

TC301D 电容式液位检测应用指南

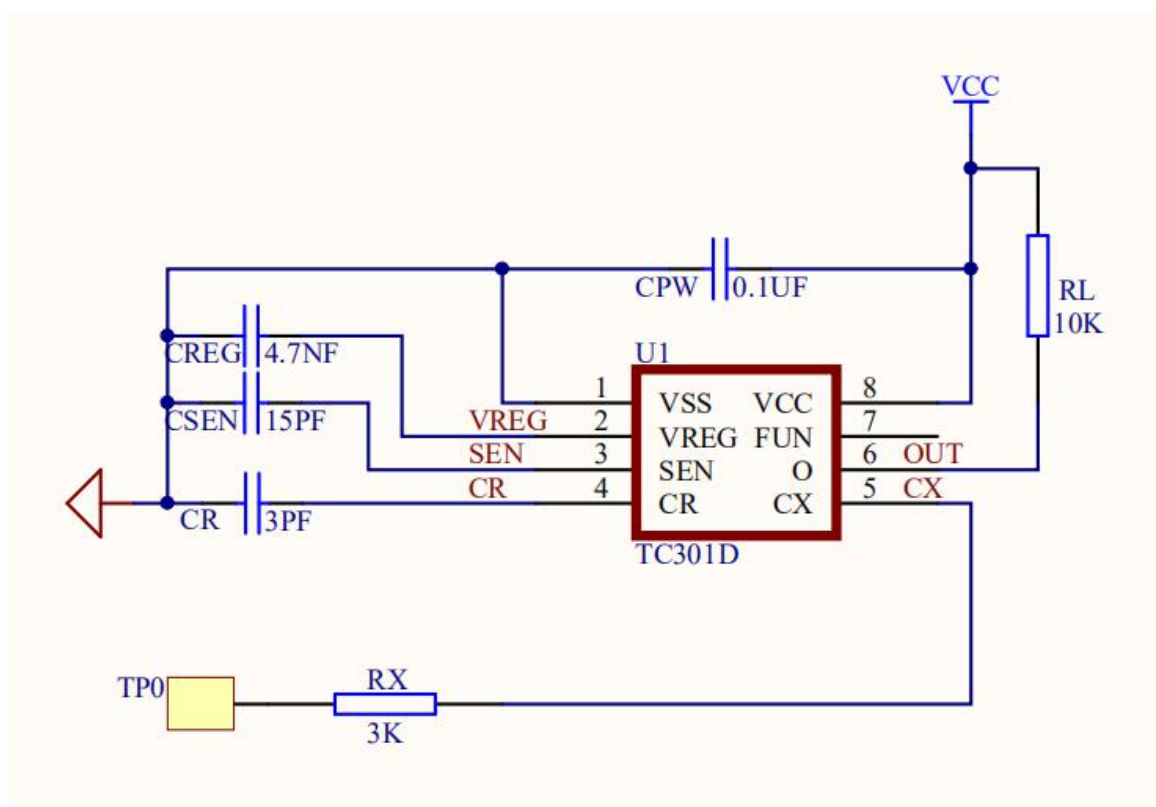
目录

目录.....	1
1. 原理说明.....	2
2. 如何选择液位阈值.....	3
3. 感应 PAD 面积，液体量，容器厚度和电容采样值的关系.....	4
4. 测试案例.....	7
5. PCB 版图注意事项.....	10

1. 原理说明

电容式液位检测一般应用于非金属容器中的液位检测（用于金属容器的话，就需要打个孔，使用金属探针插到液体里面）。在这个应用中需要在**非金属容器外壁紧密贴合一个有一定面积的金属片**，这个金属片要连接到芯片的 **CX** 管脚。在液体没过金属片的过程中，**CX** 管脚上的寄生电容会逐渐增加，芯片可以检测电容的改变从而判断液体是否没过感应焊盘。

应用原理图：



TC301D 芯片随时检测 **CX** 端口和 **CR** 端口的寄生电容，如果 **CX** 端口的寄生电容大于 **CR** 端口的寄生电容，**OUT** 端口输出低电平，否则 **OUT** 端口为高阻态。简单的说 **CR** 端口接的 **CR** 电容就是设置**水位检测的界限值**。另外 **SEN** 端口外接的 **CSEN** 电容也对上述界限值有影响，但是影响不大，可以理解为 **CR** 是对界限值的粗调，**CSEN** 是对界限值的细调。对于界限值的影响，**CR** 有 0.1pf 的变化量大约相当于 **CSEN** 有 9pf 的变化量。

大多数应用中 **CR** 调整范围是 2pf~20pf，**CSEN** 调整范围是 10pf~100pf。

2. 如何选择液位阈值

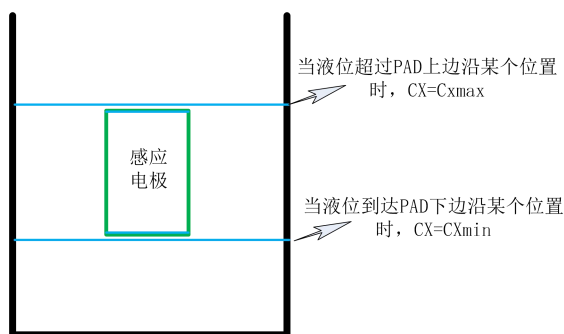


图2-1

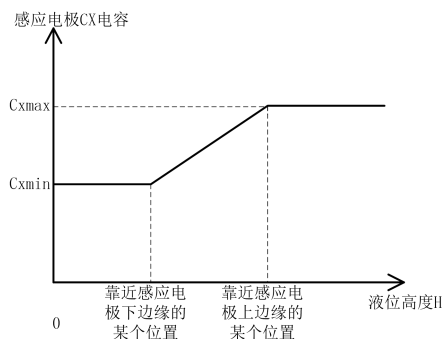


图2-2

图 2-1 和图 2-1 反应了液位变化和感应电极上 CX 寄生电容的变化情况。当 CR 在 CXmin 和 CXmax 的范围内时，芯片都可以正常工作。但还是建议取 $CR=1/2 (CXmin+CXmax)$ ，此时，液位阈值的错误容限是最大的。

其它影响液位阈值的主要因素：

产品结构因素：

- 感应 PAD 面积：感应 PAD 越大，引入的电容变化量越大。
- 容器壁的厚度：容器壁越薄，引入的电容变化量越大。
- 液体的种类：纯净水、油类液体引入的电容变化量小于矿泉水、自来水引入的电容变化量。
- 液体量：液体的量越多引入的电容变化量越大。

所以，在其它因素固定的情况下，增加感应 PAD 面积、选用高精度 CR 电容可以提高产品量产时的一致性。

3. 感应 PAD 面积，液体量，容器厚度和电容采样值的关系

以下表格测试条件：CSEN=20pf，容器壁材质为亚克力，感应 PAD 为贴在亚克力表面的铜箔，铜箔连接到 CX 管脚。

0.5mm 厚度亚克力

液体量 \ 感应 PAD 尺寸 \ 电容计数值	10*10(mm*mm)		10*20(mm*mm)		10*30(mm*mm)		10*40(mm*mm)	
	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值
无水	1124	0	1142	0	1151	0	1164	0
50ml 水	1225	101	1253	111	1286	135	1288	124
100ml 水	1237	113	1272	130	1321	170	1317	153
10 升水	1303	179	1517	375	1677	526	1686	522

1.0mm 厚度亚克力

液体量 \ 感应 PAD 尺寸 \ 电容计数值	10*10(mm*mm)		10*20(mm*mm)		10*30(mm*mm)		10*40(mm*mm)	
	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值
无水	1128	0	1141	0	1178	0	1185	0
50ml 水	1193	65	1235	94	1269	91	1281	96
100ml 水	1201	73	1253	112	1291	113	1302	117
10 升水	1269	141	1421	280	1557	379	1620	435

3.0mm 厚度亚克力

液体量 \ 感应 PAD 尺寸 \ 电容计数值	10*10(mm*mm)		10*20(mm*mm)		10*30(mm*mm)		10*40(mm*mm)	
	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值
无水	1151	0	1162	0	1181	0	1192	0

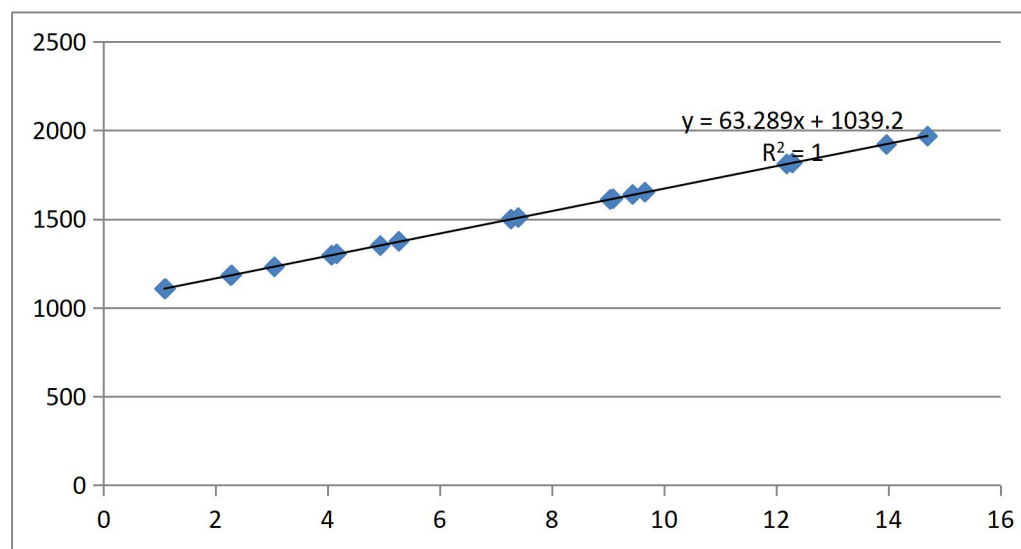
50ml 水	1185	34	1212	50	1237	56	1253	61
100ml 水	1190	39	1218	56	1249	68	1261	69
10 升水	1212	61	1269	107	1326	145	1379	187

5.0mm 厚度亚克力

液体量	感应 PAD 尺寸		电容计数值		10*10(mm*mm)		10*20(mm*mm)		10*30(mm*mm)		10*40(mm*mm)	
					绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值	绝对值	和无水状态的差值
无水					1158	0	1175	0	1182	0	1201	0
50ml 水					1176	18	1206	31	1219	37	1239	38
100ml 水					1179	21	1211	36	1226	44	1250	49
10 升水					1195	37	1246	71	1282	100	1334	133

CR 为不同电容值时电容计数值 T 的变化。

CR(pf)	T(次数)(D)		CR(pf)	T(次数)(D)
1.09	1107		7.40	1509
1.11	1108		9.04	1611
2.27	1182		9.09	1615
2.29	1185		9.44	1639
3.05	1231		9.66	1652
4.07	1296		12.19	1811
4.16	1304		12.29	1817
4.94	1351		13.97	1921
5.27	1375		14.70	1968
7.27	1500			



T 随 CR 的变化趋势线 $y=63.28x+1039$ (x 单位为 pf)。

举例说明：当容器壁厚为 5mm，感应焊盘为 10mm*20mm 时，无水时电容计数为 1175，10 升水覆盖感应电极时电容计数为 1246，根据公式 $y=63.28x+1039$ 可以反推出无水时 CX 电容为 2.15pf，10 升水覆盖时，CX 电容为 3.27pf。当 CR 电容选择 2.71pf 时，阈值正常工作的容限为 0.56pf 左右。

需要注意的是，因为应用实际条件不同，上面的数据只做参考。

4. 测试案例

下面以一个实际的测试案例做详细说明：测试前准备好 1pf、3pf、9pf 容值的电容。

- 先将 CSEN 固定在一个适当的容值，一般为 15pf。再调节 CR，可以先用 3pf。
- 每次安装前先用手触摸测试模块是否好用，防止由于焊接问题导致的模块功能不正常。要注意，有可能出现一上电直接输出低电平的现象，这是因为此时 $CX_{min} > CR$ ，OUT 端口便会直接输出低电平了。若出现此现象，可将 CR 直接增大 1pf 再测试。用手测试功能正常后，先断电，将模块安装固定好以后再上电。因为上电状态下安装，手可能会摸到模块上的灵敏度电容，从而导致功能异常。
- 要注意，有可能出现，无水的情况下，将模块安装在容器壁上以后，一上电直接输出低电平的现象（下图中就出现了这个现象，对应图中灯亮），说明此时 $CX > CR$ ，OUT 端口直接输出低电平。若出现这种现象，在 CR 上并联一个 1pf 电容，此时 $CR=4pf$ 。



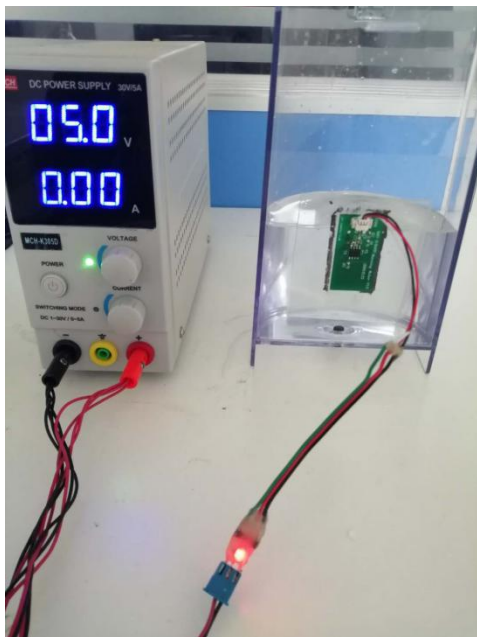
- 将水从远离模块的一侧慢慢倒入容器，直到模块检测到有水，停止倒水。如下图中，水位在将要到达但还未到达感应 PAD 的上边沿才感应到，说明此时的灵敏度是比较低的。

保持水位不变，断电重新上电，可以检测到有水；反复倾斜容器，使水反复离开和接近感应 PAD，可以稳定的检测到有水和无水。

若 CR 增大到 5pf 测试，必然会出现即使水位完全没过感应 PAD 也检测不到的现象。说明高灵敏度界限值在 3Pf 到 4Pf 之间，低灵敏度界限值在 4Pf 到 5Pf 之间。



- 保持 $CR=4P$ ， $CSEN$ 并联一个 $9Pf$ 电容测试，发现水位在没过感应 PAD 的上边沿时检测到有水。
保持水位不变，断电重新上电，可以检测到有水；反复倾斜容器，使水反复离开和接近感应 PAD ，可以稳定的检测到有水和无水。



- 重复步骤 5，测试发现 $CSEN$ 并联 2 个 $9Pf$ 电容后，即使水位完全没过感应 PAD 也检测不到有水。按上面的表格换算一下，即低灵敏度界限值为 $CR=4.1Pf$ ， $CSEN=15Pf$ 。
- 继续寻找较高的灵敏度界限值，将 CR 换回 $3Pf$ ， $CSEN$ 并联一个 $9Pf$ 电容，无水状态下一上电仍然输出低电平。反复测试发现， $CSEN$ 并联 5 个 $9Pf$ 电容后，水位在到达感应 PAD 的下边沿时检测到有水。
- 保持水位不变，断电重新上电，可以检测到有水；反复倾斜容器，使水反复离开和接近感应 PAD ，可以稳定的检测到有水和无水。换算一下，即高灵敏度界限值为 $CR=3.5Pf$ ， $CSEN=15Pf$ 。

由此可以判断，在 $C_{SEN}=15\text{Pf}$ 时， CR 可以调整的范围为 $3.5\text{Pf}-4.1\text{Pf}$ ， CR 可以取这个范围中间的值，如 $3.7\text{Pf}/3.8\text{Pf}$ 。

5. PCB 版图注意事项

- VCC 和 VSS 电源线要单独走线，不能和其它芯片（单片机和 LCD 驱动芯片等）共用电源走线。以免使其 它芯片的干扰信号通过电源线引到触摸芯片。
- CR、CSEN、CREG、CPW 四个电容必须靠近芯片相应的引脚放置。感应线上串联的 CX 电阻，靠近芯片放置为宜。
- 感应焊盘的正反两面及其周围不能铺地。感应焊盘和铺地之间距离大于 1.5mm。
- 感应连线 and 感应焊盘优先布局。芯片靠近感应焊盘放置，感应连线直接引到感应焊盘。感应连线线宽尽可能小。感应连线周围不能走其他电源线和信号线。如果实在不能避免，其他走线要垂直跨过感应连线。