



# 无磁 LC 计量解决方案用户手册

NATIONS CONFIDENTIAL

# 目 录

1.	引言.....	1
1.1	编写目的 .....	1
1.2	读者对象 .....	1
1.3	常用术语 .....	1
1.4	参考资料 .....	1
2.	概述.....	2
2.1	系统简介 .....	2
2.1.1	阻尼振荡.....	2
2.1.2	区域检测.....	2
2.1.3	组合逻辑.....	3
2.2	系统架构 .....	5
2.3	功能描述 .....	6
2.3.1	圈数计量.....	6
2.3.2	LCD 数据显示 .....	6
2.3.3	低功耗管理.....	7
2.3.4	电压和温度采集.....	7
2.3.5	掉电保存.....	8
2.3.6	串口通信.....	8
2.3.7	参数设置.....	9
3.	硬件说明 .....	10
3.1	开发板布局 .....	10
3.2	开发板原理图.....	11
3.2.1	电源电路.....	12
3.2.2	LPRCNT 电路.....	12
3.2.3	MCU 电路.....	13
3.2.4	LCD .....	14
3.2.5	IrDA 红外通讯.....	15
3.2.6	阀控电路.....	16
3.2.7	外围接口电路 .....	17
3.3	硬件设计注意事项 .....	17
4.	软件说明 .....	18
4.1	软件架构 .....	18
4.2	软件流程图 .....	20
4.2.1	主流程图.....	20
4.2.2	串口处理流程图.....	21
4.2.3	屏显示流程图 .....	22
4.3	方案移植说明.....	23

4.3.1	LPRCNT 核心参数.....	23
4.3.2	计量相关参数.....	23
4.4	软件调试流程.....	24
4.5	软件调试注意事项.....	27
<b>5.</b>	<b>配套工具说明.....</b>	<b>28</b>
5.1	工具功能说明.....	28
5.2	工具使用说明.....	28
5.3	使用注意事项.....	29
<b>6.</b>	<b>软件接口.....</b>	<b>29</b>
6.1	结构体数据.....	29
6.2	函数接口.....	30
6.2.1	库提供的 API.....	30
6.2.2	库调用的外部 API.....	35
<b>7.</b>	<b>参考例程.....</b>	<b>35</b>
<b>8.</b>	<b>版本历史.....</b>	<b>37</b>
<b>9.</b>	<b>声明.....</b>	<b>38</b>

## 1. 引言

### 1.1 编写目的

本文详细介绍方案功能、硬件设计、软件设计、工具使用、通信协议、参考例程等各部分内容，全面指导用户熟悉和使用无磁 LC 计量解决方案，并进行开发和调试。

### 1.2 读者对象

适用于无磁 LC 计量解决方案开发使用者。在使用方案前，用户需先确认是否同时满足以下基表适配条件：

- (1) 控制盒壳体结构支持放置 3 路 LC 传感器。
- (2) LC 传感器到金属圆盘的总检测距离不大于 4mm。总检测距离包含电感与控制盒壳体之间的安装间隙、控制盒壳体厚度、控制盒壳体到圆盘的距离。
- (3) 圆盘直径不小于 1.6cm。
- (4) 圆盘金属区域的角度在 150°~210° 之间。
- (5) 流速检测在 0.1~2.5Hz 范围内。
- (6) 机电转换精度为 1L。支持最小 0.001m<sup>3</sup> (1L) 单位精度位置采样，即金属圆盘转动一圈代表 1L。
- (7) 不能同时满足检测距离、圆盘直径大小、圆盘金属区域角度等以上要求的基表，需进行特殊的匹配可行性评估。
- (8) 制作、组装等工程化稳定可靠。

### 1.3 常用术语

术语	说明
LDO	低压差线性稳压器
Q 值	品质因数

### 1.4 参考资料

电路参考无磁 LC 方案原理图《N32L43x\_LPRCNT\_V1.0.pdf》。

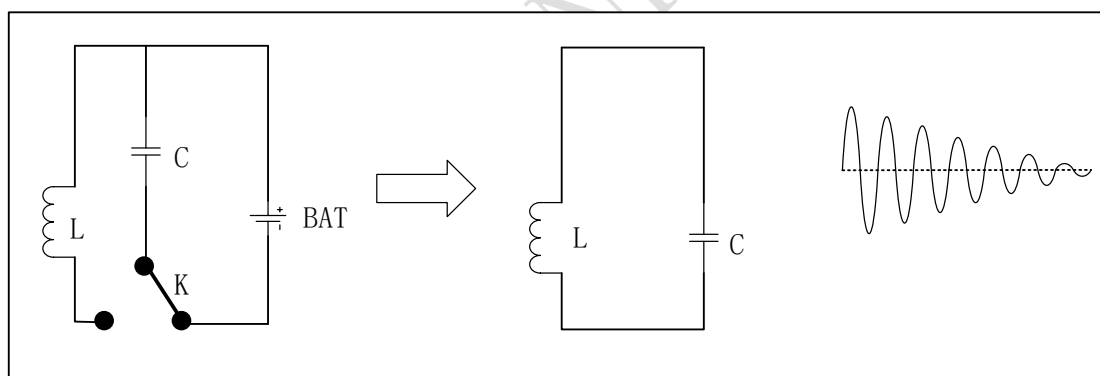
## 2. 概述

无磁 LC 计量方案基于 N32L43X 系列芯片实现水表计量功能，芯片内置 LPRCNT 模块产生 LC 阻尼振荡，水表中金属圆盘转动影响振荡衰减速度，圆盘金属区靠近电感时振荡衰减快，非金属区靠近电感时振荡衰减慢，将大于设定幅值的振荡周期个数转换为比较器输出方波个数，监测方波个数的周期变化从而实现计量功能。

### 2.1 系统简介

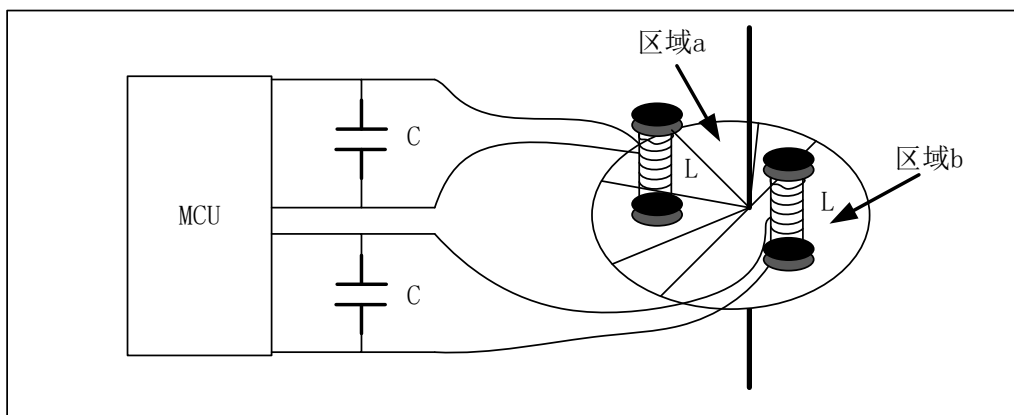
#### 2.1.1 阻尼振荡

无磁水表的基础原理是 LC 振荡传感器，在该电路中，通过开关 K 调整，可以在 LC 电路上实现一个正弦波输出电路，通过 K 对电容 C 充电，充满后，将 K 与电感 L 连通，电容的电量将通过 L 放电，由于存在电感 L 的电能耗耗，所以将会呈现一个逐步衰减的正弦波输出。如下图：

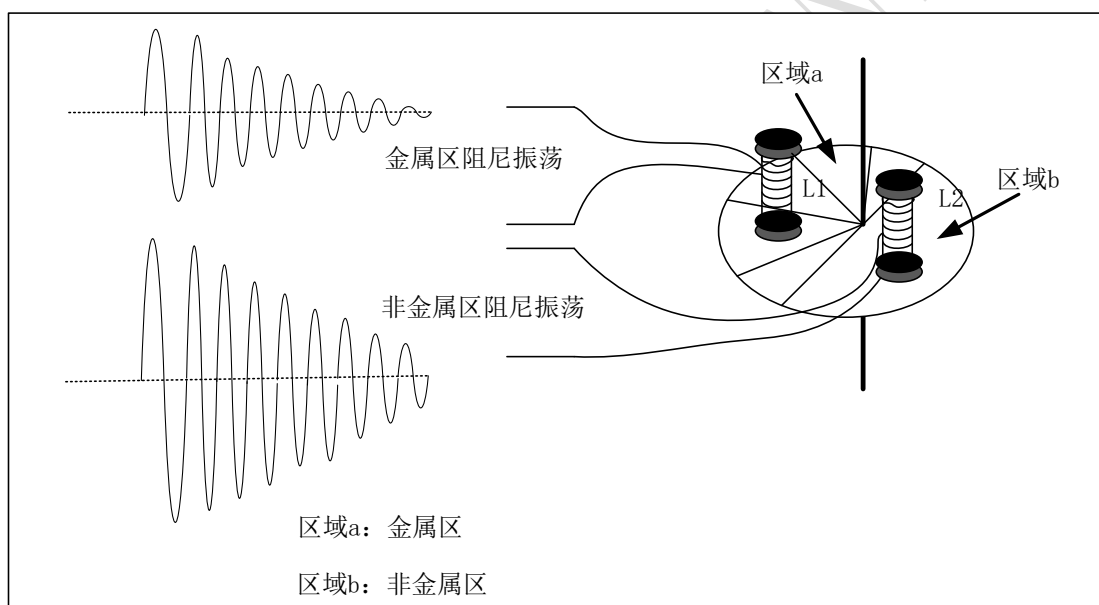


#### 2.1.2 区域检测

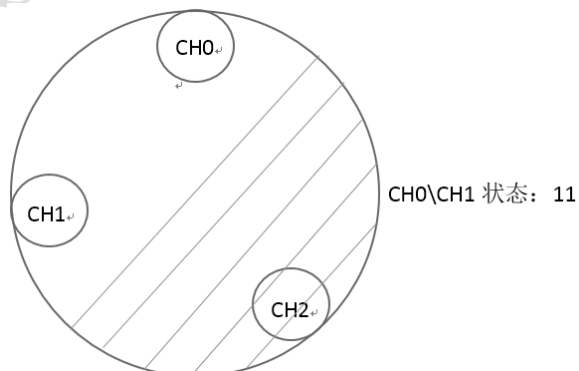
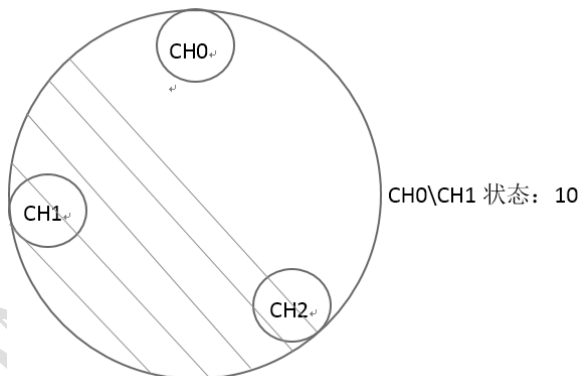
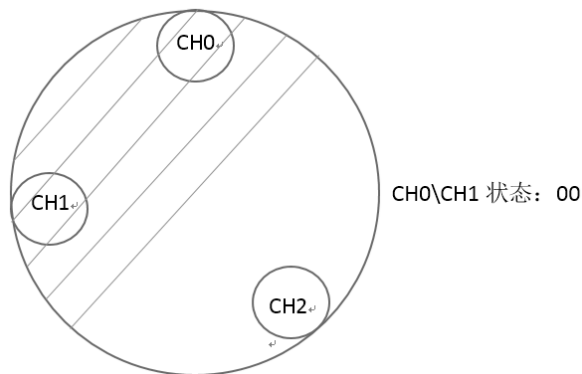
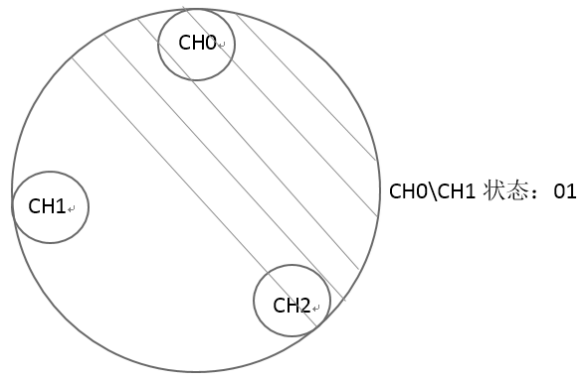
无磁 LC 方案通过检测正弦波衰减过程实现水表计量。在下图电路中，右侧圆盘代表旋转物体的表盘转子，斜线区域（区域 a）表示金属表盘区，无斜线区域（区域 b）表示为非金属表盘区，L 为固定的电感。当对该 LC 电路充电后，MCU 通过检测固定电容 C 两端的电压，可以获得 LC 振荡电路中的正弦波。当电感处于金属区，会形成电感涡流，导致更大的电能消耗，正弦波衰减速度更快；当电感处于非金属区，基本不存在涡流，正弦波衰减速度相对较慢。通过 MCU 来检测正弦波衰减的快慢，可以准确识别出表盘转子处于哪个区域，进而判断表盘位置及圈数，达到水表计量的目的。



### 2.1.3 组合逻辑



无磁 LC 检测是通过两个 LC 振荡电路组成的传感器来实现的，在表盘转动过程中，金属靠近的位置会加剧阻尼振荡波形的衰减。



CH0/CH1 状态图

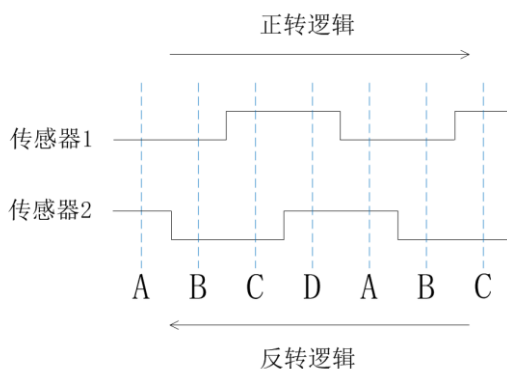
如果把非金属区定义为状态 0，金属区定义为状态 1。如 CH0/CH1 状态图所示，

CH0/CH1 状态有四种组合，即 01/00/10/11。

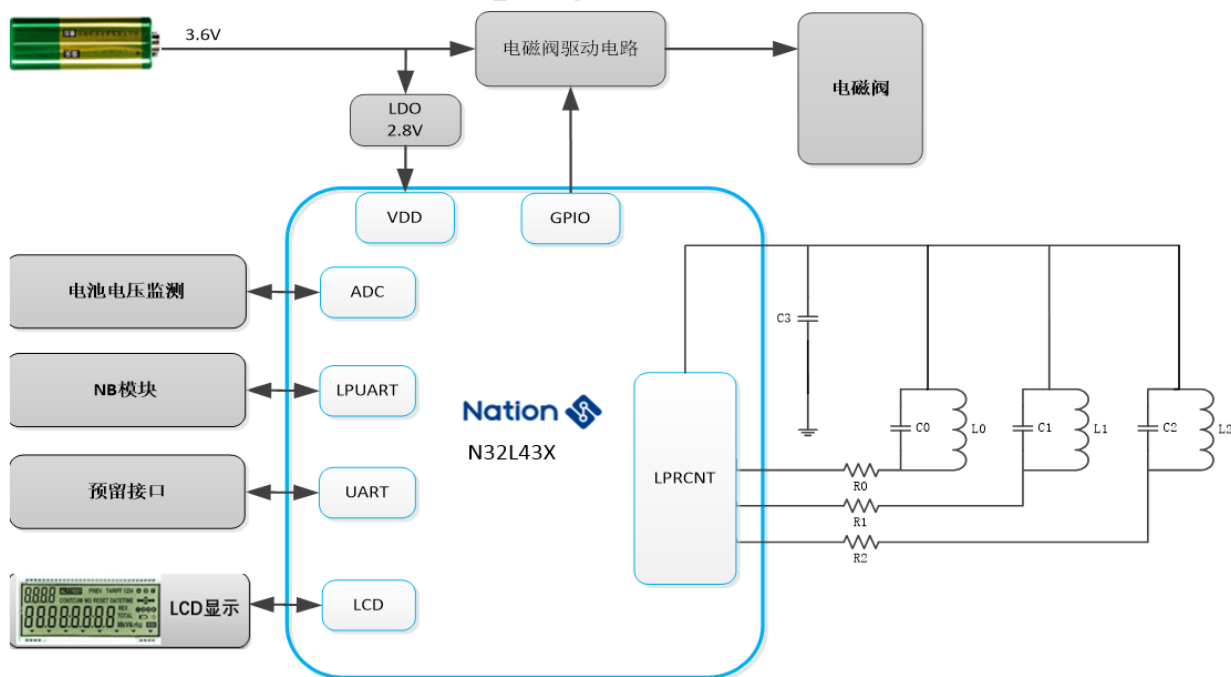
表盘转动过程中，传感器1/传感器2组合的状态会循环出现：

A(01)->B(00)->C(10)->D(11)->A(01)->B(00)->C(10)……圆盘正常转动时，CH0/CH1 状态由01-00-10-11再到状态01时，计量一圈。通过检测传感器1和传感器2的正弦波衰减过程，转换为对应组合状态，从而计算出表盘的位置和转速。

用低电平表示衰减较快，高电平表示衰减较慢，得到下列关系：



## 2.2 系统架构





## 2.3 功能描述

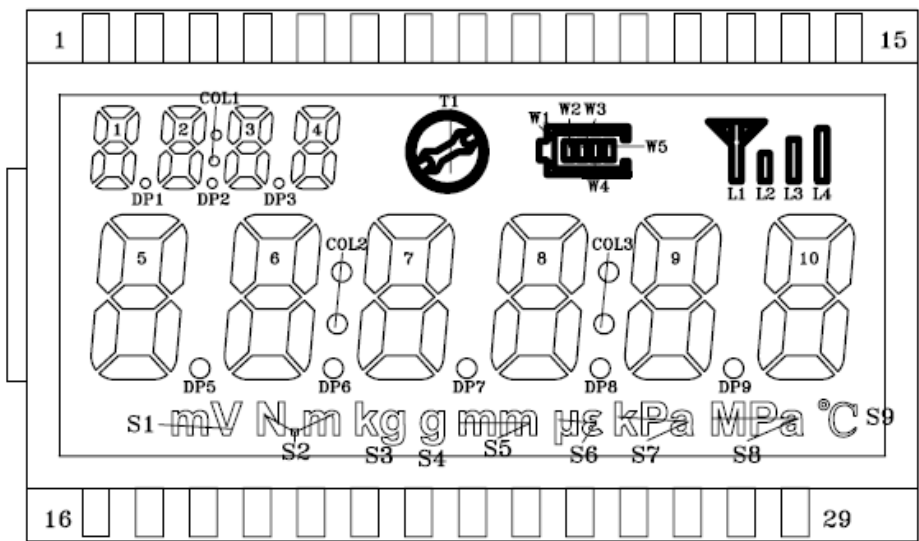
方案主要功能包括圈数计量、LCD 数据显示、低功耗管理、电压和温度采集、掉电保存、低功耗串口通信、参数设置等。

### 2.3.1 圈数计量

水表圈数计量结果最终需转换为用水量，本方案使用的水表支持水流速度最大 2.5Hz 左右，一般情况下，水表转一圈对应用水量为 1L，所以水量计量检测和显示精度为  $1L=0.001m^3$ 。

### 2.3.2 LCD 数据显示

本方案需要显示的信息主要包括水量（单位 L）、电池电量、信号强度等，选用 GDC0689 段码屏，显示效果如下所示：



GDC0689 段码屏显示逻辑表如下所示：

PIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
COM1	1D	DP1	2D	DP2	3D	DP3	4D	COL1	COL2	W5	L1	COM1			
COM2	1E	1C	2E	2C	3E	3C	4E	4C	COL3	W4	L2		COM2		
COM3	1G	1B	2G	2B	3G	3B	4G	4B	T1	W3	L3			COM3	
COM4	1F	1A	2F	2A	3F	3A	4F	4A	W1	W2	L4				COM4

PIN	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
COM1	5F	5A	6F	6A	7F	7A	S4	S5	8F	8A	9F	9A	10F	10A
COM2	5G	5B	6G	6B	7G	7B	S3	S6	8G	8B	9G	9B	10G	10B
COM3	5E	5C	6E	6C	7E	7C	S2	S7	8E	8C	9E	9C	10E	10C
COM4	5D	DP5	6D	DP6	7D	DP7	S1	S8	8D	DP8	9D	DP9	10D	S9

系统默认低功耗模式下 LCD 不显示，用户可采用以下两种方式切换 LCD 显示：

- （1）按键切换。通过按键切换可依次实现总计量圈数显示、本次计量圈数显示、本次正向计量圈数显示、本次反向计量圈数显示、历史掉电保存初始圈数显示、LCD 关闭显示。
- （2）串口指令切换。只要不是关闭 LCD 显示，每发送一次串口切换 LCD 显示指令，可依次实现总计量圈数显示、本次计量圈数显示、本次正向计量圈数显示、本次反向计量圈数显示、历史掉电保存初始圈数显示切换。

通过按键或串口指令切换显示，每次切换需间隔 1S 以上。LCD 除显示计量圈数外，还显示电池电量、网络信号强度。

LCD 左上方编号为 2~4 的三位小数数码管显示计量圈数的高 3 位，中间编号为 5~9 的五位大数码管显示计量圈数的低 5 位，最大可显示用水量为 99999999L，当超过显示量程后，显示重新从 0 开始显示。编号为 10 的数码管显示固定的单位 L。

### 2.3.3 低功耗管理

系统上电完成初始化后默认进入低功耗 STOP2 状态，该模式下 LPTIM、LPUART、RTC 均能正常工作，LCD 默认关闭。当 LPTIM 定时达到采样周期后，系统从低功耗模式唤醒，进入正常工作模式，运行完应用任务后，再次进入低功耗模式。

### 2.3.4 电压和温度采集

电池电压和温度监测功能默认关闭，通过上位机工具可配置采集周期开启相应功能。以电池电压监测为例，系统采用 3.3V 参考电压，电压分频系数为 $(47+47)/47=2$ ，当 3.3V 电池供电时，分压后采得的电压约为 1.65V。

### 2.3.5 掉电保存

检测到系统掉电(电压低于 2.4V)后, 启动掉电保护程序, 将计量圈数写入 flash 保存。系统每次上电会读取 flash 中保存的计量圈数, 并在此基础上进行累计。如果通过按键对系统复位, 无法对计量圈数掉电保存。

### 2.3.6 串口通信

#### (1) 配置参数

通过 LPUART 接口与上层应用软件交互进行数据交互, 实现对系统的控制。

LPUART 串口相关参数配置如下:

名称	参数	备注
波特率	9600bps	LPUART 波特率最高支持 9600bps
数据长度	8 bits	
停止位	1 bit	
校验位	无	

#### (2) 通信协议

串口控制命令如下表所示:

功能	控制命令	备注
命令控制从低功耗模式唤醒	0xAA 0x02 0x03 0x04	LPUART_WKUP_IRQHandler 中断, 唤醒后 5S 无新消息则超时重新进入低功耗。发送其他命令前先发该条命令。
开启或关闭采集圆盘转动时最大/小值	0xAA 0x02 0x03 0x77 0xFF	每次 6S 采集 5 次求平均
保存计量圈数值	0xAA 0x02 0x03 0x89 0xFF	
恢复所有参数为默认	0xAA 0x02 0x03 0x90 0xFF	
恢复所有通道比较器参考电压档位为默认	0xAA 0x02 0x03 0x93 0xFF	
恢复所有通道放电时间为默认	0xAA 0x02 0x03 0x94 0xFF	

恢复高速(工作)和低速(空闲)采样周期为默认	0xAA 0x02 0x03 0x95 0xFF	
设置通道 0 比较器参考电压档位	0xAA 0x03 0x00 0x pq 0xFF	比较器参考电压档位=0x pq
设置通道 1 比较器参考电压档位	0xAA 0x03 0x01 0x pq 0xFF	比较器参考电压档位=0x pq
设置通道 2 比较器参考电压档位	0xAA 0x03 0x02 0x pq 0xFF	比较器参考电压档位=0x pq
设置计量起始值(低 16 位)同步机械表	0xAA 0x04 0x mn 0x pq 0xFF	低 16 位圈数=(0x mn<<8)   0x pq
设置计量起始值(高 16 位)同步机械表	0xAA 0x05 0x mn 0x pq 0xFF	高 16 位圈数=(0x mn<<8)   0x pq
设置表最大量程(低 16 位)	0xAA 0x06 0x mn 0x pq 0xFF	低 16 位圈数=(0x mn<<8)   0x pq
设置表最大量程(高 16 位)	0xAA 0x07 0x mn 0x pq 0xFF	高 16 位圈数=(0x mn<<8)   0x pq
设置通道 0、通道 1、通道 2 判断阈值	0xAA 0x08 0x mn 0x pq 0xFF	通道 0 阈值=0x m, 通道 1 阈值=0x n, 通道 2 阈值=0x p
设置工作采样周期和空闲采样周期	0xAA 0x09 0x mn 0x pq 0xFF	工作周期=0x mn, 空闲周期=0x pq
设置方波日志定时打印周期(单位 ms)	0xAA 0x0A 0x mn 0x pq 0xFF	不保存, 周期=(0x mn<<8)   0x pq, 0 关闭
设置方波变化趋势图打印周期(单位 ms)	0xAA 0x0B 0x mn 0x pq 0xFF	不保存, 周期=(0x mn<<8)   0x pq, 0 关闭
设置 LCD 刷新周期(单位 ms)	0xAA 0x0C 0x mn 0x pq 0xFF	不保存, 周期=(0x mn<<8)   0x pq, 每发送一次等同于按键切换一次屏显示内容, 0 不显示不切换
设置电压采集周期(单位 s)	0xAA 0x0D 0x mn 0x pq 0xFF	不保存, 周期=(0x mn<<8)   0x pq, 0 关闭
设置温度采集周期(单位 s)	0xAA 0x0E 0x mn 0x pq 0xFF	不保存, 周期=(0x mn<<8)   0x pq, 0 关闭
设置通道 0、通道 1、通道 2 放电时间	0xAA 0x0F 0x mn 0x pq 0xFF	通道 0 =0x m, 通道 1=0x n, 通道 2 =0x p

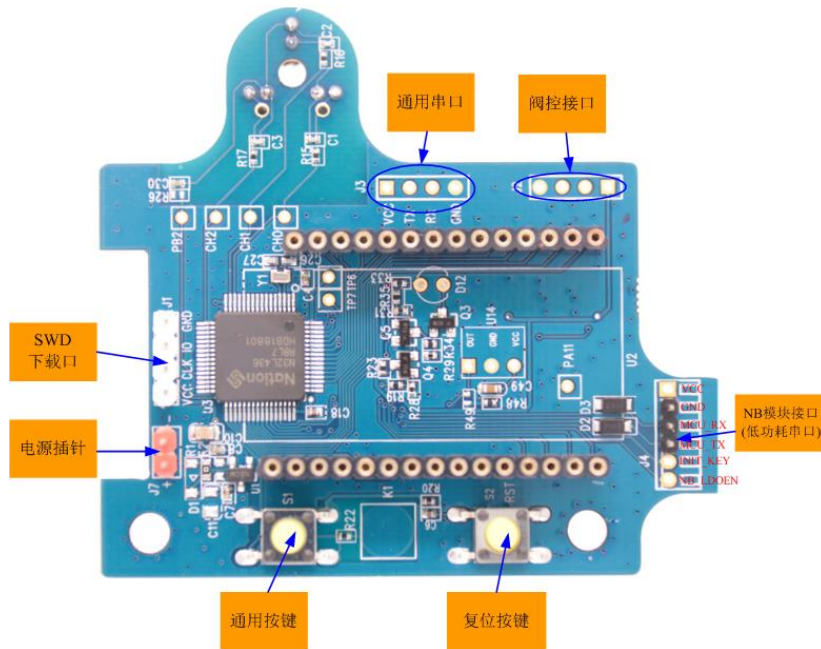
### 2.3.7 参数设置

水表在低功耗模式下采样计数, 通过唤醒指令从低功耗模式切换到正常工作模式, 利用不同的串口协议指令实现表量程、初始圈数、采样周期、比较器参考电压档位等参数设置, 便于用户个性化配置。参数设置主要包括以下三类:

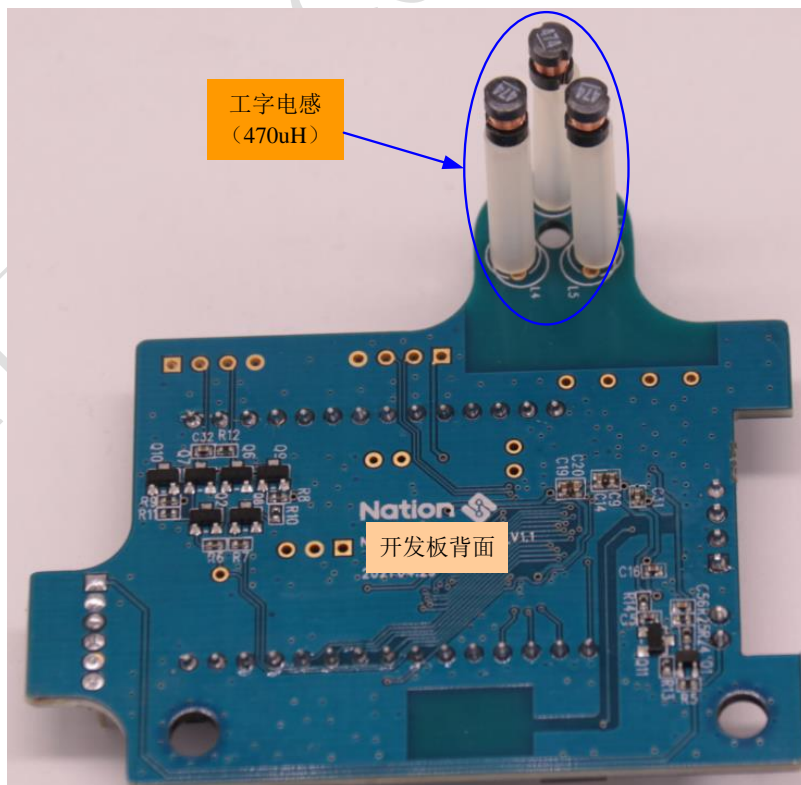
- LPRCNT 核心参数, 包括各通道的比较器参考电压档位、放电时间。
- 水表参数, 主要是表量程范围、初始圈数。
- 其他参数, 包括工作采样周期、空闲采样周期、各通道判断阈值。

### 3. 硬件说明

#### 3.1 开发板布局



开发板布局(正面)



开发板布局(背面)

---

- **开发板的供电**

开发板可通过J7供电，输入电压通过LD0输出2.8V电压给MCU芯片，LD0型号为BL8064CB3TR28。

- **UART串口**

开发板有两组串口提供，一个是J3通用串口 (UART5)，一个是J4，提供NB模块通讯用接口，其中PIN3和PIN4为低功耗串口UART\_RX和UART\_TX。

- **SWD下载口**

SWD下载口 (J1)，用于MCU下载程序调试使用。

- **通用按键**

通用按键S1，连接MCU PC4管脚。

- **复位按键**

复位按键S2，用于通过按键方式复位MCU。

- **阀控接口**

阀控接口J2，可连接电机驱动阀门开关。

- **NB接口**

NBIOT模块接口J4，可外接NBIOT模块用于数据远传通讯。

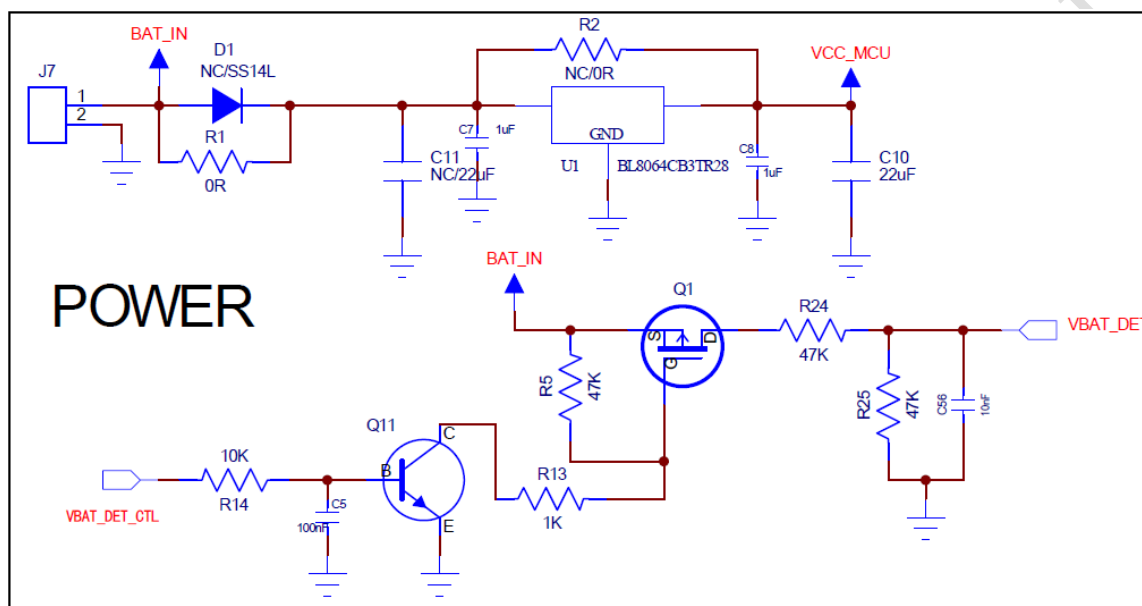
## 3.2 开发板原理图

N32L43x\_LPRCNT 开发板原理图说明如下（详见《N32L43x\_LPRCNT\_V1.0》）。

### 3.2.1 电源电路

下图为电源电路，电池通过 J7 接入供电，预留 D1 防反二极管，电池电压再通过 LD0 (U1) 输出 2.8V 电压给整表供电。

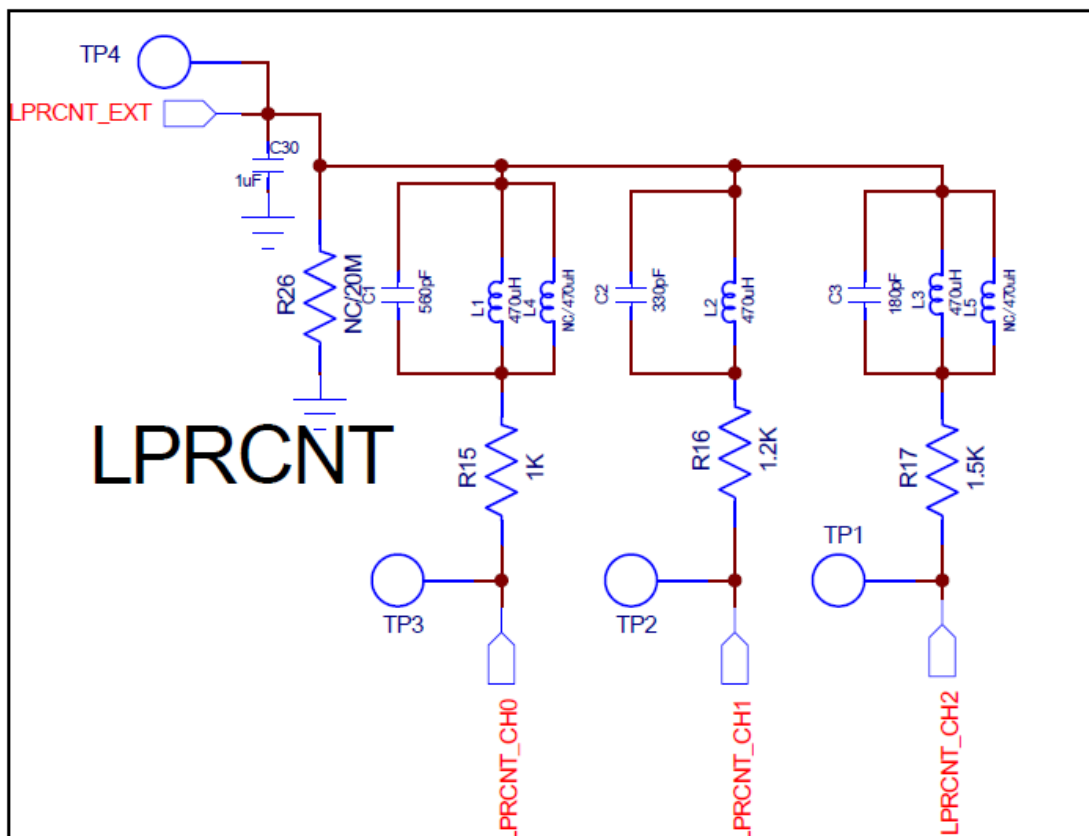
Q1 为 PMOS 管，可通过控制 Q11 三极管控制 PMOS 的通断用于输出电压做电池电压检测。



Master MCU 原理图

### 3.2.2 LPRCNT 电路

下图为 LPRCNT 外接电感检测电路，通过三路 LC 振荡电路，用于检测水表的金属片的位置，从而实现计量功能。

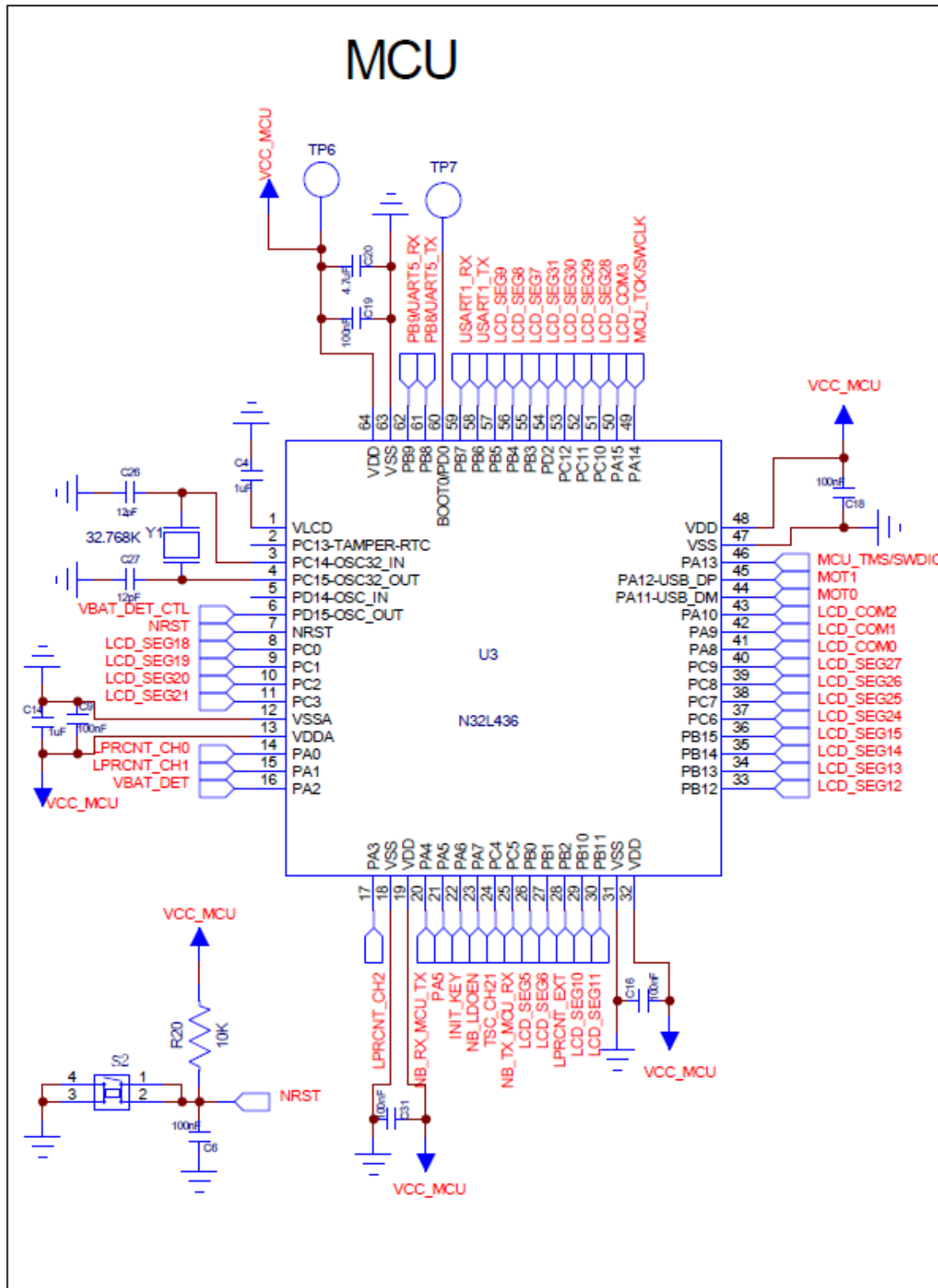


LPRCNT 外接电感检测电路

### 3.2.3 MCU 电路

下图为 MCU 电路，主芯片为 N32L436RBL7，芯片外接 32.768KHz 晶体，复位管脚外接电阻电容可实现开机复位，也可以通过按键 S2 手动复位。





MCU 电路

### 3.2.4 LCD

下图为 LCD 连接管脚原理图，LCD 型号：GDC0689。

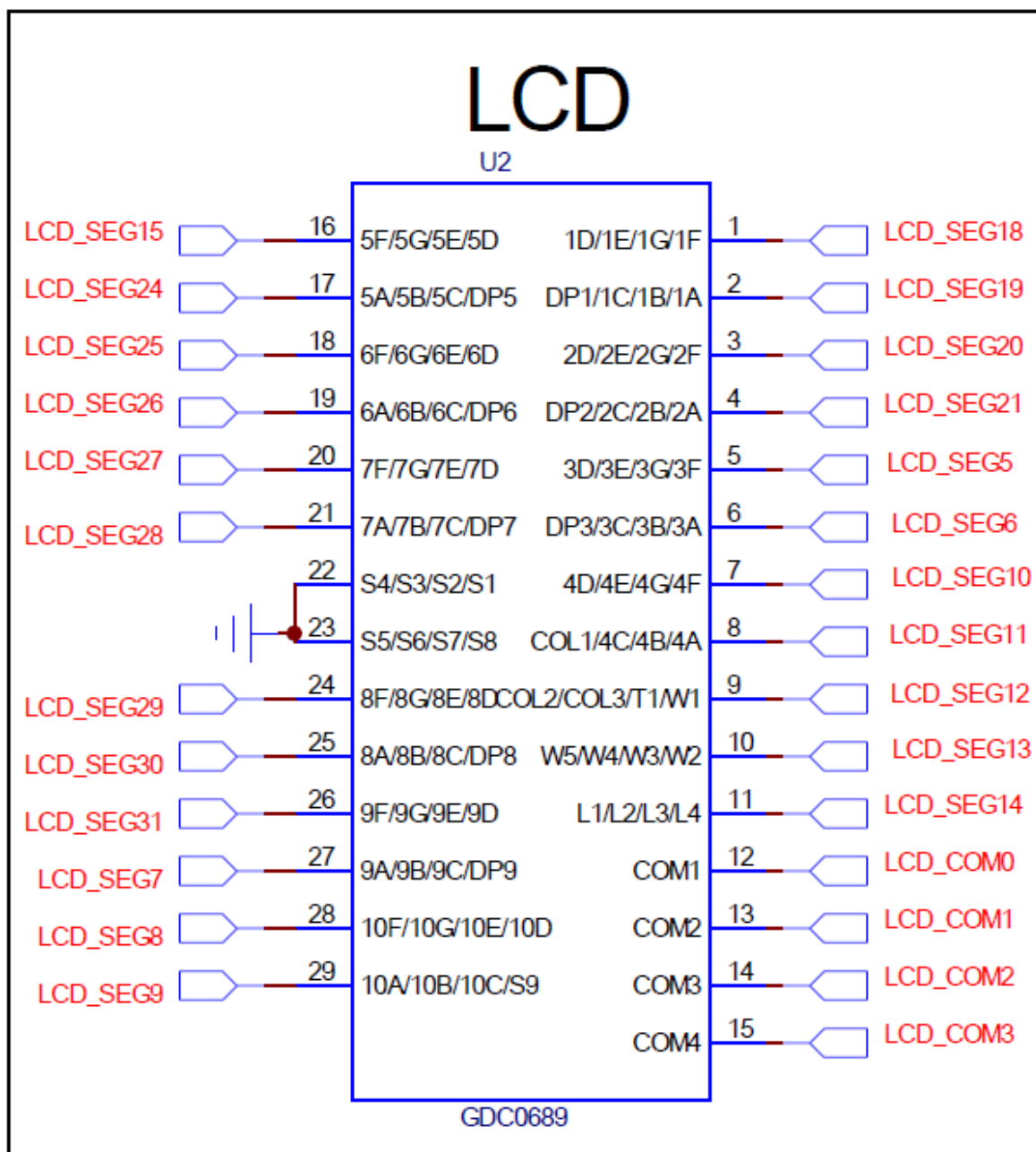
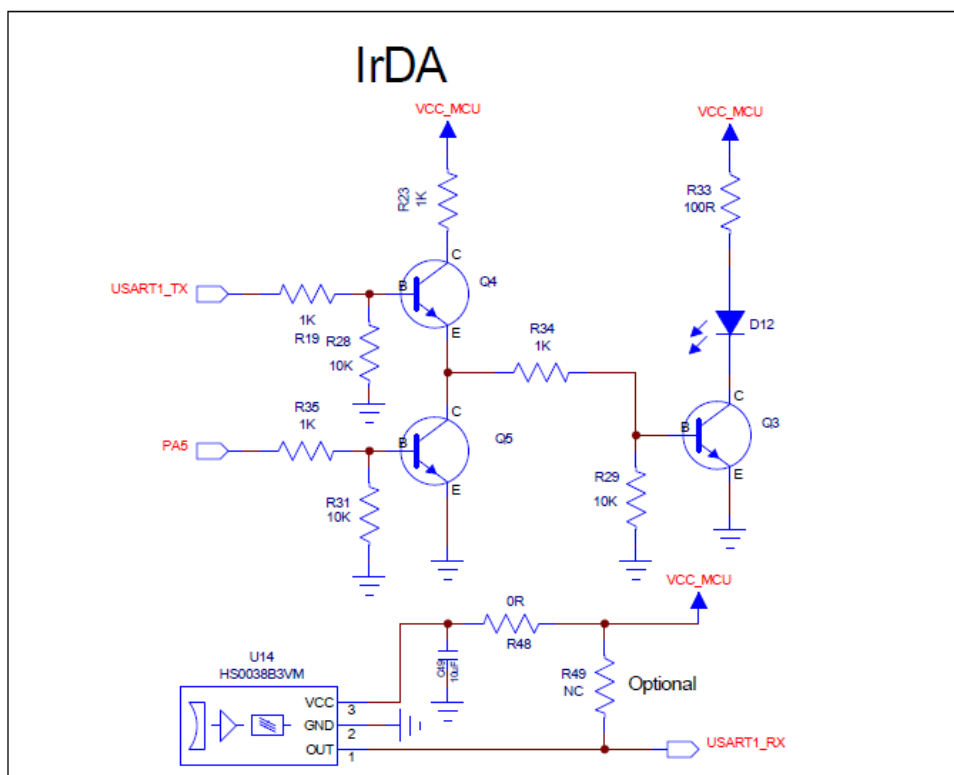


图6 LCD 设计

### 3.2.5 IrDA 红外通讯

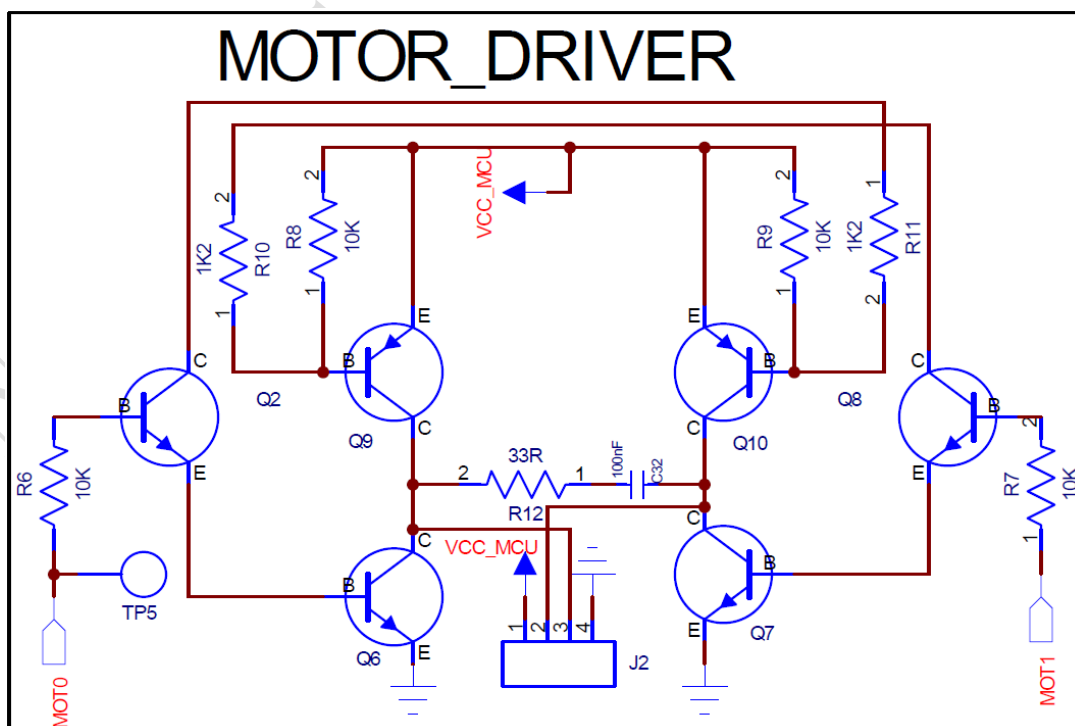
下图为开发板红外通讯电路。



IrDA 红外通讯电路

### 3.2.6 阀控电路

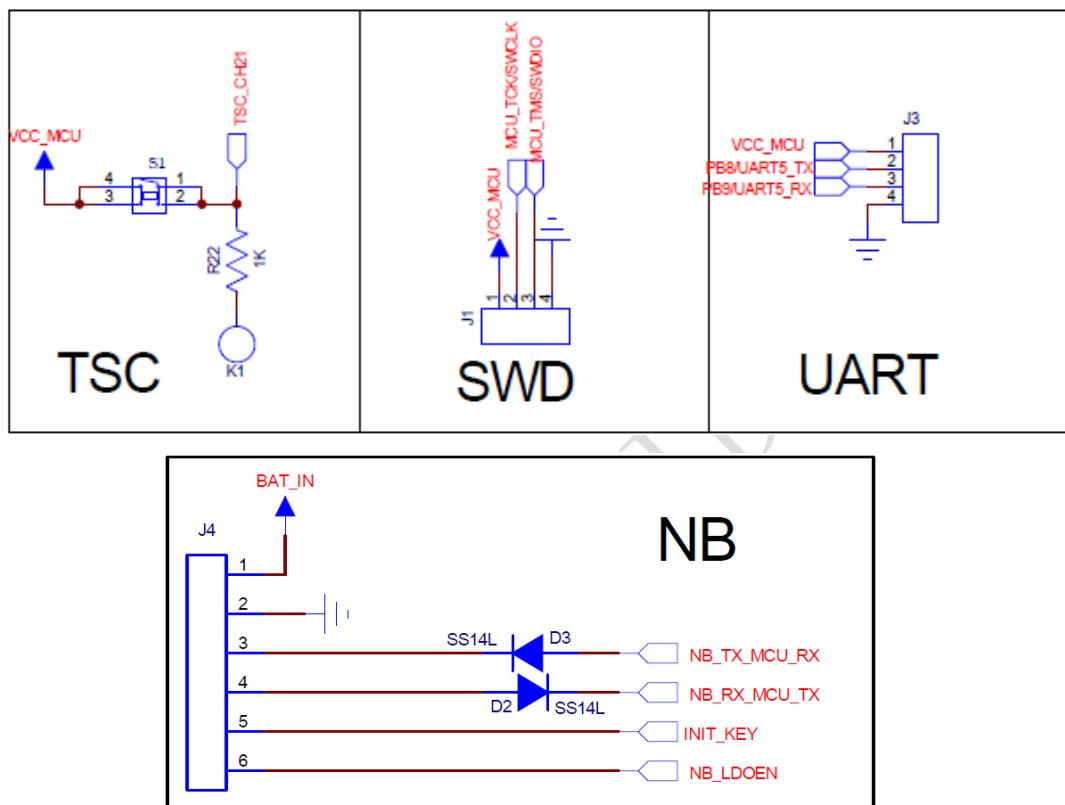
下图为阀控电路。



阀控电路

### 3.2.7 外围接口电路

参考图为外围接口电路，MCU 外接 TSC 电容触控按键（也可以通过 S1 机械按键实现按键功能），可通过 SWD 下载程序，可通过 UART 接口进行串口通讯，通过 NB 接口外接 NBIOT 模块，J4 的 PIN3 和 PIN4 为低功耗串口，可以通过此接口进行串口通讯。



外围接口电路

### 3.3 硬件设计注意事项

#### ● L1, L2, L3 工字电感选取

LC 无磁水表方案最重要的器件就是电感的选取，本方案推荐采用工字电感。电感的取值范围在 330uH~680uH 之间，Q 值尽量高。

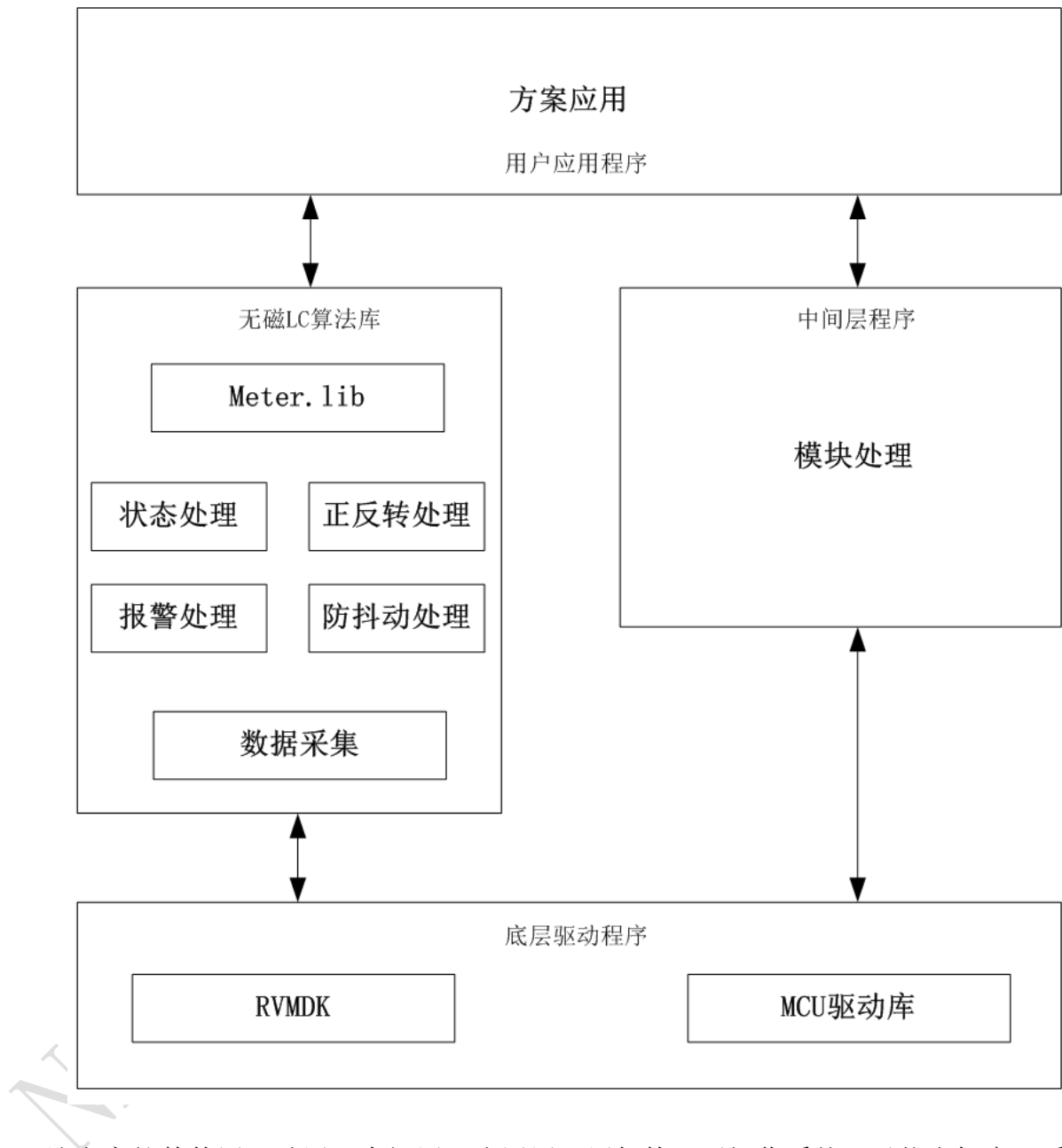
本方案选取的工字电感为村田的 11R474C，电感值：470uH。

#### ● C1, C2, C3 谐振电容选取

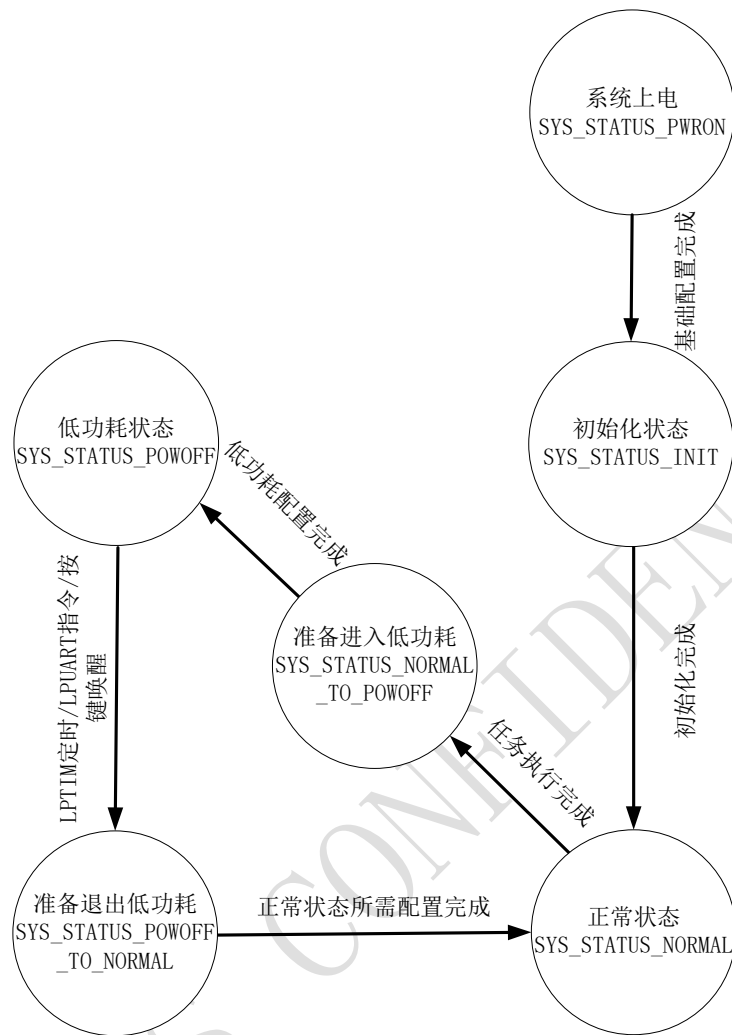
本方案中，C1, C2, C3 的电容取值分别为 560pF, 330pF, 180pF。三个电容不能取相同的值，且需要保证有一定的电容值间隔，这样可以保证每一路 LC 振荡的频率不同，避免通道相互干扰，电容的类型可选取 C0G 和 NP0，不能用 X7R 和 X5R 电容。

## 4. 软件说明

### 4.1 软件架构



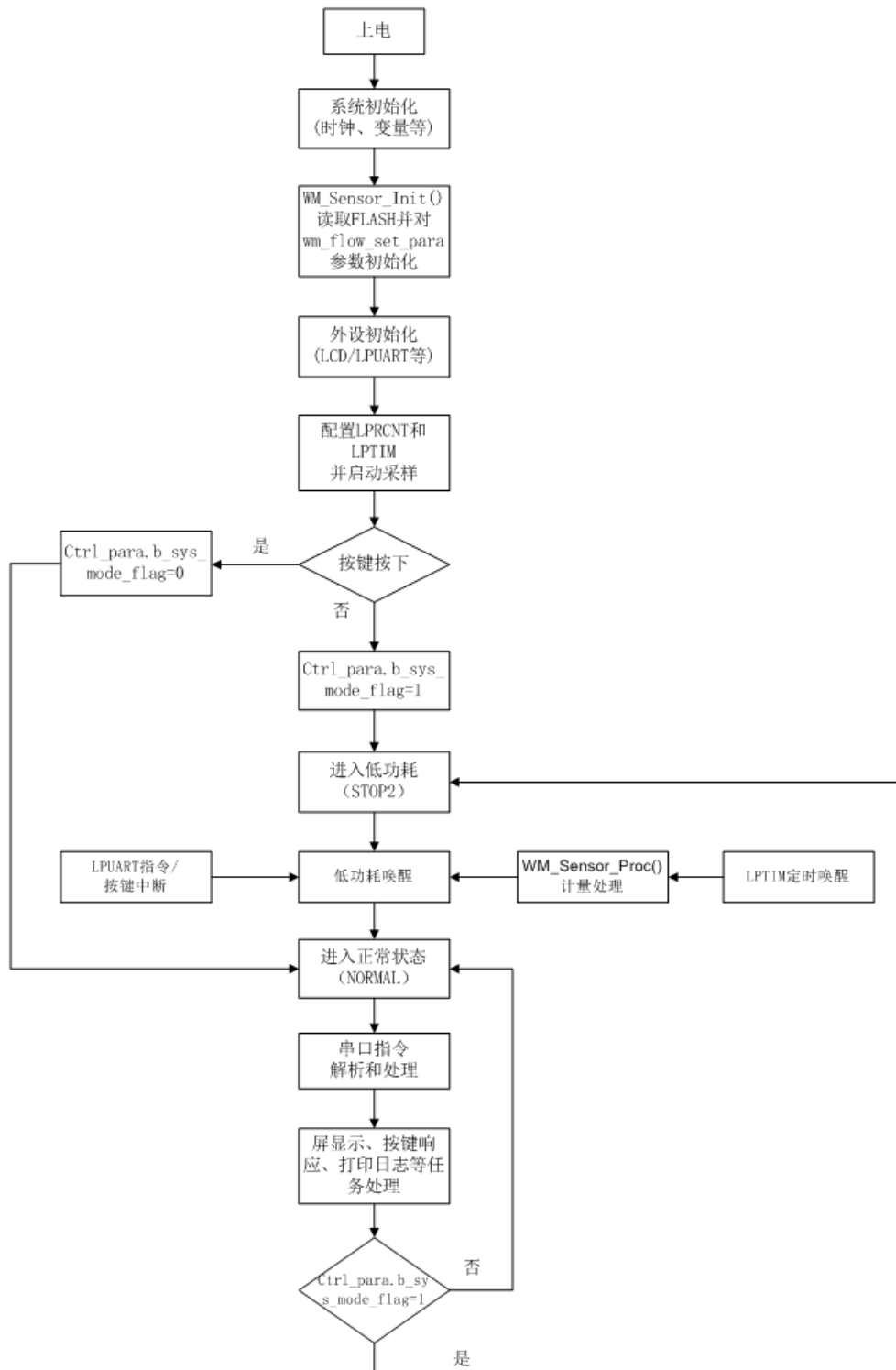
该方案软件使用驱动层、中间层、应用层三层架构，无操作系统，以状态机实现系统任务状态切换，简单、清晰、高效、易上手。系统任务状态切换图如下所示：



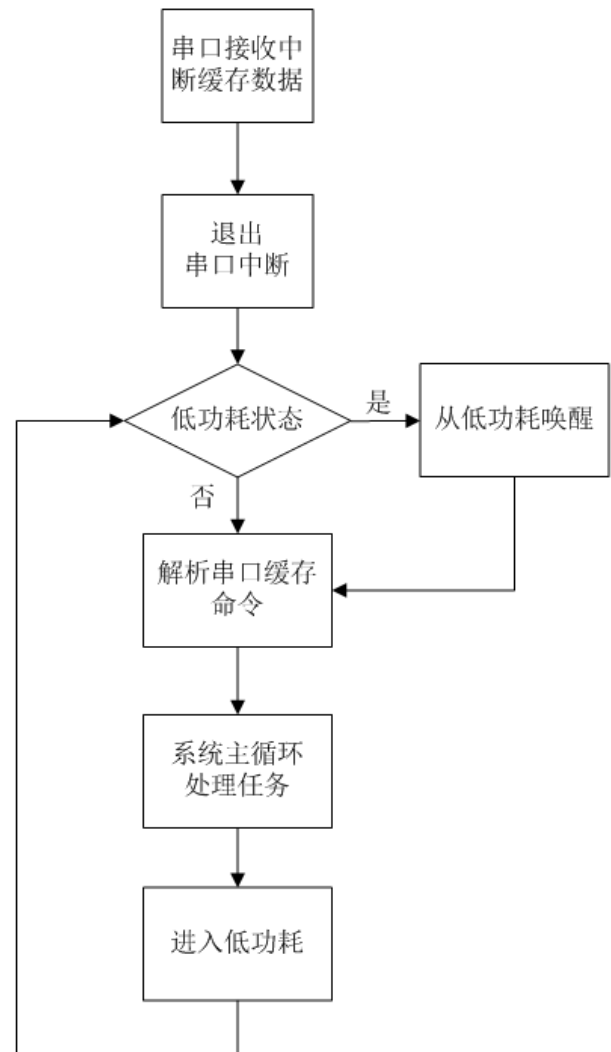
应用程序利用状态机实现任务管理，根据不同条件切换系统状态变量 `sys_status`，并调度执行相应阶段的任务。

## 4.2 软件流程图

### 4.2.1 主流程图

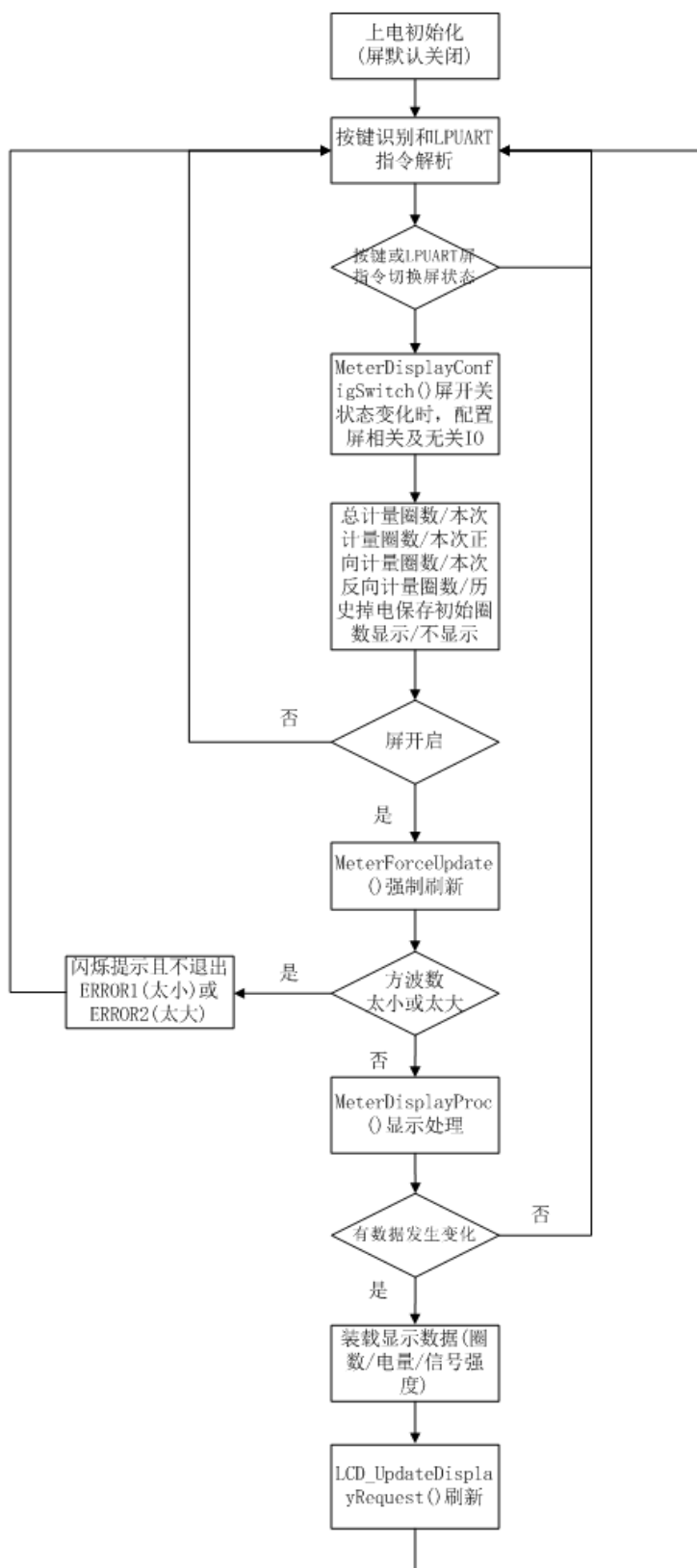


### 4.2.2 串口处理流程图





### 4.2.3 屏显示流程图



## 4.3 方案移植说明

用户需根据环境配置的默认参数主要在 `lprcnt.h` 和 `meter_lib.h` 中。

### 4.3.1 LPRCNT 核心参数

`lprcnt.h` 中 LPRCNT 的核心参数默认配置如下：

(1)通道 0、1、2 的比较器参考电压档位（每档 32mV,如设置档位为 57，则设置的比较器参考电压为 $(57+1) \times 32\text{mV}=1.856\text{V}$ ）。因电感、电容等参数更换或基表匹配差异较大时，该参数可细微调整，需确保常温下圆盘静止时方波数稳定，同时圆盘转动时三个通道方波数变化量都不低于 15 个。

```
#define CH0_COMP_REF_VOLT_GEAR      57
#define CH1_COMP_REF_VOLT_GEAR      57
#define CH2_COMP_REF_VOLT_GEAR      57
```

(2)通道 0、1、2 的放电时间（非特殊情况不建议修改）

```
#define CHANAL0_TIME_DISCHARGE      1
#define CHANAL1_TIME_DISCHARGE      1
#define CHANAL2_TIME_DISCHARGE      1
```

### 4.3.2 计量相关参数

`meter_lib.h` 中计量相关参数默认配置如下：

(1)设置表量程，例如 100000000 代表量程范围为 0~99999999L。

```
#define METER_MAX_CIRCLES_RANGE_DEFAULT 100000000
```

(2)空闲/工作模式采样周期、工作模式切换到空闲模式的时间

```
#define SW_IDLE_PERIOD_DEFAULT        80
#define SW_WORK_PERIOD_DEFAULT        30
#define WORK_TO_IDLE_TIME_DEFAULT     10000
```

(3)CH0/CH1/CH2 通道判断阈值，一般不需修改。CH0 和 CH1 通道阈值与计量直接相关，设置过大可能会影响高温环境下计量准确性，阈值为方波数变化量的 1/2~1/3 之间较为合理，但不能低于 5；CH2 通道阈值与计量防抖、圆盘脱落报警、强磁靠近报警相关，可以偏小配置，但不能低于 5。

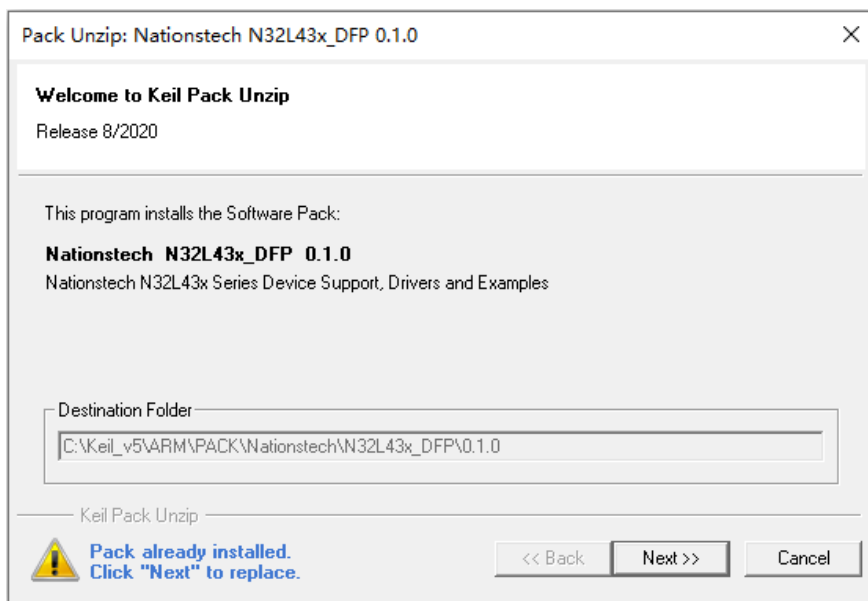
```
#define JUDGE_THRESHOLD_MIN_VAL                2
#define CH0_JUDGE_THRESHOLD_DEFAULT            10//at least 5
#define CH1_JUDGE_THRESHOLD_DEFAULT            10//at least 5
#define CH2_JUDGE_THRESHOLD_DEFAULT            5//at least 5
```

(4)CH0/CH1/CH2 通道方波数异常报警阈值(各通道方波数小于最小值或大于最大值，则产生闪屏报警)

```
#define CH0_ALARM_PULSE_MIN                    30
#define CH0_ALARM_PULSE_MAX                    200
#define CH1_ALARM_PULSE_MIN                    30
#define CH1_ALARM_PULSE_MAX                    200
#define CH2_ALARM_PULSE_MIN                    30
#define CH2_ALARM_PULSE_MAX                    200
```

## 4.4 软件调试流程

(1)建立 IDE 开发环境。安装 Keil uVision5 的 MDK 软件包，以及解压芯片所需的 pack 包(Nationstech.N32L43x\_DFP.0.1.0.pack 及以上版本)。解压 pack 包建议使用默认路径，如下图所示：



(2)编译方案工程。打开方案工程 `Meter.uvprojx` 并进行编译。在 `main.h` 中通过配置 `APP_FUNCTION_SELECT` 宏定义，选择不同功能进行编译和测试，默认为基础功能应用。`APP_BASIC_FUNCTION` 为基础功能应用，支持计量、低功耗串口 `LPUART` 指令控制和日志打印、基础数据采集；`APP_TOTAL_FUNCTION` 为本方案的全功能应用。除功耗测试项外，以下其他内容可以使用全功能应用测试。

(3)下载程序。利用 `SWD` 工具将编译成功的程序下载到目标板中。由于程序默认进入低功耗模式，当对已烧录过程序的目标板再次烧录时，需按复位键对 `MCU` 进行复位，并在 3S 内启动程序烧录。

(4)上电测试。

- 目标板装入水表控制盒中，并与无磁基表进行紧固。
- 用串口工具连接目标板的 `LPUART_TX`、`LPUART_RX`、`GND`。
- 启动配套上位机工具并打开串口。
- 电池给目标板供电，按复位键对 `MCU` 进行复位。
- `MCU` 上电工作后，会打印"`Meter power on`"等日志信息。

(5)基础数据测试。

● 表圆盘静止时，利用上位机工具“转动最大小值”。方波数变化量不超过 2，则确定数据是稳定的。可以对数据稳定性进行长时间测试，如果圆盘静止时打印"`Pulse abnormal occur!`"信息则可能是出现数据不稳定。

- 通过水流或充气泵使表圆盘转动，利用上位机工具“转动最大小值”。常温

下三个通道方波数变化量都不低于 15 个，则确定变化量满足要求。

(6)常规计量准确性测试。如果基础数据稳定性测试和变化量都满足要求，匹配好表相关参数后，可进行计量准确性测试。

- 利用上位机工具“设置表最大量程”，如表量程范围为 0~999999L，则设置 1000000L。

- 利用上位机工具“设置表计量初始圈数”，与表机械读数一致。

- 按复位键对 MCU 进行复位，待上电日志打印完成后，确认表计量初始圈数、表量程等参数无误后，开始计量测试。

- 要通过 LCD 直接查看计量圈数，利用上位机工具“屏显示周期”，可直接使用默认 400ms 屏刷新周期，设置为 0 即关闭屏显示。

- 要查看串口打印日志，利用上位机工具“打印方波数和圈数”，可直接使用默认 100ms 打印周期，设置为 0 即关闭打印日志。

- 要查看方波数变化趋势图，利用上位机工具“查看方波变化波形”，可直接使用默认 100ms 描绘周期，设置为 0 即关闭趋势图描绘。趋势图描绘和日志打印都是共用 LPUART 端口，但趋势图描绘优先级更高。当开启趋势图描绘，串口打印日志会停止。

- 停止圆盘转动，通过串口打印日志或 LCD 查看电子计量圈数，与机械计量圈数比较，确认计量准确性是否符合要求。

(7)组合条件计量准确性测试。完成上述测试后，可在此基础上增加高低温、高低压、正反转切换、快慢速切换、NB/LORA 干扰等方案支持范围内的条件叠加，重复第(6)项测试。

(8)功耗测试。

在 main.h 中配置 APP\_FUNCTION\_SELECT 为 APP\_BASIC\_FUNCTION 基础功能应用(默认配置)，测试功耗电流。

- 将万用表调到电流测试档位，并将万用表与电路板串联，即红色表笔与电池正极短接，黑色表笔与电路板 VCC 短接，电池负极与电路板 GND 短接测试电流。

- 准备就绪后，按复位键对 MCU 复位，重新开始工作，如果圆盘静止，系统会进入空闲模式，此时测得空闲模式的电流；转动圆盘，系统会立即进入工作模

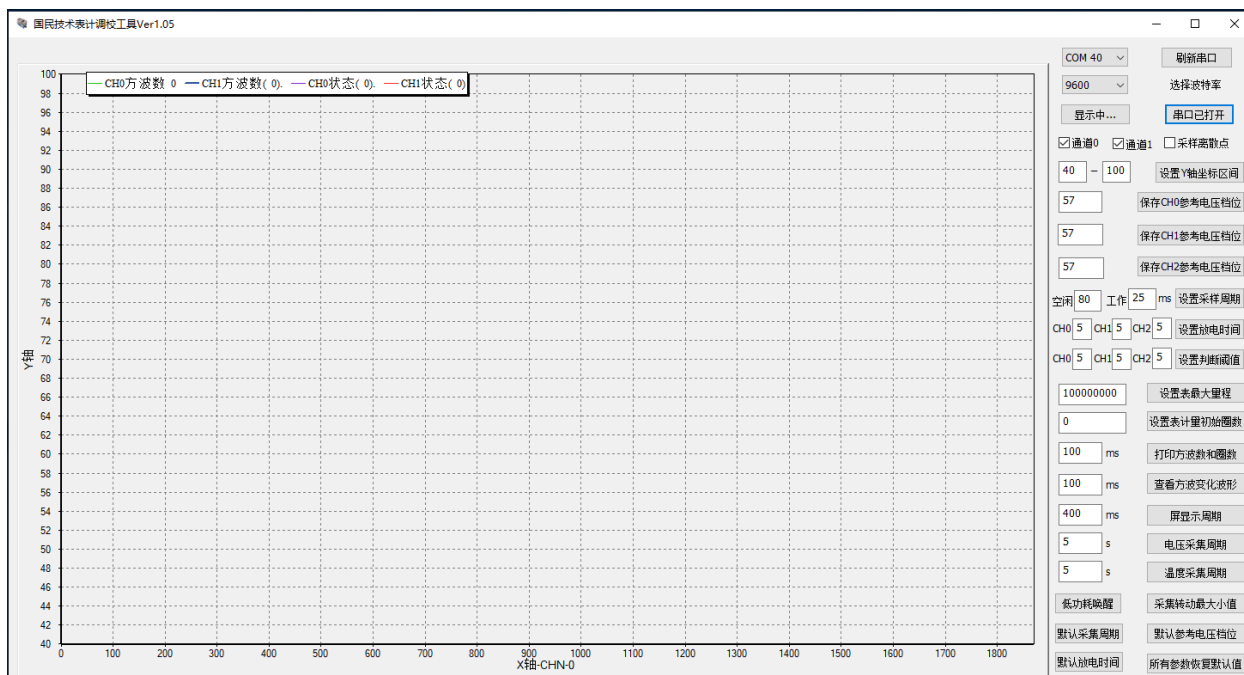
---

式，此时测得工作模式的电流；圆盘停止转动超过切换时间(工作模式到空闲模式默认时间 10S)，系统会再次进入空闲模式。

## 4.5 软件调试注意事项

- (1)检测距离、电感角度匹配等需满足方案匹配要求的条件。
- (2)方案对电容敏感度较高，不能用手、水、示波器表笔等接触 LC 电路部分。
- (3)高低温测试前需对电路板做封胶处理，保证相关电路元件及焊盘引脚不会受水气、水滴影响，然后转动圆盘采集基础数据，确认稳定性和变化量符合要求。
- (4)方案原理不支持强磁近距离干扰计量，但支持强磁靠近报警，通过串口打印报警日志信息。
- (5)设置初始圈数等参数后，建议按键复位重新运行程序；开始转动圆盘、计量测试后，如果通过按键对系统复位，无法对当前实时计量圈数掉电保存。
- (6)LPTIM 定时中断唤醒优先级默认设置为最高 0 级，需保证比其他中断优先级高。
- (7)由于程序默认进入低功耗模式，当对已烧录过程序的目标板再次烧录程序时，需按复位键对 MCU 进行复位，并在 3S 内启动程序烧录。
- (8)由于 LPRCNT 模块使用 MSI 时钟，修改 MSI 时钟分频系数会导致充放电时间、阻尼振荡持续时间等发生改变，可能影响稳定性和变化量，不建议修改。

## 5. 配套工具说明



### 5.1 工具功能说明

配套工具主要便于用户根据环境差异化配置参数、开启或关闭部分功能、显示实时日志信息和曲线走势、辅助调试和分析等。

### 5.2 工具使用说明

(1) 打开串口。电脑插入 USB-TTL 串口线并安装串口驱动，串口线的 TX/RX/GND 分别与方案板 LPUART 接口的 RX/TX/GND 连接好，点击“打开串口”按钮，显示“串口已打开”准备就绪。若显示“串口打开失败”，可尝试“刷新串口”或确认所选串口端口是否正确。可通过按钮“显示中”切换“已暂停”进行快速显示和暂停切换。

(2) 修改配置参数。打开串口后，界面会显示默认的配置参数，根据环境差异化对个别参数进行调整。

以表量程设置为例，利用上位机工具“设置表最大量程”，可设置表最大可计量的 L 位圈数。如下图所示为某水表表盘，x0.0001 刻度盘指针转动一圈代表 1L，该表最大量程设置为 100000000L。



配套工具最常用的操作是“设置表计量初始圈数”，用以同步机械和电子的初始圈数，计量测试结束后，读取机械圈数和电子圈数并比较差异，可确认计量的准确性。

### 5.3 使用注意事项

- (1)方案应用中 LPUART 最高支持波特率 9600bps，代码中已固化配置为 9600bps，配套工具中不能修改默认的 9600bps 波特率。
- (2)测试前需确认参数是否改动，必要时可以利用工具将所有参数恢复默认设置。
- (3)如果在日志显示界面点动光标，可能导致数据显示不能更新，可以通过 Enter 键刷新界面显示日志。工具软件若出现异常，可关闭后重新打开。
- (4)要将 USB-TTL 串口线从电脑接口拔出，需先关闭工具软件，否则可能出现电脑蓝屏等问题。

## 6. 软件接口

软件算法封装成库提供给用户，包括 meter.lib 和 meter\_lib.h 两个文件。与用户交互包括结构体数据和 API 函数两种类型。

### 6.1 结构体数据

封装库对外有 wm\_flow\_set\_para 和 wm\_flow\_info 两个结构体，申明如下：



---

```
extern WM_FLOW_SET_PARA_T wm_flow_set_para;
```

```
extern WM_FLOW_INFO_T wm_flow_info;
```

(1) `wm_flow_set_para` 用于配置封装库所需相关参数，包括表最大量程、空闲/工作模式采样周期、工作模式切换到空闲模式的时间、CH0/CH1/CH2 通道阈值、数据采集调试开关(调试需要时才开启)。系统上电后，需初始化 `wm_flow_set_para` 结构体各参数，算法库才能正常工作。方案 DEMO 中，通过以下方式对 `wm_flow_set_para` 结构体各参数进行初始化，并在 `meter_lib.h` 中定义默认值：

- `void ReadMeterParaFlash(void)`函数读取保存于 Flash 中的表最大量程；
- `void ReadFlowSetFlash(void)` 函数读取保存于 Flash 中的空闲/工作模式采样周期、CH0/CH1/CH2 通道阈值；
- 工作模式切换到空闲模式的时间默认 10S、数据采集调试开关默认关闭，未掉电保存。

(2) `wm_flow_info` 用于获取封装库相关信息，包括 CH0/CH1/CH2 通道方波数、正向/反向圈数、相对圈数/步数、CH0/CH1/CH2 通道状态、当前采样周期、START 位等待计数/超时报警标志、方波数/状态异常报警标志、强磁靠近/圆盘脱落报警标志。

## 6.2 函数接口

### 6.2.1 库提供的 API

封装库提供给外部的 API 函数申明如下：

```
extern uint8_t* WM_Sensor_GetVer(void);

extern void WM_Sensor_Init(void);

extern void WM_Sensor_Proc(void);

extern bool WM_Sensor_GetSampleMode(void);

extern void WM_Sensor_ClearCircle(void);

extern uint32_t WM_Sensor_CircleGet(void);
```

```

extern uint32_t WM_Sensor_StepGet(void);

extern void WM_Sensor_DirLogicSet(bool cmd);

extern bool WM_Sensor_DirLogicGet(void);

extern void WM_Sensor_AntiShakeSwitchSet(bool cmd);

extern bool WM_Sensor_AntiShakeSwitchGet(void);

extern void WM_Sensor_AcquireThreshold(void);

extern void WM_Sensor_AcquireThreshold_Restart(void);

```

以下为各 API 函数的使用说明：

- uint8\_t\* WM\_Sensor\_GetVer(void) 获取封装库版本号

函数名	uint8_t* WM_Sensor_GetVer(void)
功能	获取 meter_lib 封装库版本号
参数	无
返回值	封装库版本号字符串指针
说明	printf("Verion:%s \r\n",WM_Sensor_GetVer());

- void WM\_Sensor\_Init(void) 初始化 WM sensor 模块

函数名	void WM_Sensor_Init(void)
功能	初始化 WM sensor 模块
参数	无
返回值	无
说明	为确保 WM sensor 模块能正常工作，需要在系统上电后调用一次该函数，对模块进行初始化，并读取 flash 参数后对 wm_flow_set_para 结构体进行初始化。

● void WM\_Sensor\_Proc(void) 处理函数

函数名	void WM_Sensor_Init(void)
功能	WM sensor 核心理函数
参数	无
返回值	无
说明	系统初始化完成后，只需在 void LPTIM_WKUP_IRQHandler (void) 的比较中断 CMPM 中调用该函数，即可实现计量功能。需注意 LPTIM 定时中断唤醒优先级设置为最高 0 级，并保证比其他中断优先级高。

● bool WM\_Sensor\_GetSampleMode(void) 获取采样模式

函数名	bool WM_Sensor_GetSampleMode(void)
功能	获取当前采样模式
参数	无
返回值	true 为工作模式，false 为空闲模式
说明	需要时调用

● void WM\_Sensor\_ClearCircle(void) 清除圈数和步数

函数名	void WM_Sensor_ClearCircle(void)
功能	清除当前圈数和步数
参数	无
返回值	无
说明	清零圈数、重新计量时调用

● uint32\_t WM\_Sensor\_CircleGet(void) 获取计量圈数

函数名	void WM_Sensor_ClearCircle(void)
功能	获取当前计量圈数
参数	无
返回值	以 L 为单位的当前计量圈数
说明	需要时调用

● uint32\_t WM\_Sensor\_StepGet(void) 获取计量步数

函数名	uint32_t WM_Sensor_StepGet(void)
功能	获取当前计量步数
参数	无
返回值	当前计量步数(每四步为一圈)
说明	需要时调用

● void WM\_Sensor\_DirLogicSet(bool cmd) 设置计量方向的逻辑

函数名	void WM_Sensor_DirLogicSet(bool cmd)
功能	设置计量方向的逻辑
参数	true 为反向计量逻辑, false 为正向计量逻辑(默认)
返回值	无
说明	电子计量逻辑和机械计量方向相反时调用

● bool WM\_Sensor\_DirLogicGet(void)获取计量方向的逻辑

函数名	bool WM_Sensor_DirLogicGet(void)
功能	获取当前计量方向的逻辑
参数	无
返回值	true 为反向计量逻辑，false 为正向计量逻辑(默认)
说明	需要时调用

● void WM\_Sensor\_AntiShakeSwitchSet(bool cmd)开启或关闭防抖动功能

函数名	void WM_Sensor_AntiShakeSwitchSet(bool cmd)
功能	开启或关闭防抖动功能
参数	true 为开启防抖(默认)，false 为关闭防抖
返回值	无
说明	借助 CH2 通道实现计量防抖动功能，不建议关闭该功能

● bool WM\_Sensor\_AntiShakeSwitchGet(void); 获取防抖开关状态

函数名	bool WM_Sensor_AntiShakeSwitchGet(void)
功能	获取防抖开关状态
参数	无
返回值	true 为开启防抖(默认)，false 为关闭防抖
说明	需要时调用

● void WM\_Sensor\_AcquireThreshold(void) 方波数变化量采集处理

函数名	void WM_Sensor_AcquireThreshold(void)
功能	采集圆盘转动过程的方波数最大小值
参数	无
返回值	无
说明	实时调用。圆盘静止时，可测试稳定性；圆盘转动时，可测试变化量是否足够。采集时会通过串口打印采集日志信息。

● void WM\_Sensor\_AcquireThreshold\_Restart(void) 启动方波数变化量采集

函数名	void WM_Sensor_AcquireThreshold_Restart(void)
功能	启动方波数变化量采集
参数	无
返回值	无
说明	在需要启动方波数变化量采集时调用一次

## 6.2.2 库调用的外部 API

meter\_lib 封装库需要调用外部的 LPTIM\_Period\_Update(u32 period)函数，配置 LPTIM 的周期，用于封装库中自动切换工作和空闲模式、stdio 库的 printf 函数打印日志信息。

## 7. 参考例程

基于 LXSWY-15W 挖孔水表开发和发布方案实例如下：

(1) 水表基本满足基表适配要求。

- 控制盒壳体结构支持放置 3 路 LC 传感器。

- 
- LC 传感器到金属圆盘的总检测距离为 3~4mm。
  - 圆盘直径约 1.7cm。
  - 圆盘金属区域的角度为 220°。
  - 机电转换精度为 1L。
  - 制成、组装稳定可靠。

(2)基础数据验证测试。

- MSI 1M/2=500KHz，高速采样周期 30ms，低速采样周期 80ms。
- 三个通道比较器参考电压档位都设置为 57。
- 圆盘静止时，方波数变化量不超过 2，数据稳定。
- 圆盘转动时，三个通道方波数变化范围 62~80、59~82、48~64，都满足变化量不低于 15 个的要求。

(3)方案通过计量准确性测试。

- 0.1~2Hz 快慢速切换计量准确。
- -10~65° 高低温循环测试超 72 小时计量准确。
- 50~150S 高频随机正反转切换超 72 小时，计量符合要求。

---

## 8. 版本历史

版本	修改
V1.0	初版

NATIONS CONFIDENTIAL



---

## 9. 声明

国民技术股份有限公司（以下简称国民技术）保有在不事先通知而修改这份文档的权利。国民技术认为提供的信息是准确可信的。尽管这样，国民技术对文档中可能出现的错误不承担任何责任。在购买前请联系国民技术获取该器件说明的最新版本。对于使用该器件引起的专利纠纷及第三方侵权国民技术不承担任何责任。另外，国民技术的产品不建议应用于生命相关的设备和系统，在使用该器件中因为设备或系统运转失灵而导致的损失国民技术不承担任何责任。国民技术对本手册拥有版权等知识产权，受法律保护。未经国民技术许可，任何单位及个人不得以任何方式或理由对本手册进行使用、复制、修改、抄录、传播等。