

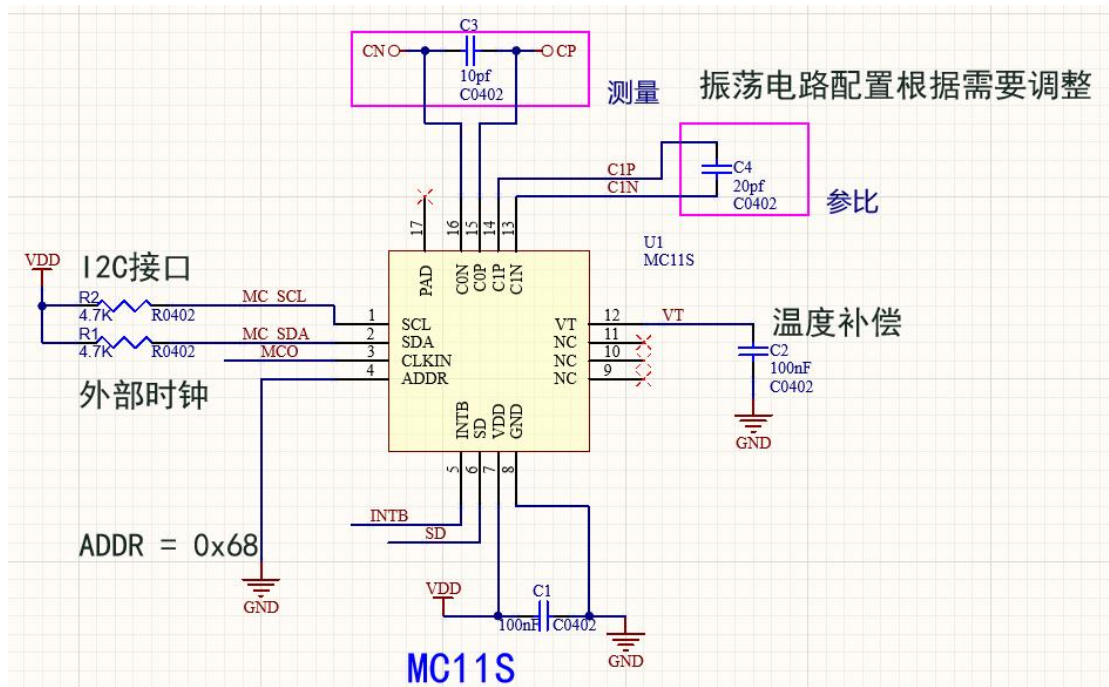
MC11 应用手册

本手册以 MC11S 为例，介绍了芯片的应用设计方案，包括电路设计、电极设计、器件调整、应用和案例等，适用于 MC11 系列芯片。

手册内容可供 LDM 模组应用参考。LDM 模组包含 MC11S+MCU，两点校准，解算电容，简单的 I2C 接口指令操作，更方便研发测试和使用（具体请详见 LDM 产品手册）。

一、电路设计

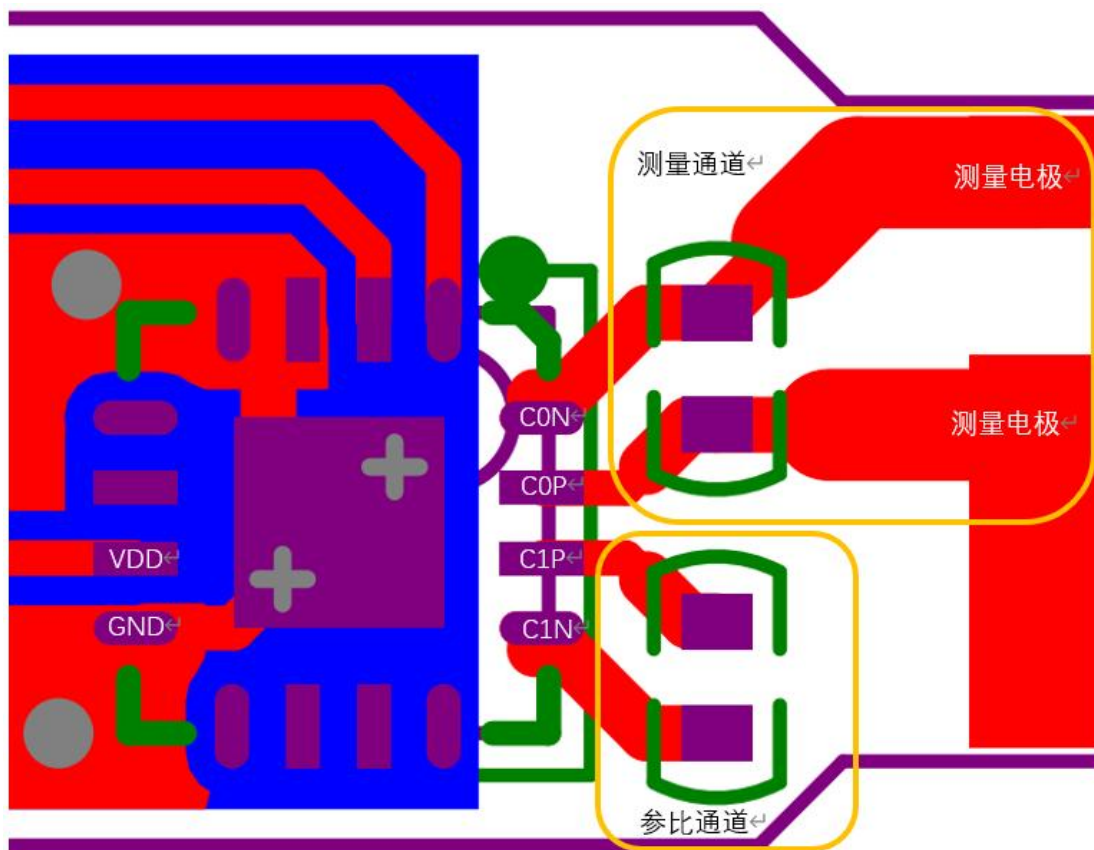
1、MC11S 原理图



设计注意：

- 1) 外部计数时钟输入 CLKIN，**不使用外部时钟输入需连接 GND。**
- 2) 负温度系数电压输出 VT，需要加滤波电容 100nF，放在采集端，不使用可悬空。
- 3) 中断信号输出引脚 INTB，**不需要上下拉电阻**，不使用可悬空。
- 4) 停机模式使能引脚 SD，不使用可悬空。
- 5) 两个通道同时使用，一个通道接固定电容作为参比通道，另一个作为测量通道。
- 6) 振荡电路电容 (C3、C4) 选用精度 1%，材质 C0G/NP0。
- 7) I2C 地址可以通过 ADDR 选择，详见 MC11S 手册。
- 8) 振荡电路部分根据需求配置器件 C 参数，详见“三、外围器件”章节。

2、MC11S 电路图



设计注意点：

- 1) 电源线和地线，尽量粗，同时让芯片 GND 尽可能充分接地。
- 2) 电极引线按照上图连接方式规划，同时连线短和粗。
- 3) 并联电容到电极的连线尽量加粗且短，减小线路寄生。

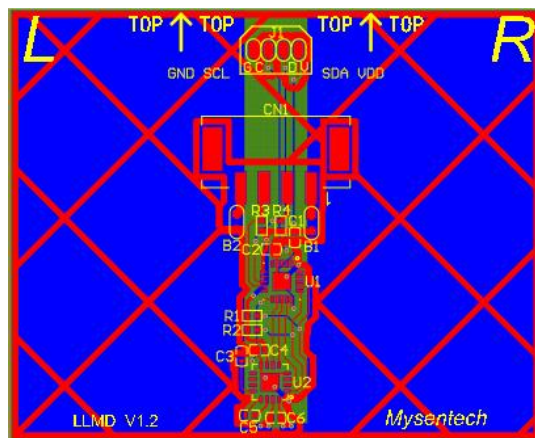
二、电极设计

1、双通道、差分电极

MC11S 提供双通道，其中一个通道需要当做参比通道（固定电容），另一个通道接电极进行测量，通过两个通道的比值进行数据判断。

可以在背面增加网格地屏蔽（网格宽度>12mm，导线宽度 0.3mm），提高抗干扰能力。

注：连续液位相关的检测，电极接入点最好在电极底部，尽量减少电极的电感特性影响。使电容/比值变化更线性。



在设计需求合理范围内，电极面积大，检测到的变化量也会越大；电极最小面积需要大于 5cm^2 ，最窄边长度大于 1cm 。

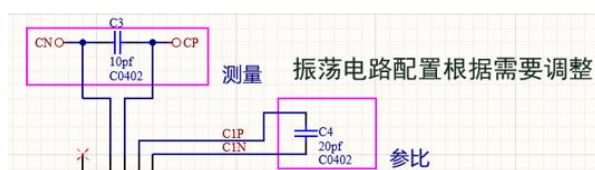
3、同心圆套管类

此类电极通常应用于接触类，根据长度、直径等因素调配合理的外围器件。

三、外围器件

MC11S 需要通过调整外围器件的方法，来寻找最大变化量的配比，实现最佳测量效果。最佳配比如下：

以 $C3=10\text{pf}$ ； $C4=20\text{pf}$ 的配置为例



1、典型配置

测量电极电容（CN、CP 所接电容）+ 测量通道并联电容（ $C3$ ）= 参比通道固定电容（ $C4$ ）

2、调整方案

寻找最佳配置，合适的驱动电流，实现频率变化量最大化；

在没有被测物的情况下，调整 $C3$ 、 $C4$ 使得双通道频率基本相等为最佳，即两通道频率比值 R 趋近于 1。

以 $C3=10\text{pf}$ ； $C4=20\text{pf}$ ，这组标准配置为例

A、 $R=F_{\text{测}}/F_{\text{参}}$ 、 $R>1$ ，减小 $C3$ ；

B、 $R=F_{\text{测}}/F_{\text{参}}$ 、 $R<1$ ，减小 $C4$ ；

C、 $C3$ 、 $C4$ 随电极结构一起调节。

3、调整检测范围

MC11S 的检测是通过测量电极的检测与参比通道的固定电容相比较来实现。以参比通道的固定电容为中心值，电极的变化最好控制在下面所示之间，超过这个范围电容数值的误差会增大。

参比电容 x50% ---- 参比电容 x150%

测量通道通常并联一个电容，此电容一般为参比电容的一半。

如需调整检测范围，调整两个通道的并联电容即可（结合驱动电流）。

四、液位与开关

MC11S 可以用于液位检测、报警开关。

1、报警开关

寻找最大的变化量，实现开关。

2、液位检测

寻找最大变化量来满足液位判断，同时需要进行校准，保证模组与模组之间的一致性。

五、驱动电流

根据电极面积和结构，调整驱动电流，驱动电流越大，频率越高。通常建议频率控制在 20Mhz 以内。

针对连续液位检测，频率最好控制在 10Mhz 以内，最佳频率在 3~5Mhz 左右。

六、校准

当 MC11S 作为液位检测使用时，需要进行零点校准或者两点校准。建议使用两点校准，提高液位检测精度。

1、零点校准

精度需求不高，比值变化量小于 0.1 时，可只进行零点校准。

校准流程：

- 1) 确保在无被测物的情况下，进行校准操作。
- 2) 采集双通道频率比值经多次平均后作为零点保存。
- 3) 通过实时检测的频率/比值，与零点做对比，判断液位变化。

示例：

比值差 R_{ths} ，结合预设档位确认当前液位信息，计算公式如下：

$$R_{ths} = (R_{zero} - R) \times 1000$$

R_{zero} ：空载时写入的 $F2/F1$ 的比值， $R = F2/F1$ ， $F1$ 表示通道 1 测试的频率， $F2$ 表示通道 2 参比的频率。

2、两点校准

精度需求高，比值变化量大于 0.1 时，需要进行两点归一化校准。

校准流程：

- 1) 确保在无被测物的情况下，进行一点校准操作。
- 2) 采集双通道频率比值经多次平均后作为零点保存。
- 3) 确保在有被测物的情况下，进行二点校准操作。
- 4) 采集双通道频率比值经多次平均后作为满点保存。
- 5) 通过频率在两点之间的变换，计算对应归一化数据，判断液位变化。

示例：

频率归一化数值 SF，结合预设档位确认当前液位信息，计算公式如下：

$$SF = (R_{zero} - R) / (R_{zero} - R_{full}) * 1000$$

R_{zero}：空载时写入的 F2/F1 的比值，R_{full}：满载时写入的 F2/F1 的比值。

R=F2/F1，F1 表示通道 1 测试的频率，F2 表示通道 2 参比的频率。

由于电路存在一定非线性，当测量通道和参比通道测得的数据相差较大时，两者的比值存在一定误差，此时比值 R 需要再乘一个修正系数 Coeffix。Coeffix 的值可参考《MC11S 数字电容传感芯片产品手册》第 6.3.3 电容计算章节的修正系数表，根据当前比值 R 查出对应的修正系数。对于表中没有的修正系数值，可利用相邻的两个数据点，进行数据拟合得到。

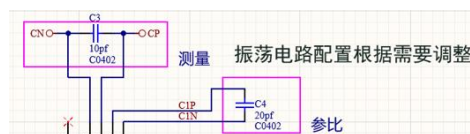
七、电容计算

若要将测量电极检测到的频率计数解算成电容值，MC11S 需要同时测量被测通道和参比通道的频率计数值，根据两者的比值计算出当前的被测的电容值，公式如下：

$$C_{SENSOR} = \frac{DATA_{参比}}{DATA_{测量}} \cdot C_{参比} \cdot Coef_{fix}$$

以 LDM 通用模组为例，被测电容 C_{SENSOR} 的计算公式为：

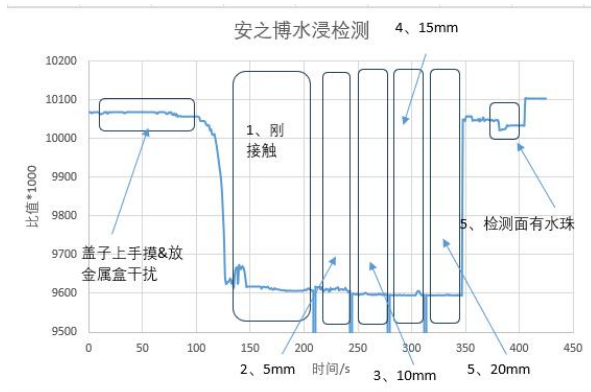
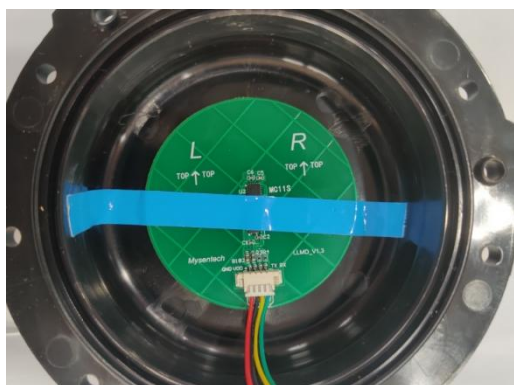
$$C_{SENSOR} = \frac{DATA_{参比}}{DATA_{测量}} \cdot 20 \cdot Coef_{fix} - 10$$



其中 Coef_{fix} 的值可参考《MC11S 数字电容传感芯片产品手册》第 6.3.3 电容计算章节的修正系数表，根据当前比值查出对应的修正系数。对于表中没有的修正系数值，可利用相邻的两个数据点，进行数据拟合得到。

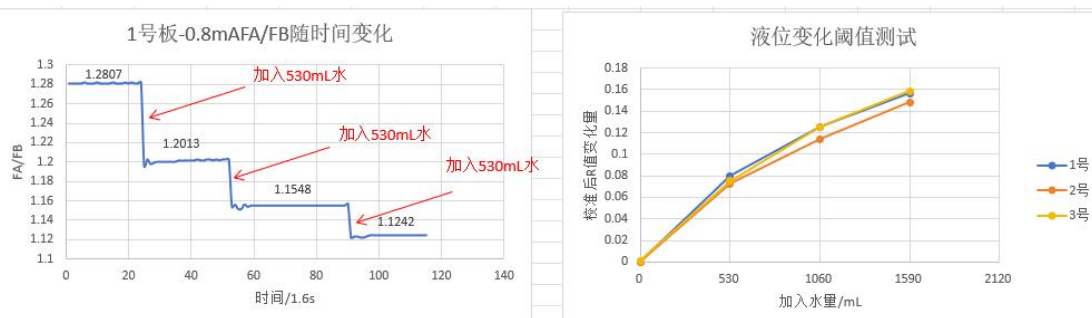
八、案例

1、井内水位报警开关



安装在井内，有水检测报警。安装壳体壁厚达 5mm，有振动，潮湿凝露，高湿度淤泥等干扰需要排除。

2、水箱液位检测



蒸烤箱水箱液位检测，分三档，零点校准即可满足需要。

3、水龙头接近



检测人体靠近情况, 开关水龙头。利用分体结构形成感应电极进行判断。MC11S 具有更强的抗干扰能力, 可防止误触发。