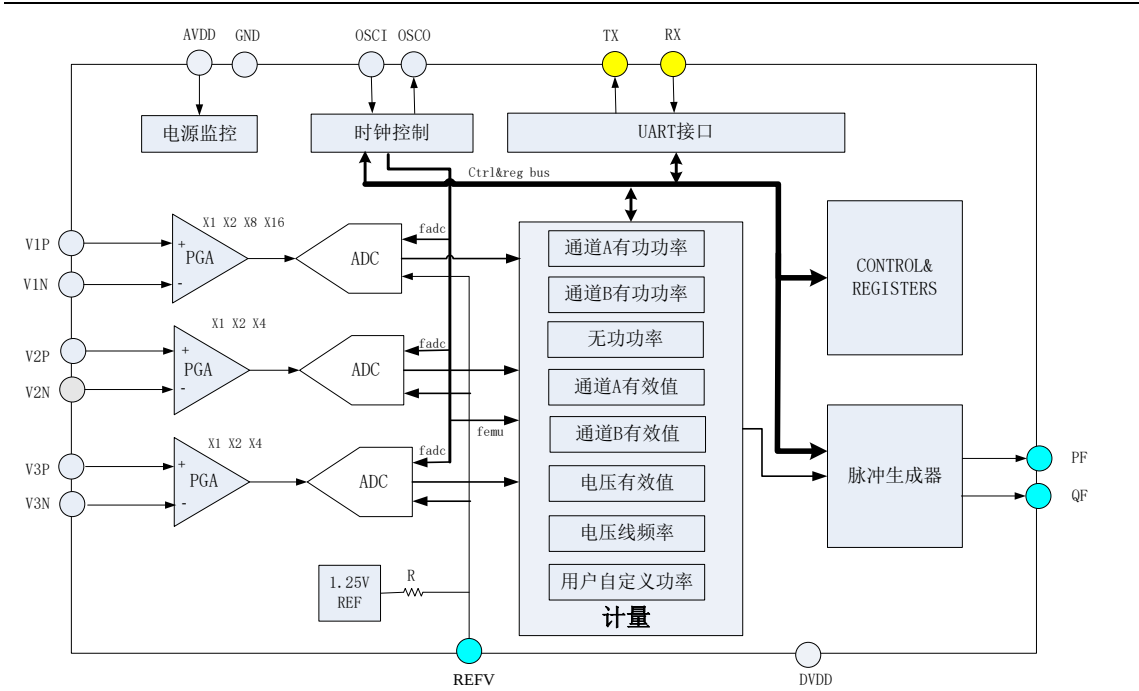
✓ UART 的 RX 输入引脚同时具备管脚复位功能

✓ +5V/3.3V 电源供电, 功耗典型值为 15mW@5V、8mW@3.3V

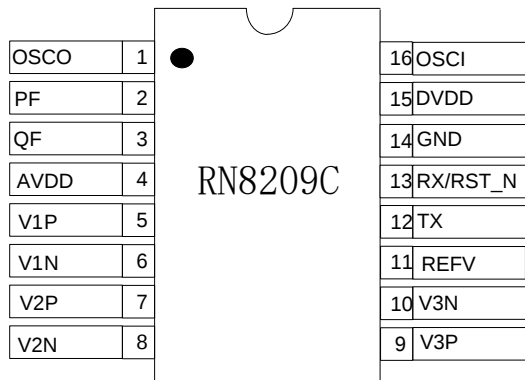
✓ 内置 $1.25V \pm 2\%$ 参考电压, 温度系数典型值 10ppm/ $^{\circ}C$

✓ 采用 SOP16L 绿色封装

框图:



封装:



1.6 RN8209D/RN8209G(C 版)

RN8209D 与 RN8209G(C 版)仅封装丝印不同。

简介：

✓ 计量

- 提供三路 Σ - Δ ADC
- 有功电能误差在 8000:1 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-22: 2003 标准要求
- 无功电能误差在 8000:1 动态范围内 $<0.1\%$ ，支持 IEC62053-23: 2003 标准要求
- 提供两路电流和一路电压有效值测量，在 1000:1 动态范围内，有效值误差 $<0.1\%$
- 提供一路脉冲频率发生器，可用于对用户自定义功率进行电能量累加积分
- 提供三路 ADC 的瞬时采样值
- 潜动阈值可调
- 提供反相功率指示
- 提供电压通道频率测量
- 提供电压通道过零检测
- 提供参考基准监测功能

✓ 软件校表

- 电表常数(HFConst)可调
- 提供增益和相位校正
- 提供有功、无功、有效值 offset 校正
- 提供小信号校表加速功能
- 提供配置参数自动校验功能

✓ 提供 SPI/UART 接口

✓ 具有电源监控功能

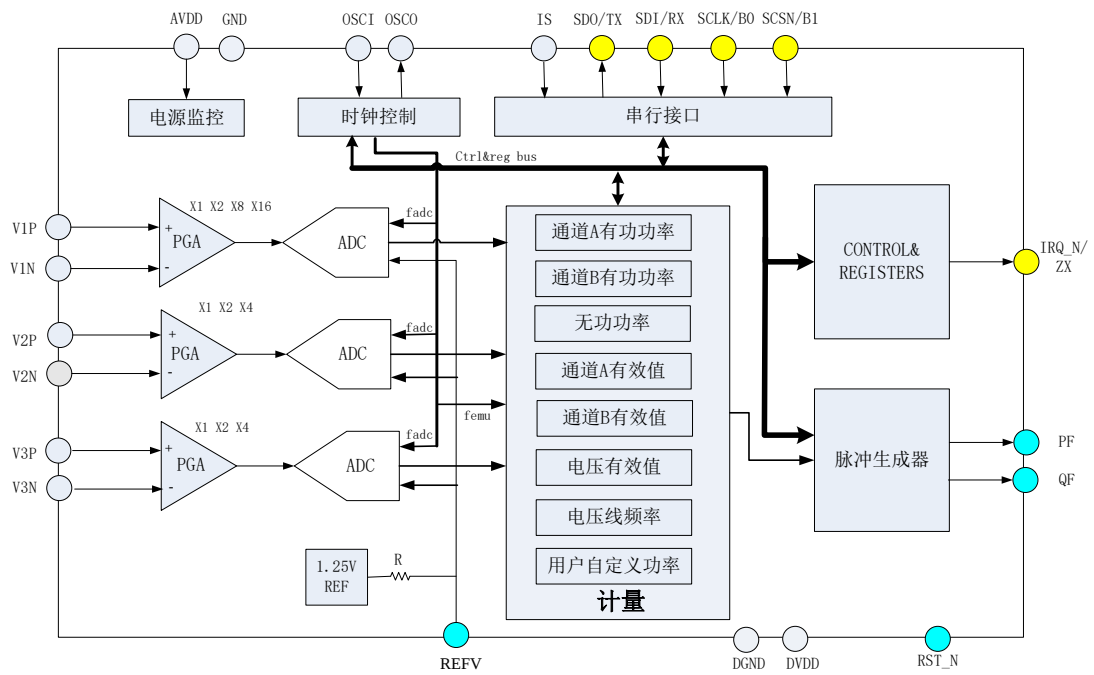
✓ 具备电能寄存器定时冻结功能

✓ +5V/3.3V 电源供电，功耗典型值为 15mW@5V、8mW@3.3V

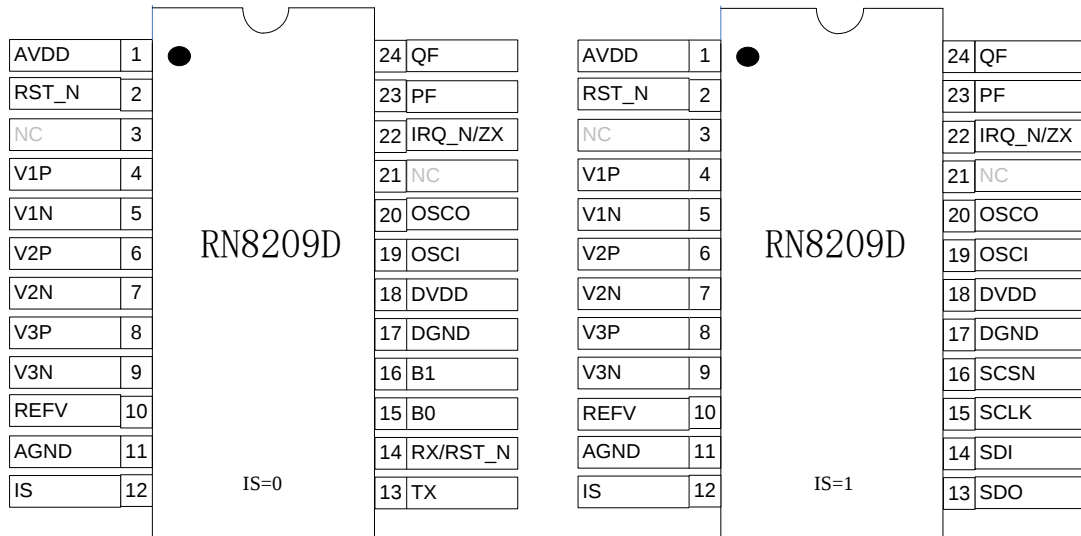
✓ 内置 $1.25V \pm 2\%$ 参考电压，温度系数典型值 10ppm/ $^{\circ}C$

✓ 采用 SSOP24L 绿色封装，RN8209D 与 RN8209G 管脚兼容

框图：



封装:



2 三相计量芯片

2.1 RN8302

简介：

◆ 计量

- ✓ 提供全波、基波有功电能，5000:1 动态范围内，非线性误差 $<0.1\%$ ，满足 0.5S 和 0.2S 级有功电能表精度要求
- ✓ 提供全波、基波无功电能，5000:1 动态范围内，非线性误差 $<0.1\%$
- ✓ 提供全波、基波视在电能
- ✓ 提供有功、无功功率方向，支持无功四象限判断
- ✓ 具有潜动启动功能，启动阈值可调
- ✓ 电表常数可调
- ✓ 提供有功、无功、视在的快速脉冲计数
- ✓ 提供全波、基波，有功、无功和视在脉冲输出

◆ 测量

- ✓ 提供全波和基波有功、无功、视在功率
- ✓ 提供全波、基波和谐波三相电压电流有效值
- ✓ 提供全波、基波功率因数
- ✓ 提供电压线频率，测量误差 $<0.02\%$
- ✓ 提供各相电压电流相角，测量误差 $<0.02^\circ$
- ✓ 提供七路过零检测，过零阈值可设置
- ✓ 提供电压相序错检测
- ✓ 提供失压指示，失压阈值可设置
- ✓ 提供灵活的电压、电流波形缓存数据
- ✓ 提供电压暂降检测
- ✓ 提供过压、过流检测

◆ 防窃电

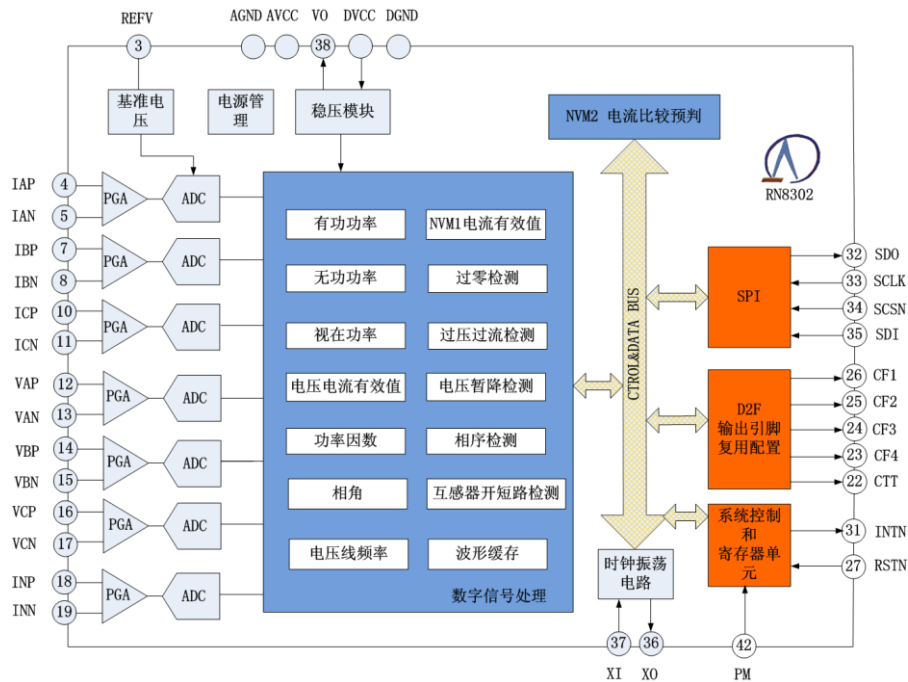
- ✓ 提供零线电流测量
- ✓ 提供一种低功耗模式 NVM2，用于电流比较预判，阈值 2 档可设置，功耗小于 $150\mu\text{A}$
- ✓ 提供一种低功耗模式 NVM1，实现低功耗电流有效值测量，功耗小于 2mA
- ✓ 提供全失压主动上报功能，典型应用平均功耗仅为 $7\mu\text{A}$
- ✓ 具有二次侧互感器开短路检测功能

◆ 软件校表

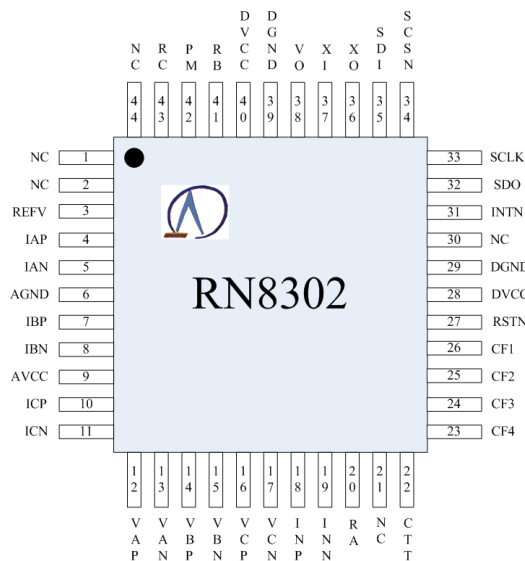
- ✓ 提供七路 ADC 通道增益校正
- ✓ 提供七路 ADC 通道相位校正，其中 A、B、C 三路电流通道支持分段相位校正
- ✓ 提供功率增益校正
- ✓ 提供有功、无功功率分段相位校正
- ✓ 提供有功、无功、有效值 Offset 校正

- ✓ 提供校验和寄存器，对校表数据自动校验
- ◆ 适用于三相三线、三相四线制
- ◆ 单+3.3V 电源供电，具有电源监控功能
- ◆ 内置 1.25V ADC 基准电压，温度系数典型值 5ppm/°C，也可外接基准电压
- ◆ 具有高速 SPI 接口，传输速率可达 3.5Mbps，提供写保护功能
- ◆ 具有一个中断输出引脚
- ◆ 工作电压范围：3.0V-3.6V
- ◆ 工作温度范围：-40°C-85°C
- ◆ 采用 LQFP44 绿色封装

框图：



封装：



2.2 RN8302B

简介:

◆ 计量

- ✓ 提供全波、基波有功电能，5000:1 动态范围内，非线性误差 $<0.1\%$ ，满足 0.5S 和 0.2S 级有功电能表精度要求
- ✓ 提供全波、基波无功电能，5000:1 动态范围内，非线性误差 $<0.1\%$
- ✓ 提供全波、基波视在电能
- ✓ 提供有功、无功功率方向，支持无功四象限判断
- ✓ 具有潜动启动功能，启动阈值可调
- ✓ 电表常数可调
- ✓ 提供有功、无功、视在的快速脉冲计数
- ✓ 提供全波、基波，有功、无功和视在脉冲输出

◆ 测量

- ✓ 提供全波和基波有功、无功、视在功率
- ✓ 提供全波、基波和谐波三相电压电流有效值
- ✓ 提供全波、基波功率因数
- ✓ 提供电压线频率，测量误差 $<0.02\%$
- ✓ 提供各相电压电流相角，测量误差 $<0.02^\circ$
- ✓ 提供七路过零检测，过零阈值可设置
- ✓ 提供电压相序错检测
- ✓ 提供失压指示，失压阈值可设置
- ✓ 提供灵活的电压、电流波形缓存数据
- ✓ 提供电压暂降检测
- ✓ 提供过压、过流检测

◆ 防窃电

- ✓ 提供零线电流测量
- ✓ 提供一种低功耗模式 NVM2，用于电流比较预判，阈值 2 档可设置，功耗小于 $150\mu\text{A}$
- ✓ 提供一种低功耗模式 NVM1，实现低功耗电流有效值测量，功耗小于 2mA
- ✓ 提供全失压主动上报功能，典型应用平均功耗仅为 $7\mu\text{A}$
- ✓ 不具有二次侧互感器开短路检测功能（RN8302B 与 RN8302 的唯一区别）

◆ 软件校表

- ✓ 提供七路 ADC 通道增益校正
- ✓ 提供七路 ADC 通道相位校正，其中 A、B、C 三路电流通道支持分段相位校正
- ✓ 提供功率增益校正
- ✓ 提供有功、无功功率分段相位校正
- ✓ 提供有功、无功、有效值 Offset 校正
- ✓ 提供校验和寄存器，对校表数据自动校验

◆ 适用于三相三线、三相四线制

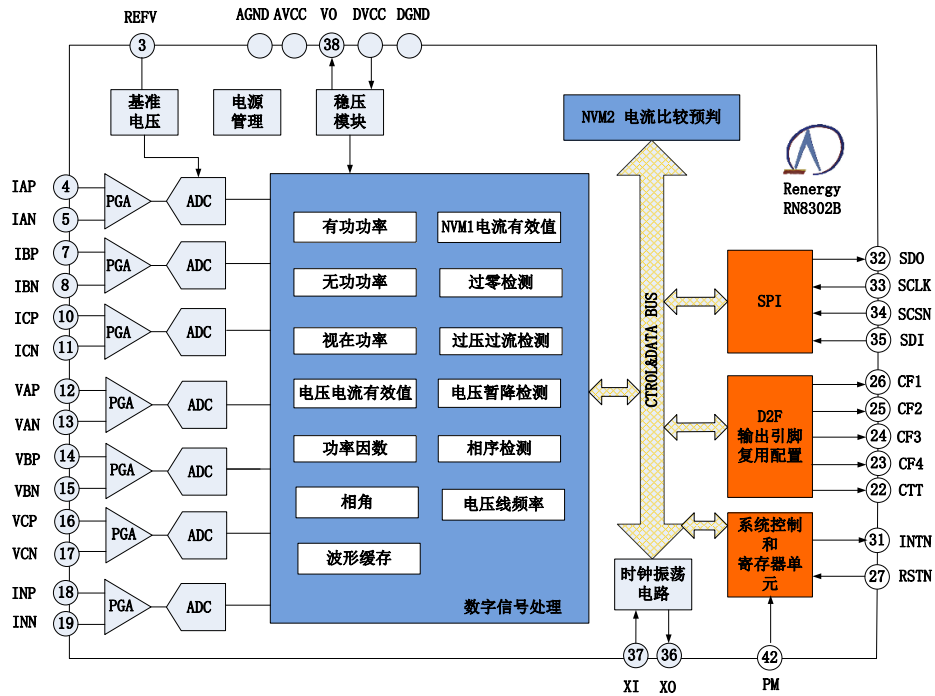
◆ 单+3.3V 电源供电，具有电源监控功能

◆ 内置 1.25V ADC 基准电压，温度系数典型值 $5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ，也可外接基准电压

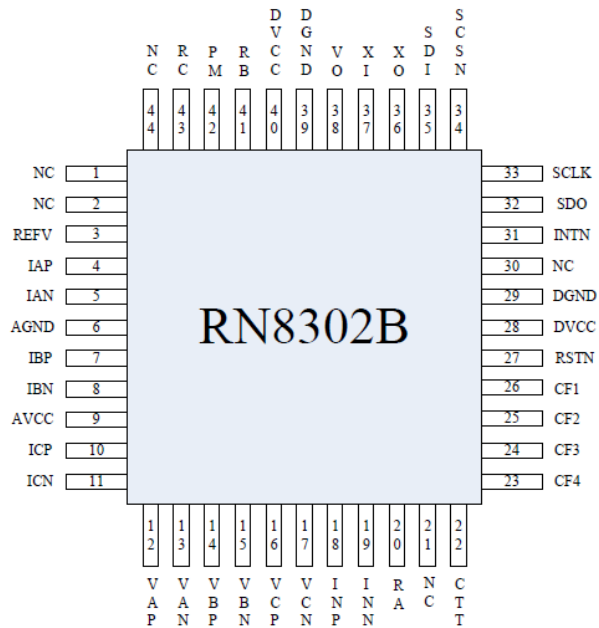
◆ 具有高速 SPI 接口，传输速率可达 3.5Mbps，提供写保护功能

- ◆ 具有一个中断输出引脚
- ◆ 工作电压范围：3.0V-3.6V
- ◆ 工作温度范围：-40℃-85℃
- ◆ 采用 LQFP44 绿色封装

框图：



封装：



2.3 RN7302

简介：

◆ 计量

- ✓ 提供全波、基波有功电能，5000:1 动态范围内，非线性误差 $<0.1\%$ ，满足 0.5S 和 0.2S 级有功电能表精度要求
- ✓ 提供全波、基波无功电能，5000:1 动态范围内，非线性误差 $<0.1\%$
- ✓ 提供全波、基波 RMS、PQS 视在电能
- ✓ 提供有功、无功功率方向，支持无功四象限判断
- ✓ 具有潜动启动功能，启动阈值可调
- ✓ 电表常数可调
- ✓ 提供有功、无功、视在的快速脉冲计数
- ✓ 提供 3 路全波、基波，有功、无功和视在脉冲输出

◆ 测量

- ✓ 提供全波、基波和谐波三相电压电流有效值，2000:1 动态范围内，测量误差 $<0.2\%$
- ✓ 提供全波、基波有功、无功、RMS 和 PQS 视在功率，2000:1 动态范围内，测量误差 $<0.1\%$
- ✓ 提供全波、基波功率因数，测量误差 $<0.2\%$
- ✓ 提供电压线频率，测量误差 $<0.02\%$
- ✓ 提供 6 路相角，测量误差 $<0.02^\circ$
- ✓ 提供 7 路 ADC 瞬时采样数据，典型应用下采样率 8KHz
- ✓ 提供灵活地 ADC 同步采样数据缓存 768x24bit，64 或 128 点每周波，便于谐波分析
- ✓ 提供电压矢量和有效值，2 种电流矢量和有效值
- ✓ 提供 7 路过零检测，过零阈值可设置
- ✓ 提供电压相序错检测
- ✓ 提供失压指示，失压阈值可设置
- ✓ 提供电压暂降检测
- ✓ 提供过压、过流检测
- ✓ 提供谐波、三相不平衡度、闪变和电压波动、电压骤升骤降、电压中断等电能质量参数软件库

◆ 软件校表

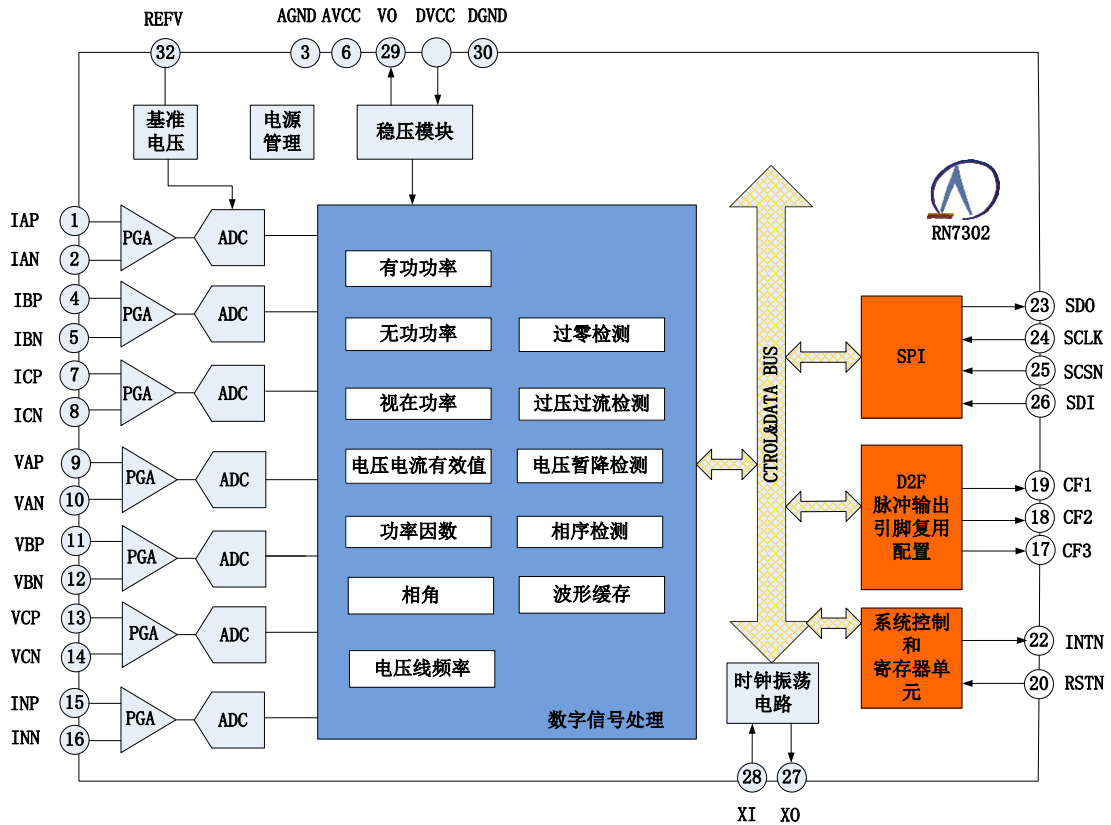
- ✓ 提供 7 路 ADC 通道增益校正
- ✓ 提供 7 路 ADC 通道相位校正，其中 A、B、C 三路电流通道支持分段相位校正
- ✓ 提供功率增益校正
- ✓ 提供有功、无功功率分段相位校正
- ✓ 提供有功、无功、有效值 Offset 校正
- ✓ 提供直流 offset 自动校正功能
- ✓ 提供校验和寄存器，对校表数据自动校验

◆ 适用于三相三线、三相四线制

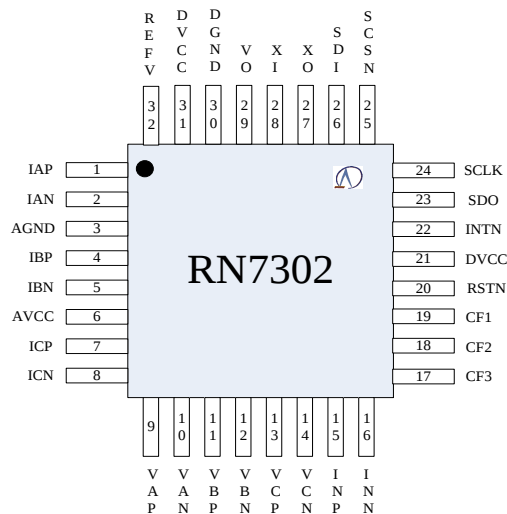
◆ 单+3.3V 电源供电，具有电源监控功能

- ◆ 内置 $1.25V \pm 2\%$ ADC 基准电压，温度系数典型值 $10\text{ppm}/^\circ\text{C}$
- ◆ 具有高速 SPI 接口，传输速率可达 3.5Mbps ，提供写保护功能
- ◆ 具有一个中断输出引脚
- ◆ 工作电压范围： $3.0V\text{--}3.6V$
- ◆ 工作温度范围： $-40^\circ\text{C}\text{--}85^\circ\text{C}$
- ◆ 采用 LQFP32 绿色封装

框图：



封装：



3 单相 SOC

3.1 概述

锐能微 RN821x 系列计量 SOC 芯片是单相智能电表、电测表专用 SOC 芯片，集成 ARM Cortex-M0 内核、计量测量单元、LCD、硬件温补 RTC、EEPROM 等单元，具有高集成度、高精度、高可靠性、低功耗、高性价比的特点，为各种单相电能表、电测表提供整体解决方案。

基本特点

- 高集成：集成 32bit ARM Cortex-M0、计量模块、硬件温补 RTC、LCD 控制器；
- 宽电压：保证计量精度的电压范围为 2.8V~5.5V；
CPU 小系统可运行的典型电压范围为 2.xV~5.5V；
GPIO 支持与不同工作电压器件的对接。
- 高性能：CPU 典型工作频率为 3.6864MHz（最高可达 29.4912MHz）；
- 低功耗：单相智能表计应用时典型功耗约为 3.5mA；
系统工作在 32KHz 下功耗约为 18 μ A；
睡眠模式下芯片整体功耗约为 9 μ A。
- 高精度：在 5000:1 动态范围内有功误差小于 0.1%； 计量参考基准温度系数典型值为 5ppm；
RTC 在 -25°C ~70°C 内秒脉冲误差小于 ± 5 ppm，最小校正刻度为 0.068ppm；
- 封装形式：LQFP64/LQFP100/LQFP128

处理器相关

- ARM Cortex-M0 内核；
- 最高运行频率可达 29.4812Mhz，单相智能表计应用推荐采用 3.6864Mhz；
- 最大支持 512KBytes FLASH 存储器，擦写次数 10 万次，数据保持时间大于 10 年；
- 最大支持 48Kbytes SRAM
- 单 cycle 乘法器（32bit*32bit）
- CM0 内嵌系统定时器；
- 2 个 DMA 控制器；
- 支持外部中断等多种唤醒方式；
- 提供完善的集成开发软硬件环境。

计量

- 在 5000:1 动态范围内有功计量误差小于 0.1%；
- 参考电压温度系数典型值为 5ppm/°C；
- 支持零线和火线双通道有功功率、无功功率、视在功率、电流有效值同时测量；
- 支持零线和火线双通道有功电能、无功电能、视在电能同时计量；

- 提供电压有效值及电压线频率测量；
- 提供采样通道增益及 offset 校正功能；
- 提供功率因数；

RTC

- 硬件自动温补，满足国家标准的精度和功耗要求；
- 温度传感器：提供准确的温度值，-25℃~70℃范围内测温精度为±1℃；
- 功耗优于 2 μA；

LCD

- 最大支持 4*40、6*38、8*36 (LQFP128)。
- 支持 DMA 自动轮显，不需要启动 CPU；
- Charge pump 提供 LCD 电压，支持宽电压、全温度范围清晰显示；
- 自动轮显整机功耗优于 25 μA。

其他外设

- 高速 GPIO，支持与不同电压外设器件的接口；
- 10bit ADC：温度传感器/电池电压检测/通用 ADC 分时复用；
- 电压检测 LVD：检测芯片电源电压；检测外部电压。
- 两个比较器 CMP1 和 CMP2：检测外部电压，功耗约为 0.5uA，支持停电下的低功耗电源监测。
- 定时器：2 个 32bit 扩展定时器，2 个 RTC 定时器，1 个 CM0 内嵌系统定时器；
- UART：最多 6 个，支持自动波特率，支持红外调制，支持 UART 唤醒；
- 7816 口：2 个
- I2C：1 个
- SPI：2 个
- 看门狗：硬件看门狗；
- 按键中断：最多 8 个，管脚复用；
- 外部中断：最多 8 个，管脚复用；

加密

- 硬件真随机数产生器，符合美国 NIST 的 FIPS 140-2 标准；
- AES128/192/256 硬件加密，符合 FIPS197 标准，支持 EBC/CBC/CTR/GCM/GMAC 模式；
- ECC192 硬件加速器；
- 加密说明文档见锐能微应用笔记。

卡表隔离

- 提供卡表隔离低成本高可靠解决方案，详见锐能微 RN8501 卡隔离方案说明；

3.2 选型列表

计量 SOC 型号	RN8215	RN8213	RN8217	RN8213B	RN8211B	RN8211
晶元版本	--	B 版/C 版	D 版	B 版/D 版	C 版	B 版
封装	LQFP100	LQFP100	LQFP100	LQFP128	LQFP64	LQFP64
FLASH(KBytes)	192	128	512	B 版/D 版 192/512	128	128
EEPROM(KBytes)	32	32	32	B 版/D 版 32/无	32	32
SRAM(KBytes)	16	8	48	B 版/D 版 16/48	8	8
工作电压(V)	2.3-5.5	2.3-5.5	2.3-5.5	2.3-5.5	2.3-5.5	2.3-5.5
内核	Cortex-M0	Cortex-M0	Cortex-M0	Cortex-M0	Cortex-M0	Cortex-M0
主频(Mhz)	<30M	<30M	<30M	<30M	<30M	<30M
电能计量	火线零线有功、无功、视在双路计量， 5000:1 动态范围误差<0.1%					无零线计量
测量带宽 (KHz)	7	7	7	7	7	7
有效值测量	3 路有效值测量：1000:1 动态范围误差<0.2%					2 路
全失压电流测量	√	√	√	√	×	×
线频率测量	√	√	√	√	√	√
基准电压温度系数	10	10	10	10	10	10
硬件温补 RTC	-40-85℃，秒脉冲误差<1s/d					
LCD 段数	240	240	240	288	96	96
DMA	√	×	√	√	×	×
ECC&AES	√	×	√	√	×	×
7816	2	2	2	2	1	×
UART	6	6	6	6	4	4
SPI	1	1	2	2	1	×
I2C	1	1	1	1	1	1
TIMER32	2	2	2	2	2	2
PWM	4	4	4	3	4	3
外部中断	8	8	8	8	4	4
KEY	8	8	8	8	4	4
LVD	1	1	1	1	1	×
CMP	2	2	2	2	×	2
休眠功耗(μA)	10	10	10	10	10	10
LCD 轮显功耗，含 RTC(μA)	25	25/15	15	15	15	25

4 电表 MCU

4.1 概述

锐能微 MCU 系列芯片是智能电表专用 MCU 芯片，集成 ARM Cortex-M0 内核、FLASH、EEPROM、硬件温补 RTC、LCD 等单元，具有高集成度、高可靠性、低功耗、高性价比的特点，可以和锐能微单、三相计量系列芯片组合使用，为各种智能电表提供整体解决方案。

锐能微 MCU 系列包括：

RN8318: 集成 ARM Cortex-M0 内核、512KB Flash 和 32K/64KB SRAM、独立供电硬件温补 RTC，LCD 支持 8*36/6*38/4*40。封装 LQFP128，典型应用领域：国网 698 协议三相表。

RN8312: 集成 192KB Flash、16K SRAM 和 32K EEPROM，与锐能微三相计量芯片 RN8302 组成高性价比三相表套片，提供国网南网三相表整体解决方案。

RN8615: 集成 ARM Cortex-M0 内核、512KB Flash 和 32K/64KB SRAM，独立供电硬件温补 RTC，LCD 支持 8*30/6*32/4*34。封装 LQFP100，典型应用领域：国网 698 协议单相表（使用 LCD），国网 698 协议三相表（不使用 LCD）。

RN8613: 集成 ARM Cortex-M0 内核、256KB Flash 和 32K SRAM，独立供电硬件温补 RTC，LCD 支持 8*30/6*32/4*34。封装 LQFP100，典型应用领域：国网 698 协议单相表（使用 LCD）。

RN8612: 集成 ARM Cortex-M0 内核、128KB Flash 和 8K SRAM，独立供电硬件温补 RTC，LCD 支持 8*30/6*32/4*34。封装 **LQFP100**，典型应用领域：国网电池可更换表（使用 LCD）、南网表、出口表。

4.2 选型列表

MCU 型号	RN8318	RN8615	RN8613	RN8612	RN8312
晶元版本	A 版/B 版	A 版/B 版	A 版	--	--
封装	LQFP128	LQFP100	LQFP100	LQFP100	LQFP128
内核	M0	M0	M0	M0	M0
Flash(KBytes)	512	512	256	128	192
SRAM(KBytes)	A 版/B 版 32/64	A 版/B 版 32/64	32	8	16
EEPROM(KBytes)	N	N	N	32	32
主频(Mhz)	<30M	<30M	<30M	<30M	<30M
主电工作电压(V)	2.3-5.5	2.3-5.5	2.3-5.5	2.3-5.5	2.3-5.5
Vbat 工作电压(V)	1.8-5.5	1.8-5.5	1.8-5.5	1.8-5.5	-
RTC 独立供电	√	√	√	√	×
硬件温度 RTC	√	√	√	√	√
LCD 段数	288	240	240	240	288
ECC&AES	×/√	×/√	×	×	√
DMA	×/√	×/√	×	×	√
UART	6	6	6	6	6
7816	2	2	2	2	2
SPI	1/2	1/2	1	1	1
I2C	1	1	1	1	1
外部中断	8	8	8	8	8
KEY	8	8	8	8	8
TIMER32	2	2	2	2	2
PWM	4	4	4	4	4
LVD	1	1	1	1	1
CMP	2	2	2	2	2
LCD 轮显功耗 (μA)	10	10	10	10	25
休眠功耗(μA)	5	5	5	5	12
Vbat RTC 功耗 (μA)	1.5	1.5	1.5	1.5	
典型应用领域	国网 698 协议三相 表	国网 698 协议单相 表或三相 表	国网 698 协议单相 表	简单单相 表	简单 三相表

4 单相智能计量芯

4.1 RN2025

简介:

✓ **基本特点**

■ **高集成度:** 集成 ARM Cortex-M0 核、256KB FLASH、32KB SRAM、3 路 Σ - Δ ADC、单相计量及故障检测模块、计量精度自检测模块、6 路复用的 SAR ADC、6 路复用的 GP-ADC、独立供电硬件温补 RTC、各种外设等

■ **宽电压:**

- VCC 供电域保证测量精度的电压范围为 2.8V~5.5V
- VCC 供电域 CPU 小系统可运行的典型电压范围为 1.9V~5.5V
- VBAT 供电域为 RTC 独立电源域，时间保持电压范围为 1.8V~5.5V

■ **高性能:**

- 32768HZ 晶振+PLL 条件下，PLL 下 CPU 最高工作频率可达 32.768MHz
- HOSC 晶振条件下，CPU 最高工作频率可达 32.768MHz
- 内部高频 RC 最高可工作在 32.768Mhz 下，全温度范围可保证 $\pm 1\%$ 精度，可用作备份时钟。

■ **高精度:**

- 在 8000:1 动态范围内，有功/无功/视在电能误差小于 0.1%;
- RTC 在 -25℃ ~70℃ 内秒脉冲误差小于 $\pm 5\text{ppm}$ ，最小校正刻度为 0.0305175ppm

■ **低功耗:**

- 典型工作电流: 10mA(CPU 运行在 16.384MHz，计量开启)
- CPU 子系统工作在 32KHz 下功耗: $<18\mu\text{A}$ (with cache);
- 休眠功耗: $8\mu\text{A}$ (RTC 自动温补; RAM 保持; CPU 不掉电; 电源监测开启; 中断唤醒)
- VBAT 域功耗: 典型值 $1.5\mu\text{A}$;

■ **封装形式 1:** LQFP64 (7.00×7.00×1.40 e=0.40)，与 RN2025A64 硬件兼容; 简称: RN2025B64e04

■ **封装形式 2:** LQFP64 (10.00×10.00×1.40 e=0.50); 简称: RN2025B64e05

即: RN2025B64 有两种封装，一种是 (7.00×7.00×1.40 e=0.40)，另外一种是 (10.00×10.00×1.40 e=0.50)。

在研发阶段，我司会同时提供两种封装的芯片。RN2025B64e04 可以与 RN2025A64 直接替换，方便做软件调试。

考虑到 0.4 间距的封装对于生产工艺要求较高，而且 RN2025 是计量类产品，我们优先推荐 0.5 间距的封装。

建议客户在新设计上采用 0.5 间距的封装，未来 0.4 间距的封装将逐步停产。

✓ 计量精度自检测功能

- 可检测电流采样通道外围器件变化引起的精度漂移，检测精度为 0.2%
- 可检测电压采样通道外围器件变化引起的精度漂移，检测精度为 0.2%；**优化电压通道自检测性能。**
- 可检测计量芯片自身故障引起的精度变化（比如基准电压变化、电路失效等）

✓ 事件上报

- 过压、过流事件；
- 电压骤降事件；
- 漏电事件；
- 短路事件；

✓ 高级功能

- 支持 41 次谐波分析，谐波计算由硬件加速引擎完成，可实现每周波连续计算。
- 支持非侵入式用电负荷识别所需要的波形数据，支持灵活的帧格式，支持硬件自动计算校验和，支持灵活的校正手段，支持 DMA 从 RAM 将数据外发到 SPI 口。
- 支持正负总谐波电能计算，可从 CF0~CF4 任意一个 IO 口输出。**谐波电能计算由硬件加速引擎完成，可实现连续计算。**
- 支持分次谐波电能计算，相关内容不在手册开放，请直接调用锐能微库函数。
- **支持 S 级电能质量分析功能。包括谐波、间谐波、不平衡度、电压波动、电压闪变、骤升、骤降等，以上功能分散在本手册各个章节中，主要运算均有硬件完成，其中电压闪变在手册中未开放。如果需要完整的电能质量分析功能，请直接调用锐能微相关库函数实现。**
- **支持故障录波功能。**

✓ 计量

- 提供全波、基波有功电能，8000:1 动态范围内，非线性误差<0.1%，满足 0.5S 和 0.2S 级有功电能表精度要求
- 仅提供基波无功电能，8000:1 动态范围内，非线性误差<0.1%
- 提供全波、基波视在电能
- 提供有功、无功功率方向，支持无功四象限判断
- 具有潜动启动功能，启动阈值可调
- 电表常数可调
- 提供有功、无功、视在的快速脉冲计数
- 提供全波、基波的有功、无功和视在脉冲从 CF0~CF4 任意一个 IO 口输出

✓ 测量

- 提供全波和基波有功、视在功率，以及基波无功功率
- 提供全波、基波三相电压电流有效值
- 提供电压线频率，测量误差<0.02%
- 提供过零检测，过零阈值可设置
- 提供灵活的电压、电流波形缓存数据及 DMA 功能
- 提供电压暂降检测

-
- 提供过压、过流检测
 - ✓ 防窃电
 - 提供零线电流测量，零线电流 ADC 的 PGA 倍数最大支持 16 倍；
 - 提供一种低功耗模式 NVM，实现低功耗电流有效值测量，功耗小于 2mA
 - ✓ 软件校表
 - 提供三路 ADC 通道增益校正
 - 提供三路 ADC 通道相位校正，其中 A、B 两路电流通道支持分段相位校正
 - 提供功率增益校正
 - 提供有功、无功功率分段相位校正
 - 提供有功、无功、有效值 Offset 校正
 - ✓ 内置 1.25V ADC 基准电压，温度系数典型值 10ppm/°C；支持外接基准电压。

 - ✓ 处理器相关
 - ARM Cortex-M0 内核，最高运行频率可达 32.768Mhz，典型运行频率 16.384Mhz
 - 256KBytes FLASH 存储器，擦写次数 10 万次，数据保持时间大于 10 年
 - 32KBytes SRAM，其中 2KBytes 作为 Cache 使用，客户可使用 30KBytes。
 - 波形缓存专用 DMA 控制器
 - CM0 内嵌系统定时器
 - 单 cycle 乘法器（32bit*32bit）
 - 硬件看门狗
 - 支持外部中断等多种唤醒方式
 - 提供完善的集成开发软硬件环境

 - ✓ SAR ADC
 - 10bit SAR ADC，内部温度传感器（用于 RTC 温度补偿）、6 路外部引脚输入 AIN 分时复用
 - 新增 PGA=0.2 倍，输入信号只要不高于电源电压即可；

 - ✓ GP-ADC
 - 16bit Sigma-Delta ADC，支持内部温度传感器测量（用于提升 RTC 打分精度）、支持 6 路外部引脚输入（用于支持端子温度测量）。
 - PGA 支持 0.2 倍/1 倍/2 倍/4 倍

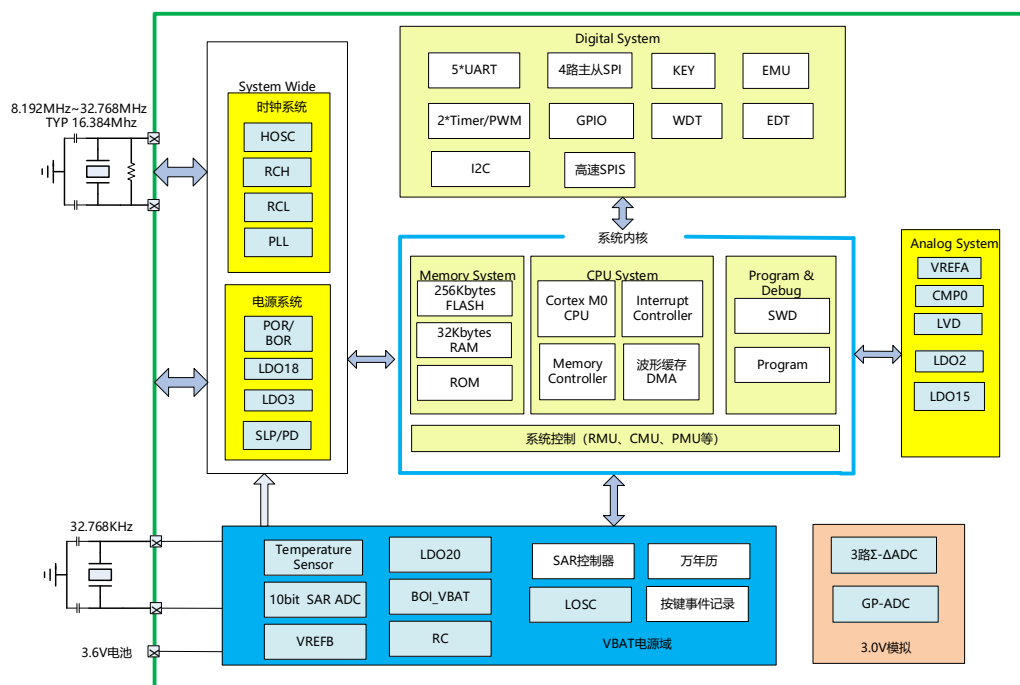
 - ✓ VBAT 域电路
 - RTC 硬件自动温补，在 -25°C ~70°C 内秒脉冲误差小于 ±5ppm，最小校正刻度为 0.0305175ppm，满足国家标准的精度和功耗要求；
 - 温度传感器：提供准确的温度值，-25°C ~70°C 范围内测温精度为 ±1°C
 - 典型功耗为 1.5μA，全温度范围功耗优于 2uA；
 - 独立电源域，通过 VBAT 引脚独立供电
 - VBAT 引脚与 VCC 引脚可支持不同的供电电压，注意 VBAT 域四个 IO 口电源为 VBAT
 - VBAT 域的两个按键支持无 CPU 参与情况自动冻结万年历时间，并支持自动通过
-

IIC 接口将万年历写入外部 EEPROM。

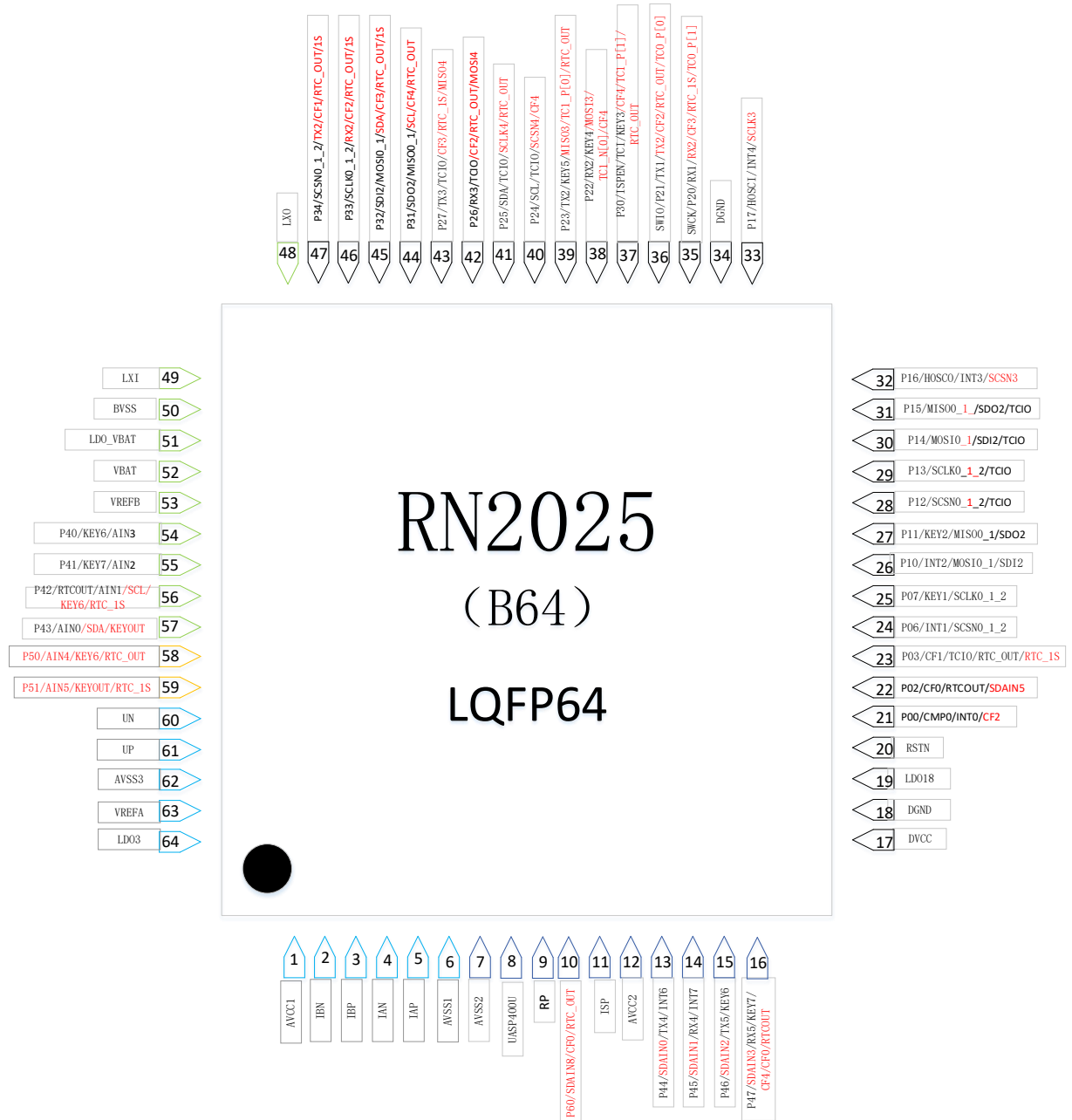
✓ 其他外设

- CF 输出：5 个
- 高速 GPIO：31 个（新增 1 个），支持与不同电压外设器件的接口
- 低速 GPIO：6 个（新增 2 个），在 VBAT 域，建议 VBAT 域的 IO 口不要应用在高速场合。
- 扩展定时器：2 个 32bit 定时器；4 路 PWM 输出；
- 按键中断：8 个，管脚复用
- 外部中断：8 个，管脚复用
- UART：5 路，支持红外调制，支持 UART 唤醒，支持电平反转。其中 UART2 支持普通 DMA 模式。
- SPI 口：5 路，其中 1 路专用从模式，4 路主从模式，均支持 DMA 传输。
- SPI2 为高速 SPI 从机模式，支持 10Mbps 传输速率，支持 32*8bit FIFO，支持 DMA 操作；
- SPI0、SPI1、SPI3、SPI4 为主从模式 SPI M/S，其中 SPI0 支持负荷识别专用 DMA 模式；SPI1、SPI3、SPI4 支持普通 DMA 模式。
- I2C：1 路
- 电压检测 LVD：检测芯片电源电压；一路低功耗比较器 CMP0：检测外部电压，可用于系统掉电及上电检测

系统框图：



管脚定义:



4.1 RN2027

简介:

✓ 计量

- 提供 3 路 Σ - Δ ADC
- 提供有功电能, 8000:1 动态范围内, 非线性误差 $<0.1\%$, 满足 0.5S 级有功电能表精度要求
- 提供无功电能, 8000:1 动态范围内, 非线性误差 $<0.1\%$
- 提供有功、无功功率方向, 支持无功四象限判断
- 具有潜动起动功能, 起动阈值可调
- 电表常数可调
- 提供有功、无功脉冲输出

✓ 测量

- 提供有功、无功、视在功率
- 提供电压通道及火线/零线通道电流有效值
- 提供电压线频率, 测量误差 $<0.02\%$
- 提供电压、电流波形缓存数据

✓ 计量精度自检测功能

- 可检测电流采样通道外围器件变化引起的精度漂移, 检测精度为 0.4%
- 可检测电压采样通道外围器件变化引起的精度漂移, 检测精度为 0.5%;
- 可检测 RN2027 自身故障引起的精度变化 (比如基准电压变化、电路失效等)

✓ 可扩展功能

- 支持 21 次谐波分析
- 支持 32\64\128\256 点电压、电流采样的原始波形数据输出
- 支持谐波功率;
- 支持间谐波;

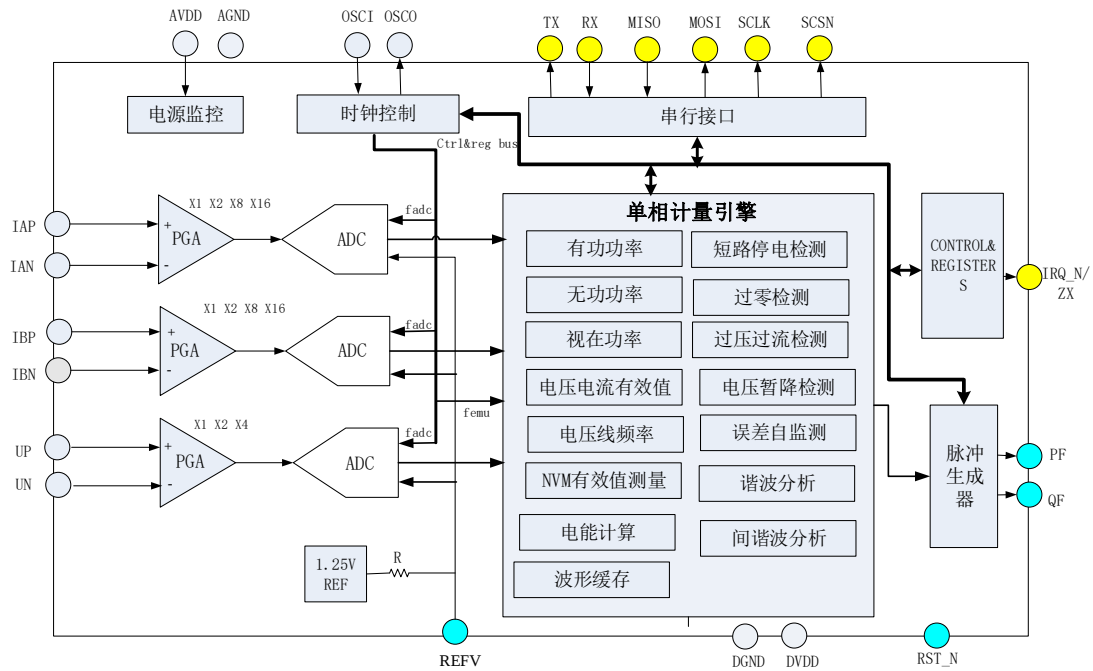
✓ 软件校表

- 提供三路 ADC 通道增益校正
- 提供三路 ADC 通道相位校正
- 提供功率增益校正
- 提供有功、无功、有效值 Offset 校正

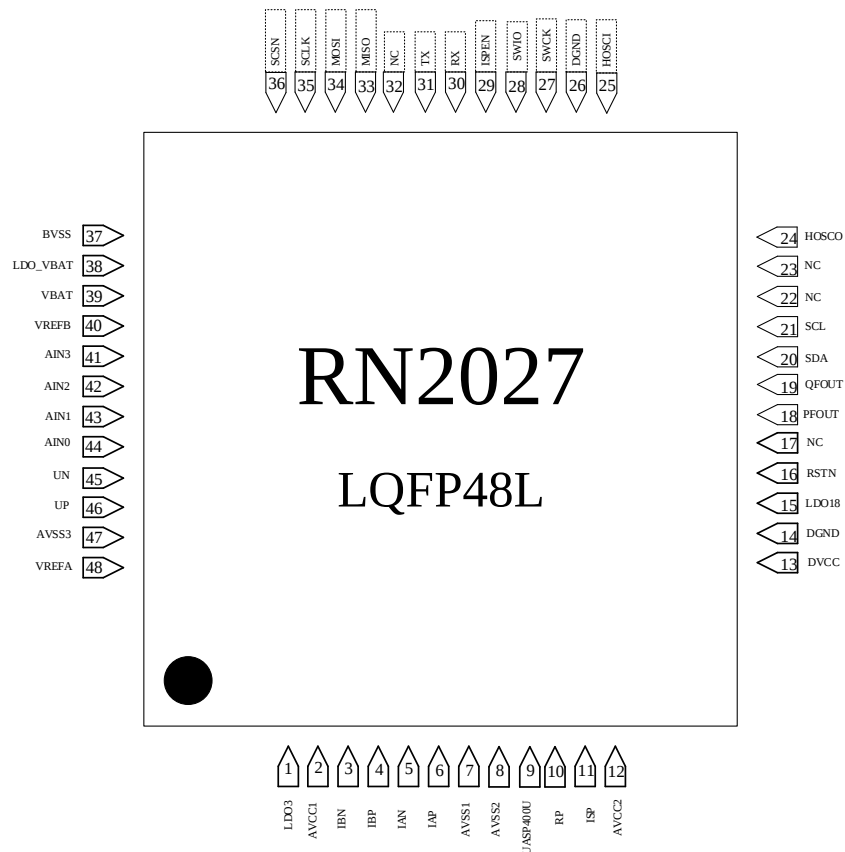
✓ 内置 1.25V ADC 基准电压, 温度系数典型值 10ppm/ $^{\circ}\text{C}$

✓ 采用 LQFP48L 绿色封装

框图：



管脚定义：



5 三相智能计量芯

4.1 RN2026

简介:

✓ 基本特点

- 高集成度: 集成 ARM Cortex-M0 核、256KB FLASH、48KB SRAM、7 路 Σ - Δ ADC、三相计量及故障检测模块、计量精度自检测模块、4 路复用的 SAR ADC、9 路复用的 GP-ADC、独立供电硬件温补 RTC、各种外设等
- 宽电压:
 - VCC 供电域保证测量精度的电压范围为 2.8V~5.5V
 - VCC 供电域 CPU 小系统可运行的典型电压范围为 1.9V~5.5V
 - VBAT 供电域为 RTC 独立电源域, 时间保持电压范围为 1.8V~5.5V
- 高性能:
 - 32768HZ 晶振+PLL 条件下, PLL 下 CPU 最高工作频率可达 32.768MHz
 - HOSC 晶振条件下, CPU 最高工作频率可达 32.768MHz
 - 内部高频 RC 最高可工作在 32.768Mhz 下, 全温度范围可保证 $\pm 1\%$ 精度, 可用作备份时钟。
- 高精度:
 - 在 8000:1 动态范围内, 有功/无功/视在电能误差小于 0.1%;
 - RTC 在 -25℃ ~70℃ 内秒脉冲误差小于 $\pm 5\text{ppm}$, 最小校正刻度为 0.0305175ppm
- 低功耗:
 - 典型工作电流: 15mA(CPU 运行在 16.384MHz, 计量开启)
 - CPU 子系统工作在 32Khz 下功耗: $<18\mu\text{A}$ (with cache);
 - 休眠功耗: 8 μA (RTC 自动温补; RAM 保持; CPU 不掉电; 电源监测开启; 中断唤醒)
 - VBAT 域功耗: 典型值 1.5 μA ;
- 封装形式: LQFP80 (12.00 $\times$ 12.00 $\times$ 1.40 e=0.50)

✓ 计量精度自检测功能

- 可检测电流采样通道外围器件变化引起的精度漂移, 检测精度为 0.2%
- 可检测电压采样通道外围器件变化引起的精度漂移, 检测精度为 0.2%; 优化电压通道自检测性能。
- 可检测计量芯片自身故障引起的精度变化 (比如基准电压变化、电路失效等)

✓ 事件上报

- 过压、过流事件;

- 三相三线和三相四线错误接线自动报警功能
- 电压骤降事件;
- 漏电事件;
- 短路事件;

✓ 高级功能

- 支持 41 次谐波分析，谐波计算由硬件加速引擎完成，可实现每周波连续计算。
- 支持非侵入式用电负荷识别所需要的波形数据，支持灵活的帧格式，支持硬件自动计算校验和，支持灵活的校正手段，支持 DMA 从 RAM 将数据外发到 SPI 口。
- 支持正负总谐波电能计算，可从 CF0~CF4 任意一个 IO 口输出。**谐波电能计算由硬件加速引擎完成，可实现连续计算。**
- 支持分次谐波电能计算，相关内容不在手册开放，请直接调用锐能微库函数。
- **支持 S 级电能质量分析功能。包括谐波、间谐波、不平衡度、电压波动、电压闪变、骤升、骤降等，以上功能分散在本手册各个章节中，主要运算均有硬件完成，其中电压闪变在手册中未开放。如果需要完整的电能质量分析功能，请直接调用锐能微相关库函数实现。**
- **支持故障录波功能。**

✓ 计量

- 提供全波、基波有功电能，8000:1 动态范围内，非线性误差<0.1%，满足 0.5S 和 0.2S 级有功电能表精度要求
- 提供全波、基波无功电能，8000:1 动态范围内，非线性误差<0.1%
- 提供全波、基波视在电能
- 提供有功、无功功率方向，支持无功四象限判断
- 具有潜动启动功能，启动阈值可调
- 电表常数可调
- 提供有功、无功、视在的快速脉冲计数
- 提供全波、基波的有功、无功和视在脉冲从 CF0~CF4 任意一个 IO 口输出

✓ 测量

- 提供全波和基波有功、无功、视在功率
- 提供全波、基波和谐波三相电压电流有效值
- 提供全波、基波功率因数
- 提供电压线频率，测量误差<0.02%
- 提供各相电压电流相角，测量误差<0.02°
- 提供七路过零检测，过零阈值可设置
- 提供电压相序错检测
- 提供失压指示，失压阈值可设置
- 提供灵活的电压、电流波形缓存数据及 DMA 功能
- 提供电压暂降检测
- 提供过压、过流检测

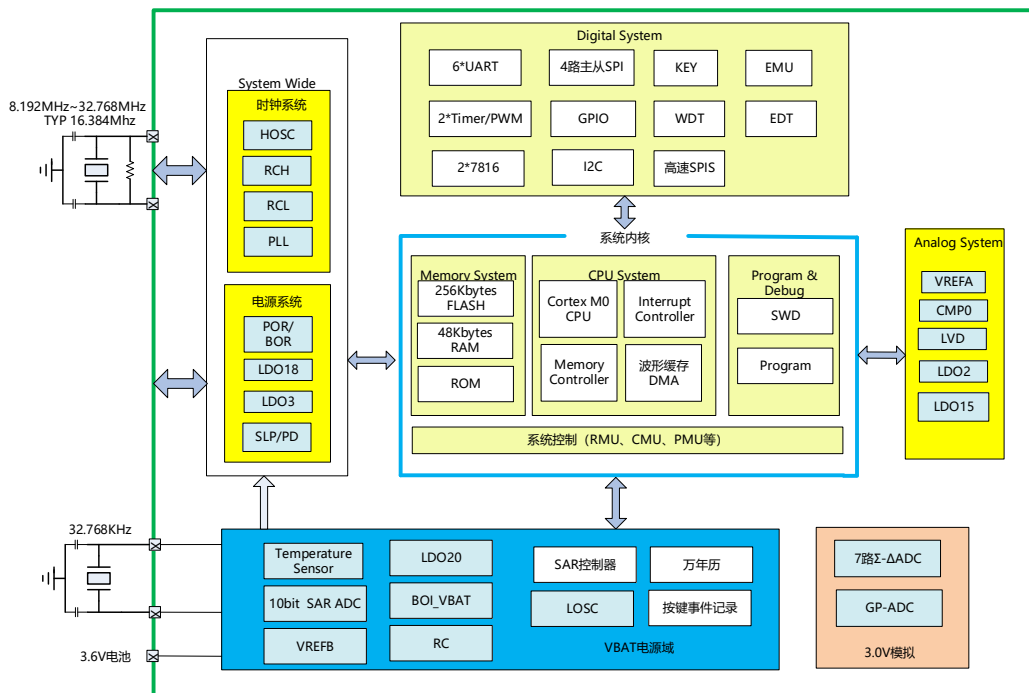
✓ 防窃电

-
- 提供零线电流测量，零线电流 ADC 的 PGA 倍数最大支持 16 倍。
 - 提供一种低功耗模式 NVM，实现低功耗电流有效值测量，功耗小于 2mA
 - ✓ **软件校准**
 - 提供七路 ADC 通道增益校正
 - 提供七路 ADC 通道相位校正，其中 A、B、C 三路电流通道支持分段相位校正
 - 提供功率增益校正
 - 提供有功、无功功率分段相位校正
 - 提供有功、无功、有效值 Offset 校正
 - ✓ 适用于三相三线、三相四线制
 - ✓ 内置 1.25V ADC 基准电压，温度系数典型值 10ppm/℃；支持外接基准电压。
 - ✓ **处理器相关**
 - ARM Cortex-M0 内核，最高运行频率可达 32.768Mhz，典型运行频率 16.384Mhz
 - 256KBytes FLASH 存储器，擦写次数 10 万次，数据保持时间大于 10 年
 - 48KBytes SRAM，其中 2KBytes 作为 Cache 使用，客户可使用 46KBytes。
 - 波形缓存专用 DMA 控制器
 - CM0 内嵌系统定时器
 - 单 cycle 乘法器（32bit*32bit）
 - 硬件看门狗
 - 支持外部中断等多种唤醒方式
 - 提供完善的集成开发软硬件环境
 - ✓ **SAR ADC**
 - 10bit SAR ADC，内部温度传感器（用于 RTC 温度补偿）、4 路外部引脚输入 AIN 分时复用
 - 新增 PGA=0.2 倍，在 PGA=0.2 倍时输入信号只要不高于电源电压即可；
 - ✓ **GP-ADC**
 - 16bit Sigma-Delta ADC，支持内部温度传感器测量（用于提升 RTC 打分精度）、支持 8 路外部引脚输入（用于支持端子温度测量）。
 - PGA 支持 0.2 倍/1 倍/2 倍/4 倍
 - ✓ **VBAT 域电路**
 - RTC 硬件自动温补，在 -25℃ ~70℃ 内秒脉冲误差小于 $\pm 5\text{ppm}$ ，最小校正刻度为 0.0305175ppm，满足国家标准的精度和功耗要求；
 - 温度传感器：提供准确的温度值，-25℃ ~70℃ 范围内测温精度为 $\pm 1^\circ\text{C}$
 - 典型功耗为 1.5 μA ，全温度范围功耗优于 2 μA ；
 - 独立电源域，通过 VBAT 引脚独立供电
 - VBAT 引脚与 VCC 引脚可支持不同的供电电压，注意 VBAT 域四个 IO 口电源为 VBAT
 - VBAT 域的两个按键支持无 CPU 参与情况自动冻结万年历时间，并支持自动通过 IIC 接口将万年历写入外部 EEPROM。
-

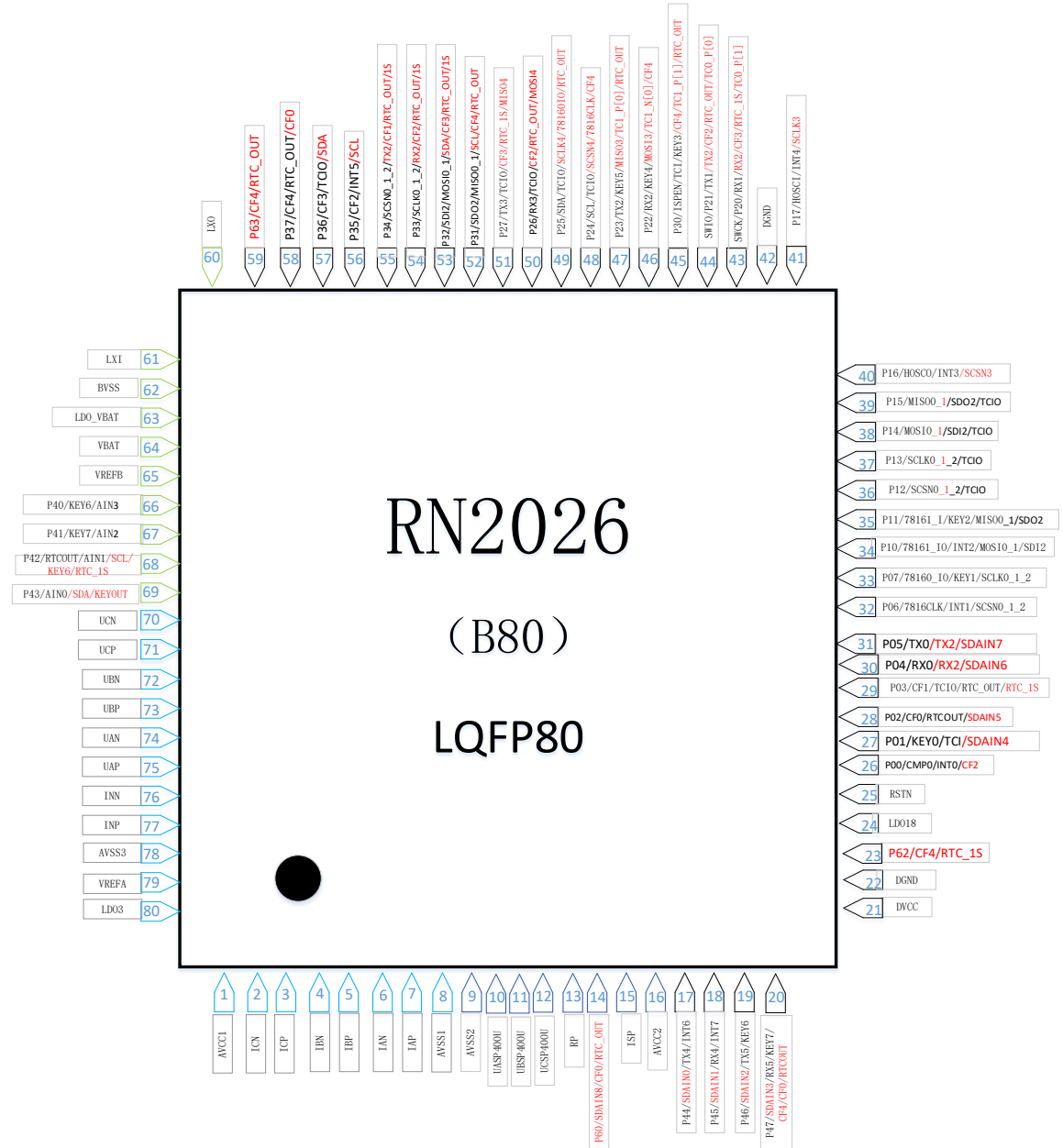
✓ 其他外设

- CF 输出: 5 个
- 高速 GPIO: 39 个 (新增 3 个), 支持与不同电压外设器件的接口
- 低速 GPIO: 4 个, 在 VBAT 域, 建议 VBAT 域的 IO 口不要应用在高速场合。
- 扩展定时器: 2 个 32bit 定时器; 4 路 PWM 输出;
- 按键中断: 8 个, 管脚复用
- 外部中断: 8 个, 管脚复用
- UART: 6 路, 支持红外调制, 支持 UART 唤醒, 支持电平反转。其中 UART2 支持普通 DMA 模式。
- SPI 口: 5 路, 其中 1 路专用从模式, 4 路主从模式, 均支持 DMA 传输。
- SPI2 为高速 SPI 从机模式, 支持 10Mbps 传输速率, 支持 32*8bit FIFO, 支持 DMA 操作;
- SPI0、SPI1、SPI3、SPI4 为主从模式 SPI M/S, 其中 SPI0 支持负荷识别专用 DMA 模式; SPI1、SPI3、SPI4 支持普通 DMA 模式。
- I2C: 1 路
- 7816: 2 路
- 电压检测 LVD: 检测芯片电源电压; 一路低功耗比较器 CMP0: 检测外部电压, 可用于系统掉电及上电检测

框图:



管脚定义:



4.1 RN7326

RN7326 与 RN2026 的主要区别是：

- 1) RN7326 封装为 LQFP64, RN2026 封装为 LQFP80;
- 2) RN7326 不支持计量精度自检测功能;

简介：

✓ 基本特点

- 高集成度：集成 ARM Cortex-M0 核、256KB FLASH、48KB SRAM、7 路 Σ - Δ ADC、三相计量及故障检测模块、计量精度自检测模块、2 路复用的 SAR ADC、5 路复用的 GP-ADC、独立供电硬件温补 RTC、各种外设等
- 宽电压：
 - VCC 供电域保证测量精度的电压范围为 2.8V~5.5V
 - VCC 供电域 CPU 小系统可运行的典型电压范围为 1.9V~5.5V
 - VBAT 供电域为 RTC 独立电源域，时间保持电压范围为 1.8V~5.5V
- 高性能：
 - 32768HZ 晶振+PLL 条件下，PLL 下 CPU 最高工作频率可达 32.768MHz
 - HOSC 晶振条件下，CPU 最高工作频率可达 32.768MHz
 - 内部高频 RC 最高可工作在 32.768Mhz 下，全温度范围可保证 $\pm 1\%$ 精度，可用作备份时钟。
- 高精度：
 - 在 8000:1 动态范围内，有功/无功/视在电能误差小于 0.1%;
 - RTC 在 -25℃ ~70℃ 内秒脉冲误差小于 $\pm 5\text{ppm}$ ，最小校正刻度为 0.0305175ppm
- 低功耗：
 - 典型工作电流：15mA(CPU 运行在 16.384MHz，计量开启)
 - CPU 子系统工作在 32Khz 下功耗：<18 μ A (with cache);
 - 休眠功耗：8 μ A(RTC 自动温补; RAM 保持; CPU 不掉电; 电源监测开启; 中断唤醒)
 - VBAT 域功耗：典型值 1.5 μ A;
- 封装形式：LQFP64 (7.00 $\times$ 7.00 $\times$ 1.40 e=0.40)

✓ 事件上报

- 过压、过流事件;
- 三相三线和三相四线错误接线自动报警功能
- 电压骤降事件;
- 漏电事件;
- 短路事件;

✓ 高级功能

- 支持 41 次谐波分析，谐波计算由硬件加速引擎完成，可实现每周波连续计算。
- 支持非侵入式用电负荷识别所需要的波形数据，支持灵活的帧格式，支持硬件自动计算校验和，支持灵活的校正手段，支持 DMA 从 RAM 将数据外发到 SPI 口。
- 支持正负总谐波电能计算，可从 CF0~CF4 任意一个 IO 口输出。谐波电能计算由硬件加速引擎完成，可实现连续计算。
- 支持分次谐波电能计算，相关内容不在手册开放，请直接调用锐能微库函数。
- 支持 S 级电能质量分析功能。包括谐波、间谐波、不平衡度、电压波动、电压闪变、骤升、骤降等，以上功能分散在本手册各个章节中，主要运算均有硬件完成，其中电压闪变在手册中未开放。如果需要完整的电能质量分析功能，请直接调用锐能微相关库函数实现。
- 支持故障录波功能。

✓ 计量

- 提供全波、基波有功电能，8000:1 动态范围内，非线性误差<0.1%，满足 0.5S 和 0.2S 级有功电能表精度要求
- 提供全波、基波无功电能，8000:1 动态范围内，非线性误差<0.1%
- 提供全波、基波视在电能
- 提供有功、无功功率方向，支持无功四象限判断
- 具有潜动启动功能，启动阈值可调
- 电表常数可调
- 提供有功、无功、视在的快速脉冲计数
- 提供全波、基波的有功、无功和视在脉冲从 CF0~CF4 任意一个 IO 口输出

✓ 测量

- 提供全波和基波有功、无功、视在功率
- 提供全波、基波和谐波三相电压电流有效值
- 提供全波、基波功率因数
- 提供电压线频率，测量误差<0.02%
- 提供各相电压电流相角，测量误差<0.02°
- 提供七路过零检测，过零阈值可设置
- 提供电压相序错检测
- 提供失压指示，失压阈值可设置
- 提供灵活的电压、电流波形缓存数据及 DMA 功能
- 提供电压暂降检测
- 提供过压、过流检测

✓ 防窃电

- 提供零线电流测量，零线电流 ADC 的 PGA 倍数最大支持 16 倍。
- 提供一种低功耗模式 NVM，实现低功耗电流有效值测量，功耗小于 2mA

✓ 软件校表

- 提供七路 ADC 通道增益校正
- 提供七路 ADC 通道相位校正，其中 A、B、C 三路电流通道支持分段相位校正

-
- 提供功率增益校正
 - 提供有功、无功功率分段相位校正
 - 提供有功、无功、有效值 Offset 校正
 - ✓ 适用于三相三线、三相四线制
 - ✓ 内置 1.25V ADC 基准电压，温度系数典型值 10ppm/°C；支持外接基准电压。

 - ✓ 处理器相关
 - ARM Cortex-M0 内核，最高运行频率可达 32.768Mhz，典型运行频率 16.384Mhz
 - 256KBytes FLASH 存储器，擦写次数 10 万次，数据保持时间大于 10 年
 - 48KBytes SRAM，其中 2KBytes 作为 Cache 使用，客户可使用 46KBytes。
 - 波形缓存专用 DMA 控制器
 - CM0 内嵌系统定时器
 - 单 cycle 乘法器（32bit*32bit）
 - 硬件看门狗
 - 支持外部中断等多种唤醒方式
 - 提供完善的集成开发软硬件环境

 - ✓ SAR ADC
 - 10bit SAR ADC，内部温度传感器（用于 RTC 温度补偿）、2 路外部引脚输入 AIN 分时复用
 - 新增 PGA=0.25 倍，在 PGA=0.25 倍时输入信号只要不高于电源电压即可；

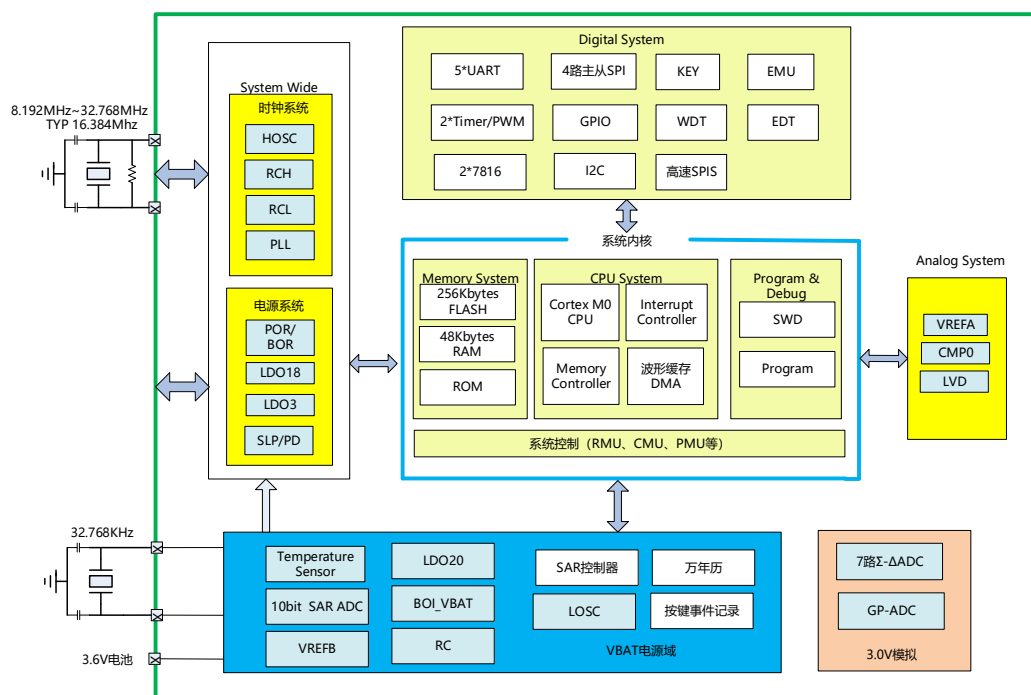
 - ✓ GP-ADC
 - 16bit Sigma-Delta ADC，支持内部温度传感器测量（用于提升 RTC 打分精度）、支持 5 路外部引脚输入（用于支持端子温度测量）。
 - PGA 支持 0.2 倍/1 倍/2 倍/4 倍

 - ✓ VBAT 域电路
 - RTC 硬件自动温补，在 -25°C ~70°C 内秒脉冲误差小于 $\pm 5\text{ppm}$ ，最小校正刻度为 0.0305175ppm，满足国家标准的精度和功耗要求；
 - 温度传感器：提供准确的温度值，-25°C ~70°C 范围内测温精度为 $\pm 1^\circ\text{C}$
 - 典型功耗为 1.5 μA ，全温度范围功耗优于 2 μA ；
 - 独立电源域，通过 VBAT 引脚独立供电
 - VBAT 引脚与 VCC 引脚可支持不同的供电电压，注意 VBAT 域的两个 IO 口电源为 VBAT
 - VBAT 域的两个按键支持无 CPU 参与情况自动冻结万年历时间

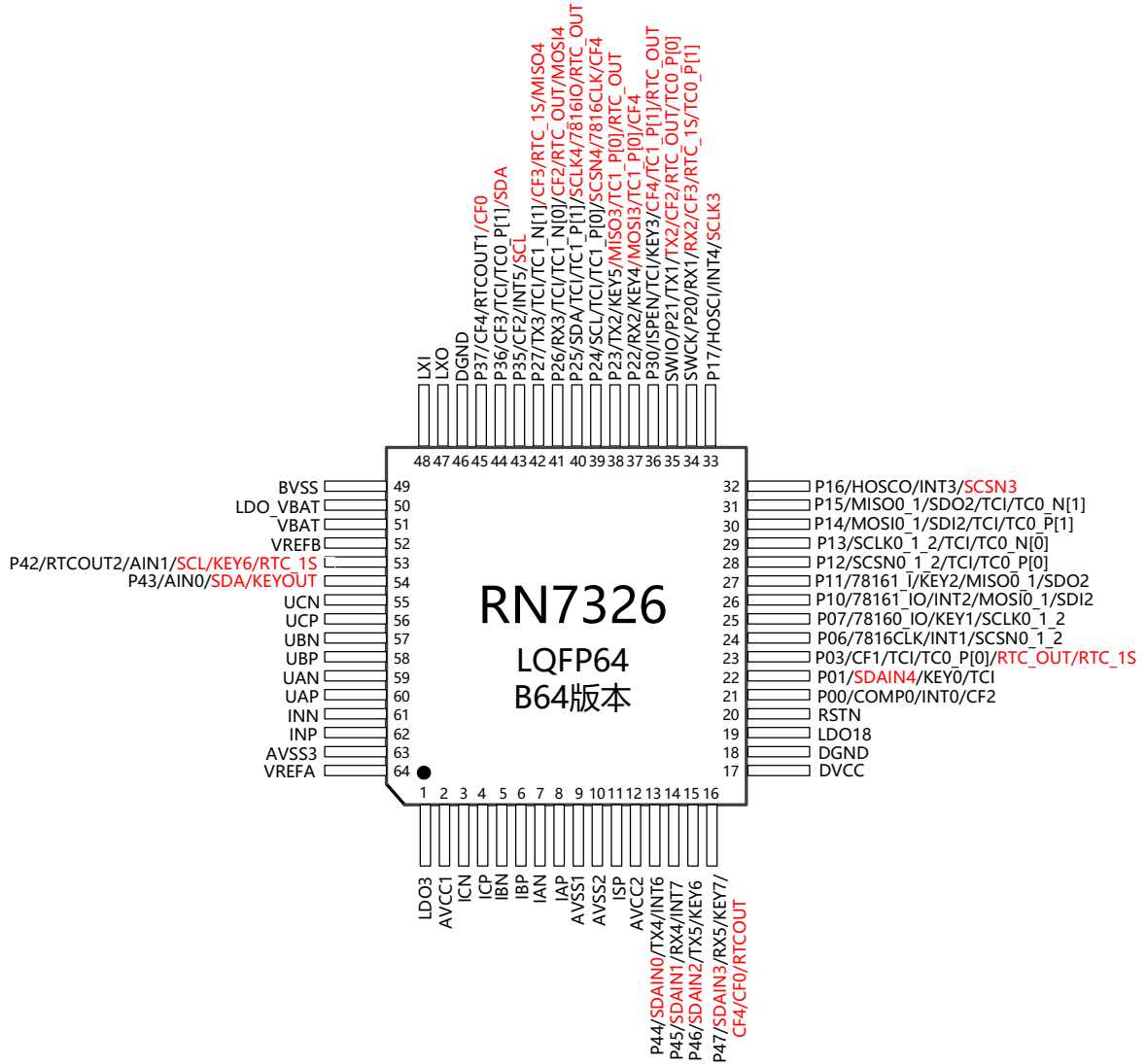
 - ✓ 其他外设
 - CF 输出口：5 个
 - 高速 GPIO：29 个，支持与不同电压外设器件的接口
 - 低速 GPIO：2 个，在 VBAT 域，建议 VBAT 域的 IO 口不要应用在高速场合。
 - 扩展定时器：2 个 32bit 定时器；4 路 PWM 输出；
 - 按键中断：8 个，管脚复用
-

- 外部中断：8个，管脚复用
- UART：5路，支持红外调制，支持UART唤醒，支持电平反转。其中UART2支持普通DMA模式。
- SPI口：5路，其中1路专用从模式，4路主从模式，均支持DMA传输。
- SPI2为高速SPI从机模式，支持10Mbps传输速率，支持32*8bit FIFO，支持DMA操作；
- SPI0、SPI1、SPI3、SPI4为主从模式SPI M/S，其中SPI0支持负荷识别专用DMA模式；SPI1、SPI3、SPI4支持普通DMA模式。
- I2C：1路
- 7816：2路
- 电压检测LVD：检测芯片电源电压；一路低功耗比较器CMP0：检测外部电压，可用于系统掉电及上电检测

系统框图：



管脚定义:



4.1 RN7326E

RN7326E 是在锐能微新一代三相 SOC 芯片 RN7326 基础上，集成锐能微电能质量固件，封装成一颗具备电能质量功能的三相计量芯片，实现：

- ✓ 三相不平衡度
- ✓ 谐波
- ✓ 间谐波
- ✓ 电压暂升
- ✓ 电压暂降
- ✓ 电压中断
- ✓ 电压暂态事件故障录波
- ✓ 电压波动
- ✓ 闪变等电能质量功能

用户通过 SPIS 接口可读取各种计量参数、电能质量参数，当电压暂态事件发生时可读取故障波形，方便实现具备电能质量功能的终端及电力仪表。

RN7326E 的硬件载体是 RN7326 芯片，锐能微提供程序烧写码，用户负责将该程序烧录入 RN7326 芯片。

注意：程序烧录工作由用户完成。如果是在线编程，那么硬件电路板必须预留烧录口。

✓ 计量

- 提供全波、基波有功电能，8000:1 动态范围内，非线性误差 $<0.1\%$ ，满足 0.5S 和 0.2S 级有功电能表精度要求
- 提供全波、基波无功电能，8000:1 动态范围内，非线性误差 $<0.1\%$
- 提供全波、基波视在电能
- 提供有功、无功功率方向，支持无功四象限判断
- 具有潜动启动功能，启动阈值可调
- 电表常数可调
- 提供有功、无功、视在的快速脉冲计数
- 提供全波、基波，有功、无功和视在脉冲输出
- 提供 12 路自定义功率和能量计算单元

✓ 测量

- 提供全波和基波有功、无功、视在功率
- 提供全波、基波三相电压、电流有效值
- 提供全波、基波功率因数
- 提供电压线频率，测量误差 $<0.02\%$
- 提供各相电压电流相角，测量误差 $<0.02^\circ$
- 提供电压相序错检测

✓ 防窃电

-
- 提供零线电流测量
 - ✓ 电能质量参数
 - 三相电压不平衡度
 - 提供三相电压负序、零序不平衡度
 - 提供三相电压正序、负序、零序分量
 - 更新周期：32 周波 640ms
 - 满足 IEC61000-4-30-2008 S 级标准
 - 三相电流不平衡度
 - 提供三相电流负序、零序不平衡度
 - 提供三相电流正序、负序、零序分量
 - 更新周期：32 周波 640ms
 - 谐波
 - 提供三相电压、电流 2-21 次谐波含有率
 - 提供三相电压 2-21 次总谐波畸变率
 - 提供三相电流 2-21 次总谐波畸变率
 - 提供三相电压、电流 2-21 次谐波有效值
 - 提供三相电压、电流 2-21 次谐波相角
 - 提供三相电压、电流 2-21 次谐波功率
 - 提供三相电压、电流总谐波功率，正向负向总谐波功率
 - 更新周期 1min
 - 间谐波
 - 提供三相电压至 1kHz 的间谐波含有率
 - 提供三相电流至 1kHz 的间谐波含有率
 - 提供三相电流至 1kHz 的间谐波有效值
 - 更新周期 1min
 - 电压波动
 - 提供三相电压波动极值
 - 更新周期 10min
 - 闪变
 - 提供三相电压短时闪变严重度，更新周期 10min
 - 提供三相电压长时闪变严重度，更新周期 2h
 - 满足 IEC61000-4-30-2008 S 级标准
 - 电压暂态事件上报及故障录波
 - 提供电压暂升事件记录
 - 提供电压暂降事件记录
 - 提供电压中断事件记录
 - 满足 IEC61000-4-30-2008 S 级标准
 - 事件触发故障录波，记录事件发生时刻前 9 个半周波后 8 个半周波，16 位，80 点/周波
 - ADC 采样实时波形同步输出
 - 将同步波形数据通过 SPIM 接口以半波为周期对外进行传输。
 - SPIM 接口 SCK 时钟可配，SPIM CPOL,CPHA 可配。
 - 支持 1~7 通道波形数据输出。（周波采样率可配 64/128/256）
-

-
- 支持 1~7 通道半波有效值输出
 - 支持数据传输帧校验（CRC16/Checksum_16bit）
 - 支持数据错误重传。（256 点/周波的数据重传需要将 sck 速度提升到 16M）
- ✓ **软件校表**
- 提供七路 ADC 通道增益校正
 - 提供七路 ADC 通道相位校正，其中 A、B、C 三路电流通道支持分段相位校正
 - 提供功率增益校正
 - 提供有功、无功功率分段相位校正
 - 提供有功、无功、有效值 Offset 校正
 - 提供校验和寄存器，对校表数据自动校验
- ✓ 适用于三相三线、三相四线制
- ✓ 内置 1.25V ADC 基准电压，温度系数典型值 10ppm/°C
- ✓ 内置硬件自动温补 RTC
- 硬件自动温补，在 -25°C ~ 70°C 内秒脉冲误差小于 ± 5 ppm，最小校正刻度为 0.068ppm，满足国家标准的精度和功耗要求；
 - 温度传感器：提供准确的温度值，-25°C ~ 70°C 范围内测温精度为 ± 1 °C
 - 典型功耗为 1.5 μ A，全温度范围功耗优于 2 μ A；
 - 独立电源域，可通过 VBAT 引脚独立供电
- ✓ 内置 10bit SAR ADC：可支持外部 2 路引脚输入分时复用
- ✓ 具有 SPIS 接口，用于与主机通信，传输速率 2Mbps，提供写保护功能
- ✓ 具有与外置 SPI RAM 的专用 SPI 接口
- ✓ 具有 1 路中断输出引脚
- ✓ 预留 8 路 IO 供用户扩展功能使用
- ✓ 具有电源监控功能
- ✓ 工作电压范围：2.8V-3.6V
- ✓ 工作温度范围：-40°C-85°C
- ✓ 采用 LQFP64L 绿色封装
- 管脚定义：

