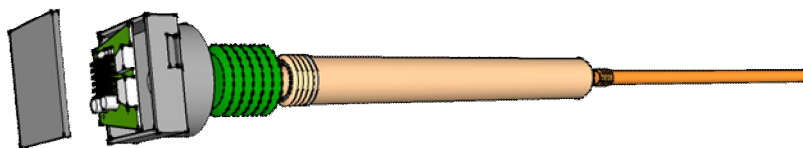


PUSIROBOT

油箱液位传感器

概要设计



目录

1	引言	4
1.1	知识产权保护申明	4
1.2	免责声明	4
2	概述	5
2.1	方案目标	5
2.2	技术特性	5
3	硬件设计方案	6
3.1	硬件结构图	6
3.1.1	硬件结构描述	6
3.1.2	安装尺寸	6
3.2	硬件功能说明	7
3.2.1	电气设计规范	7
3.2.2	机械设计	7
3.2.3	检测电路设计	7
3.2.4	电源设计	7
3.2.5	连接器设计	8
3.2.6	状态指示灯	8
3.2.7	通讯接口	8
3.2.8	安规及产品设计寿命	8
4	软件设计方案	9
4.1	软件结构示意图	9
4.1.1	软件结构描述	9
4.1.2	底层软件	9
4.1.3	指令结构	10
4.1.4	预存指令	10
4.1.5	校准模式	11
4.1.6	漂移补偿	11
4.1.7	滤波器设计	11
4.1.8	线性度校正	11
4.1.9	警告及异常处理	12
5	项目周期预估	12

1 引言

1.1 知识产权保护申明

PMCxx 系列控制器设计方案中所用的软件、算法、电路已经申请如下国家专利：

- 控制器算法已申请发明专利保护。
- 控制器电路已申请实用新型专利保护。
- 控制器软件已申请著作权保护。

PMCxx 系列控制器内嵌固件代码，任何试图破坏固件代码保护功能的行为均可视为违反了知识产权保护法案和条例。本方案中使用的上位机控制软件及其控制方案均属于 CQPUSI 的知识产权，在未经 CQPUSI 授权的情况下复制、散布或实施反向工程，均可视为违反了知识产权保护法案和条例，CQPUSI 有权依据该法案提起诉讼制止这种行为。

1.2 免责声明

本方案中所述的设备信息、软件操作内容及图示、方案描述等内容仅为您提供参考，而不能作为最终的产品依据，它们可能在未来版本中被更新。CQPUSI 对这些信息不作任何形式的声明或担保，包括但不限于使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。CQPUSI 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。

如果将 CQPUSI 的设计方案或设备用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 CQPUSI 免于承担法律责任和赔偿。

2 概述

2.1 方案目标

本传感器方案是为汽车燃油箱提供燃油液位检测功能，并与车载控制系统进行通讯交互。本设计采用高性能嵌入式处理器和成熟的电容式检测电路，以及专用低漂移低噪声滤波算法，实现对燃油液面的实时检测功能。

为了更好的满足汽车级传感器对精度、稳定性、温度等方面的应用需求，保证软件操作和硬件接口的兼容性，降低整体成本，需要对传感器硬件、嵌入式软件、通讯接口等实施高度定制化开发。

本文档描述该传感器的概要设计方案，包括硬件方案设计、底层软件设计、驱动及调试软件设计、组装测试方案设计、研发周期及风险预估等。

2.2 技术特性

- ✓ 宽范围单电压输入 VDC9~30V；
- ✓ 10~10000pF 宽范围检测；
- ✓ 最大 2S 响应时间；
- ✓ +/-0.5%满量程精度；
- ✓ 自动量测范围调整功能；
- ✓ 指令可配置液面通知；
- ✓ 指令空针校准；
- ✓ 温度自动补偿功能；
- ✓ 一体化抗震动设计；
- ✓ 标准 canopen ds301 接口支持；
- ✓ 系统异常检测及警报

3 硬件设计方案

3.1 硬件结构图

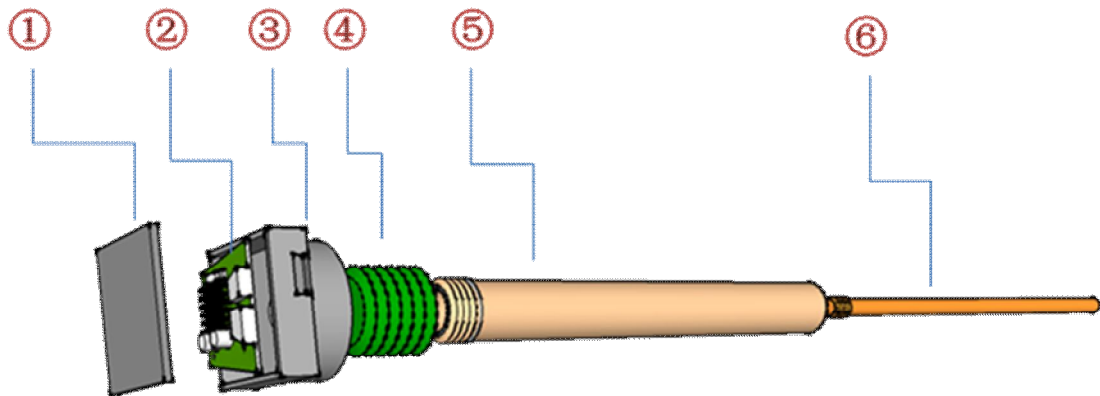


图 3-1

3.1.1 硬件结构描述

本方案根据电容式检测原理设计，采用双层金属探针结构，接口处采用密封耐油型橡胶垫，控制电路位于顶部的外壳中，整体结构均无任何活动部件，与浮子测量方式相比，具有更高的精度和可靠度。以下是主要部件说明：

标号	用途	类型	备注
①	电路板盖子	定制	耐温耐油塑料
②	电路板	定制	
③	电路板外壳	定制	耐温耐油塑料
④	连接件	定制	耐温耐油塑料
⑤	外层金属探针	定制	
⑥	内层金属探针	定制	

3.1.2 安装尺寸

本设计方案的结构尺寸长度、宽度、安装孔位置和孔径均按照油箱图纸要求设计。安装方式如下图所示。

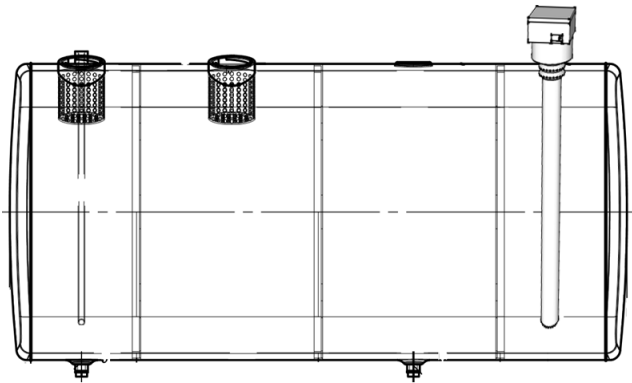


图 3-2

3.2 硬件功能说明

3.2.1 电气设计规范

本传感器方案采用宽范围单电压供电，内置电源转换模块为处理器和检测电路供电。为了满足传感器户外使用的严苛工作环境和可靠性要求，设计时采用汽车级元器件及冗余设计技术。以下是主要电气特性规格表：

项次	规格	设计参数	备注
1	Supply Voltage	9~30VDC	12V 供电时 不含上电校准
2	Supply Current	200mA	
3	Capacitance Range	10~10000pF	
4	Response Time	≤2S	
5	Accuracy	0.5% of full span	
6	ESD	8kV air, 4kV contact	
7	Surge	2kV	
8	CAN Interface	CAN 2.0B 1Mbps	
9	Electrode Input Impedance	≥1MΩ	
10	Temperature	-40 ~ +80	

3.2.2 机械设计

本传感器采用一体化设计，内外层金属探针通过螺纹连接到传感器本体上，本体通过弹性耐油橡胶固定在油箱的顶端，燃油自动填充两层探针之间的空隙形成待测电容，没有任何主动液路及活动件，整体结构比较简单，从而具有更好的可靠性。为了使得极间分布电容尽量小，探针连接件应该采用介电常数稳定的高阻抗材料，同时，双层金属探针与电路板应采用低阻抗连接。

3.2.3 检测电路设计

为获得更好的稳定性和检测精度，本设计采用差分式电容检测方案。主要功能模块如下图所示，处理器输出激励信号，通过采样、滤波、补偿、增益控制等模块，实现对燃油液位电容值的稳定检测，其中各模块参数均可由通讯接口实现软件控制。

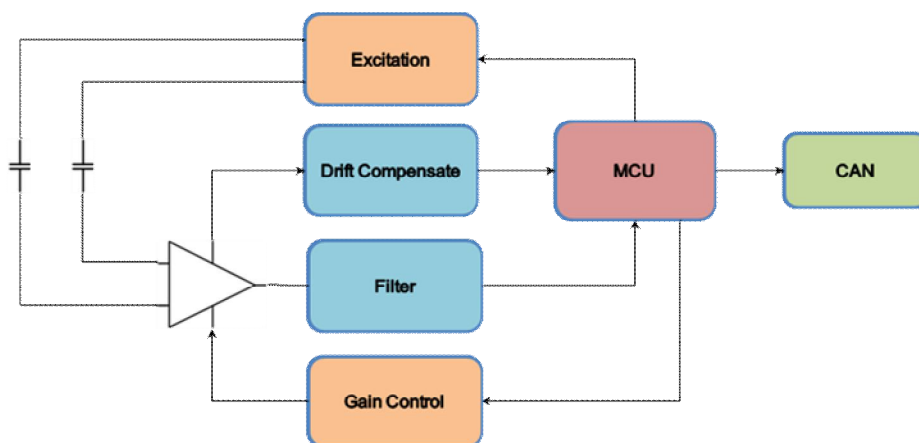


图 3-3

3.2.4 电源设计

根据应用要求，传感器使用车载蓄电池供电，基于车载电源的强干扰、高浪涌等特点，会

对精密模拟电路造成严重影响，特别是控制环路的影响，如下图，因此需要对传感器电源做特殊处理。本方案对 CAN 总线接口和内部核心电路分别做抗扰动设计，确保在电源网络和通讯网络处于干扰状态时传感器工作正常。

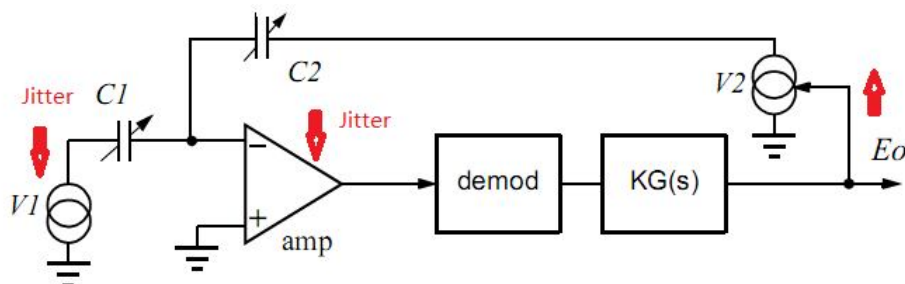


图 3-4

3.2.5 连接器设计

传感器包含一个 AMP 4Pin 汽车连接器接口，用于通讯和电源连接，线对板连接器的选型，需要兼顾防尘防油污和结构的扁平化。考虑到主接口可能实现热插拔功能，在设计上需要进行如下特殊处理：

- 对连接器的 Pin 脚尺寸和位置进行定义；
- 对主电源输入进行 soft start 和 filter 设计；
- 对内部逻辑电源进行 power on sequence 控制设计；
- 对信号接口实现 buffer 和 latch 设计；
- 对嵌入式软件做 timing 设计；

3.2.6 状态指示灯

传感器共有两个指示灯：Life 和 Status。当控制板正常时，绿色 Life 指示灯闪烁；当控制器正在与上位机进行通讯交互时，红色 Status 指示灯亮。根据应用情况，可通过软件接口关闭任何一个。

3.2.7 通讯接口

传感器使用 CAN 2.0B 接口，电气上采用全隔离设计，由控制产生单独的 5V 供电给 Transceiver，通讯协议采用工业标准 Canopen DS301。

3.2.8 安规及产品设计寿命

传感器采用成熟的 EMC 设计流程，确保能满足 CE 及其他认证标准，根据认证实验室的规定，相关流程及费用将另行约定。产品的使用寿命，与工作时间直接相关，主要被动器件的使用寿命大约在 10000~50000h，这个是由当前的材料工艺水平决定的。

4 软件设计方案

4.1 软件结构示意图

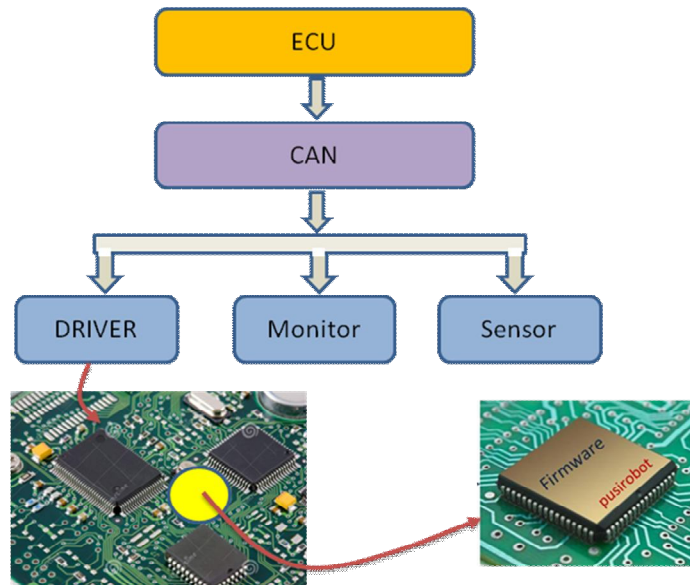


图 4-1

4.1.1 软件结构描述

软件系统主要包括调试工具软件、底层固件。根据项目使用的需要，基于 PC 端的调试工具软件另行约定，控制板底层固件代码则需要全新开发。

4.1.2 底层软件

传感器底层嵌入式软件提供通讯处理，外围电路控制，及检测算法等功能。外围电路控制包括对激励波形和频率自适应控制、采样周期及增益控制、漂移补偿电路控制等；检测算法主要是对控制环路、FFT、Filter 等软件算法的实现，其主状态机流程如下图所示。

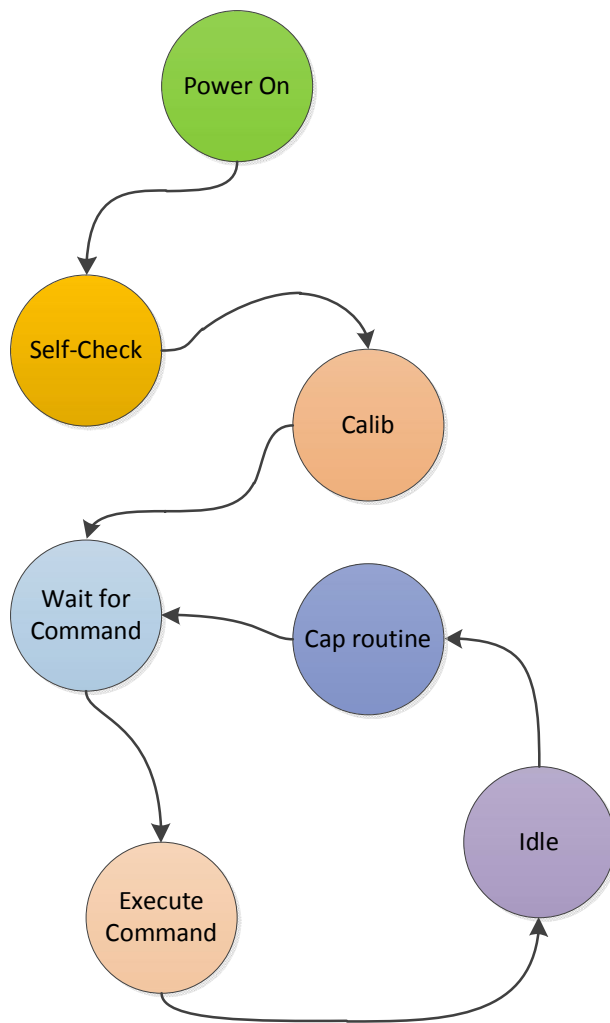


图 4-2

4.1.3 指令结构

传感器采用标准 CANOPEN DS301 协议，上位机可通过该协议与底层软件进行通讯交互，其帧格式如下所示，数据字典由 PUSIROBOT 定义。

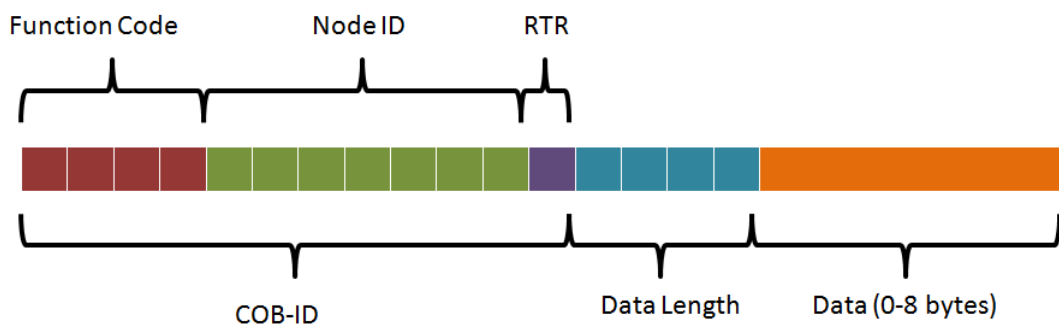


图 4-3

4.1.4 预存指令

传感器支持写入预存指令到 EEPROM，并可配置为上电自动执行。注意在线命令和预存指令不可同时执行。控制器支持的最大预存指令数为 128 条。

4.1.5 校准模式

传感器在第一次安装到新型号的油箱上时，需要执行校准，以获取空针和满针时的油箱分布电容参数。这些参数可以在后续的批量安装之前被工具软件或 ECU 写入，避免每个传感器都要执行同样的校准过程。校准完毕后，获取的参数将会自动写入到内部非遗失存储器中，后续每次开机上电时，嵌入式软件系统将会自动加载这些参数。

4.1.6 漂移补偿

两个电极之间的电容值会因为温度和湿度变化而发生偏移。除了硬件电路需要设计负温度系数补偿外，需要嵌入式软件上做补偿算法。经验数据表明，在精度 $\leq 200\text{fF}$ 的一般应用中，电容偏移值将在可接受的范围内，如下图左所示。因此在封闭的油箱环境，温度补偿算法将起主要作用，其中包括电子元器件的补偿、介质补偿和探针温度形变补偿。使用本公司 pcs0801 连接双层不锈钢试剂针获得的温度系数如下右图所示，可以看到波形呈现温度的线性度。

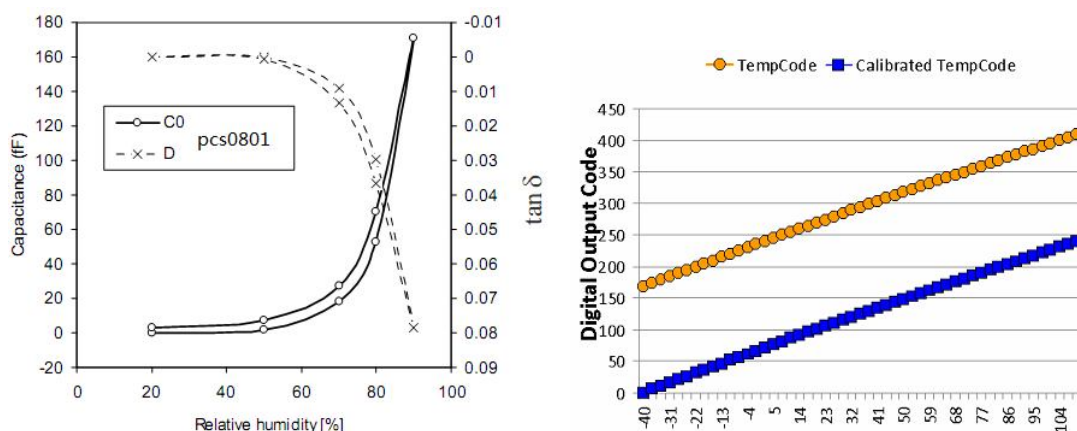


图 4-3

4.1.7 滤波器设计

在汽车油箱应用中，由于环境各类干扰较大，噪声频带分布较宽，需要设计多个滤波器来处理信号数据。同时，汽车在行驶过程中的颠簸也会造成液位检测结果发生异常变化，如下图所示，高频段噪声更多由电源网络或电磁辐射引入，通过设计合适的滤波器系数可以消除这些干扰。

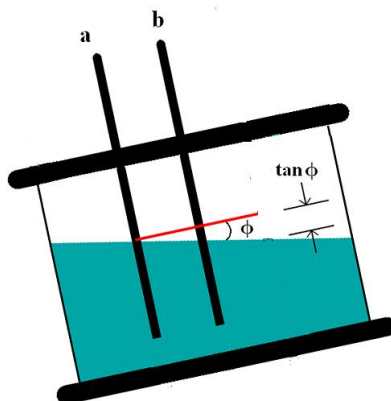


图 4-4

4.1.8 线性度校正

当燃油液面在双层探针的圆环内匀速上升或下降时，呈现的电容值变化将是一个包含指数函数的二次多项式，因此需要软件算法做线性度拟合校正。在每个计算周期内，处理器根据检测

结果和预存储在 EEPROM 中的参数值，对液位高度做拟合校正，以获得最佳的线性度。

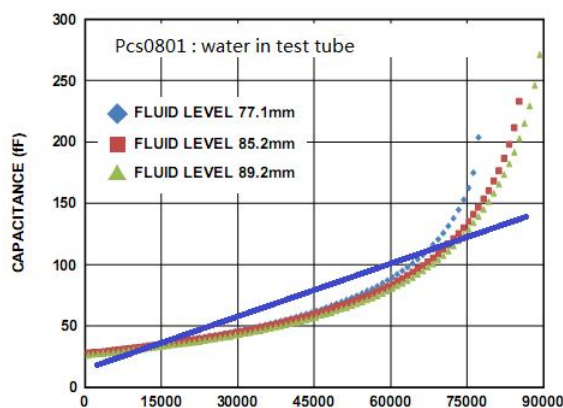


图 4-5

4.1.9 警告及异常处理

控制器软件内置异常处理机制，当开机自检异常或者运行中出现异常时，会以指示灯方式显示，如果配置了 PDO 报文，CANOPEN 接口也会自动上报异常状态字。典型的异常包括探针短路、过热、欠压、指令错误等。

5 项目周期预估

序号	任务/进程	工作量预估	时间区间	备注
1	设计规格确认	25 Man-day	2018/1/20-2018/4/15	商务已签订
2	第一版硬件电路设计	33 Man-day		
3	第一版探针结构设计	15 Man-day		
4	第一版外壳及连接件设计	25 Man-day		
5	嵌入式软件开发	65 Man-day		
6	第一版硬件电路调试	30 Man-day		
7	第一版结构件打样	40 Man-day		
8	第一版硬件组装测试	20 Man-day		
9	第一版软硬件联合测试	40 Man-day		
10	第二版硬件电路设计	20 Man-day		
11	Alpha 测试	45 Man-day		
12	Beta 测试	40 Man-day		
13	耐久、老化和极限测试	60 Man-day		
14	测试问题修正及回归	45 Man-day		
15	样机交付确认	30 Man-day		
16	认证检测	N. A		
17	产线工装准备	35 Man-day		
18	量产测试工装	35 Man-day		
19	制程/检验规范	30 Man-day		

Total: 633

备注：此章节仅作为预估参考，实际开发周期要求以合同约定为准。