

## 软件开源，航芯方案分享 | 全自动咖啡机设计方案

如今，随着人们生活节奏不断地加快，生活水平日益提高，咖啡作为世界上最流行的饮品之一，已然走进人们的日常生活，逐渐被越来越多的人所喜爱。随之而来的“咖啡机”也变得愈加流行。酿制一杯完美的咖啡，需要借助专门的咖啡机来完成。咖啡机用 10 个左右的大气压力，迫使 90°C 左右的热热水穿过 10 克左右经过挤压的咖啡粉，汲取咖啡粉中的咖啡脂等芳香物质，并与热水达到充分溶合后流入杯中，整个过程需要在 18-28 秒内完成，以便有效地避免过分提取所造成的不良味道。显然，制作一杯高品质的咖啡，咖啡机起着决定性的作用。

本文将介绍基于上海航芯 ACM32F070 的咖啡机设计方案。

### 咖啡机概述

现在市面上的咖啡机有很多，按照操作方式可以将其分为两大类型：半自动和全自动。



半自动



全自动

图 1. 咖啡机分类图

**半自动咖啡机主要特点：**由人工操作磨粉、压粉、装粉、冲泡、清除残渣等，机器结构简单、容易维护、使用方便。其缺点是：对操作者要求高，操作者要经过严格的培训才能使用这种机器制作出高品质的咖啡，且工作效率较低。

**全自动咖啡机主要特点：**实现了磨粉、压粉、装粉、冲泡、清除残渣等酿制咖啡全过程的自动控制，使用更加方便、快捷、品质一致、高效率，对操作者要求不高，无需培训。其缺点为：结构比较复杂，需要良好保养，维护费用较高。但由于其优点突出，使得它越来越被众多客户所喜爱。

本次介绍的咖啡机设计方案是一个全自动咖啡机，可以按照最科学的数据和程序来酿制咖啡，而且设有完善的保护系统，使用起来简单方便，只需轻轻一按就可以得到咖啡。用户可以设置水温、咖啡碾磨粗细度，能够自动碾磨咖啡豆；用户还可以根据需要选择制作单杯或者同时制作双杯咖啡，同时还提供大杯、中杯、小杯三种选择。除了制作咖啡以外，本咖啡机还能制作热水和蒸汽。其中热水可以用来泡茶或其它饮品等；蒸汽则可以用来加热牛奶或其他饮品，高压蒸汽还可以把牛奶乳化，制造出芳香的奶沫。可以为用户提供多样化的、轻松快捷的服务。

## **芯片特性**

ACM32F0X0 系列是一款支持多种低功耗模式的通用 MCU。集成 16 路 Touch 触摸按键、12 位 1.6 Msps 高精度 ADC 以及模拟比较器 COMP、运算放大器 OPAMP、段式 LCD 控制器，内置高性能定时器 TIMER、多路 UART、LPUART、SPI、I2C 等丰富的通讯外设，内建 AES、TRNG、CRC32 等信息安全模块，支持多种低功耗模式，具有高整合度、高抗干扰、高可靠性等特点。本产品采用高性能内核，最高工作频率 64MHz。

资源	ACM32FOX0
最高主频	64MHZ
SRAM	32KB
FLASH	128KB
GPIO	56
外设	UART*3, LPUART, I2C*2, SPI*2, ADC, LVD, RTC, Timer*7, 段码LCD, TKEY*16, OPAMP*3, COMP*2
加密算法	AES256, TRNG, CRC32
功耗	5mA@64HZ, STOP模式<15uA, Standby模式<1uA
封装	QFN32、LQFP32、LQFP48、LQFP64
典型应用	智能门锁、智能家居、小家电、电机控制

图 2. ACM32FOX0 资源图

### 触摸按键 TKEY

ACM32FOX0 芯片内部集成自电容式触摸控制传感器。自电容式触摸控制传感器通过检测电容的变化来检测手指是否触及触摸表面。通过调整检测到的电容变化量来调整触摸的灵敏度。

- 高度集成，最大支持 16 路触摸按键 TKEY；
- 自电容检测范围 5~50pf，灵敏度 0.1pf；
- 支持通道补偿；
- 最大支持 10mm 的触摸面板厚度；

- 支持低功耗睡眠模式，Stop 模式下最低功耗 17uA；
- 支持分别设置工作模式和睡眠模式灵敏度、扫描速度；
- 支持主动屏蔽 Cshield 通道，用于防水控制和增加检测灵敏度；能起到降低寄生电容的作用，也可以降低寄生电容的降低噪声源干扰，在其它导体接近触摸电极时，增加 TKEY 稳定性；
- 支持滤波防抖机制，可以减少误触，以及避免一些静电带来的干扰；
- 支持自适应和自校准机制，降低环境变量的干扰；
- 模拟顾客使用环境，进行了长时间反复测试来确保产品的可靠性，测试方法如下：
  - 1、潮湿环境测试：用水蒸气喷到触摸面板上，使面板结满露水，这时无误触和反应迟钝的现象；
  - 2、溅水和水淹试验：对触摸面板快速喷水，直到面板上形成水洼，并且将几个不同的触摸感应电极淹到一个水洼里，这时无误触、反应迟钝和按 A 键时同一个水洼里的 B 键触发，即按键指东打西现象；
  - 3、高低温测试：-40°C~85°C高低温测试，这时无误触、反应迟钝、死机的现象；
  - 4、电磁干扰测试：使用无线对讲机作为射频干扰源，在触摸面板 20cm 左右进行呼叫和对讲，无误触、反应迟钝、死机现象；
  - 5、电源干扰测试：在电网上形成强烈的高压脉冲群，这时没有误触现象；

6、长时间连续工作测试：样机经过 6 个月不断电长时间工作测试，按键工作正常，无反应迟钝、死机等现象。

### **液晶控制器 LCD**

ACM32F0X0 芯片内部集成一款适用于单色无源液晶显示器( LCD )的数字控制器/驱动器，最多具有 8 个公用端子 ( COM ) 和 40 个区段端子 ( SEG ) ，用以驱动 160 ( 440 ) 或 288 ( 336 ) 个 LCD 元素。

- 高度灵活的帧速率控制；
- 支持静态、1/2、1/3、1/4、1/6 和 1/8 占空比，支持 1/2、1/3、1/4 偏置；
- 多达 16 个寄存器的 LCD 数据 RAM；
- 可通过软件配置 LCD 的对比度，支持 LCD 闪烁功能，且可配置多种闪烁频率；
- 支持 A 类、B 类波形，2 种驱动波形生成方式：
  - 1、内部电阻分压、外部电阻分压；
  - 2、可选的滤波电容；
  - 3、可通过软件配置内部电阻分压方式的功耗，从而匹配 LCD 面板所需的电容电荷；
- 支持低功耗模式：LCD 控制器可在 Active、Sleep、Stop 模式下进行显示。

### **运算放大器 OPAMP**

ACM32F0X0 包含三个独立配置的运算放大器，每个运算放大器有两个输入和一个输出，三个 I/O 可以连接到外部引脚。运算放大器可以在内部配置位一个跟随器，或者是一个可编程增益的放大器。

- 低工作电压，典型工作电压 3.3V；低消耗电流，典型值 115uA；
- 失调电压可修调。

### **模拟比较器 COMP**

用于比较两个输入模拟电压的大小，并根据比较结果输出高低电平。

- 比较器输出可作为定时器的刹车输入或捕获输入；
- 提供软件可配置的滤波时间以增强芯片的抗干扰能力；
- 比较器输出可通过定时器切断。

### **12 位 1.6Msps 高精度 ADC**

支持单端信号转换和差分信号转换，多达 21 个通道，支持最大 16 次可设通道的规则转换，以及 1 次通道可设的注入转换。每次 A/D 转换可以按照单次、连续或间断模式执行。

### **高性能定时器 TIMER**

ACM32F0X0 芯片内置高级定时器，由一个 16 位自动装载计数器组成，由一个 16 位可编程（可以实时修改）的预分频器驱动。高级定时器和通用定时器是完全独立的，它们不共享任何资源，但它们可以同步操作。

- 多达 4 个独立通道（输入捕获、输出比较、PWM 生成、单脉冲模式输出）；可测量输入信号的脉冲宽度（输入捕获），可产生输出波形（输出比较、PWM、嵌入式死区时间互补 PWM 等）
- 支持针对定位的增量（正交）编码器和霍尔传感器电路；
- 支持三相 PWM、死区保护、刹车控制；
- 支持有感、无感、FOC 控制算法；

## 设计方案

本文描述的咖啡机方案，基于上海航芯 ACM32F070 系列的 MCU 进行设计，整体的方案框图如下所示：



图 3. 基于 ACM32F070 咖啡机设计方案框图

**软件资源（触摸按键部分）下载链接如下：**

<https://gitee.com/acm32-mcu/ACM32F0X0-Coffee-TKey-Demo>

<https://github.com/ACM32-MCU/ACM32F0X0-Coffee-TKey-Demo>

## **数码智能控制**

本文论述的设计方案中的人机交互功能是采用 LCD、LED、触摸按键的方式进行实现。共有 1 个段码 LCD 屏、9 个按键和 10 个 LED。按键需实现设备的开关机、模式选择（蒸气模式/咖啡模式）、大中小杯选择、一杯两杯选择、咖啡豆研磨粗细度设置、咖啡浓淡口味设置、温度设置、童锁功能。设备会根据按键指示判定当前所需要执行的操作。10 个 LED 中有 9 个用于按键指示，表示当前正在执行的操作动作；另外 1 个 LED 用于报警指示，主要是设备自检时，如果残渣盒、残水槽、电机、核心部件等未复位则该指示灯闪。LCD 屏用于显示咖啡豆研磨粗细度、咖啡浓淡口味、温度、大中小杯指示、一杯两杯指示。

- 1) 待机：默认待机模式，点击按键开机，指示灯亮，LCD 屏显示；开机状态下长按该键 5S 可以进入蓝牙配对模式。待机时，指示灯灭，LCD 灭。
- 2) 童锁功能：默认启用童锁功能，当童锁功能启用时，其他任何操作按键都会暂时失去其控制功能，避免了儿童因好奇误操作而导致发生危险。童锁功能开启时，该按键指示灯亮红色；关闭时，指示灯不亮。
- 3) 大中小杯选择：咖啡量选择包括大、中、小杯。第一次点击显示当前选择，此时该按键指示灯亮，再次点击可以切换选择，每点击一下，指示灯会闪烁一下，同时 LCD 会全程显示当前选择项。带记忆功能，只需设置一次。

4) 杯量控制：可选择制作一杯咖啡，还是同时制作两杯咖啡。第一次点击显示当前选择，此时该按键指示灯亮，再次点击可以切换选择，每点击一下，指示灯会闪烁一下，同时 LCD 会全程显示当前选择项。带记忆功能，只需设置一次。

5) 咖啡豆研磨粗细度设置：13 档咖啡豆研磨程度，配合咖啡豆和口味，调节咖啡油脂的丰富程度。第一次点击显示当前选择，此时该按键指示灯亮，再次点击可以切换选择，每点击一下，指示灯会闪烁一下，同时 LCD 会全程显示当前选择项。带记忆功能，只需设置一次。

6) 咖啡浓淡口味设置：咖啡豆用量调节，咖啡豆使用越多，咖啡越浓。第一次点击显示当前选择，此时该按键指示灯亮，再次点击可以切换选择，每点击一下，指示灯会闪烁一下，同时 LCD 会全程显示当前选择项。带记忆功能，只需设置一次。

7) 温度设置：4 档可调节咖啡温度。第一次点击显示当前选择，此时该按键指示灯亮，再次点击可以切换选择，每点击一下，指示灯会闪烁一下，同时 LCD 会全程显示当前选择项。带记忆功能，只需设置一次。

8) 蒸气模式选择：当选择蒸气模式时，会开始加热直至达到设定值，在此过程中该按键指示灯闪烁，达到设定值时指示灯常亮。

9) 咖啡模式选择：程序默认为咖啡模式，点击开始制作咖啡，在出咖啡时，用户可以通过点击该按键在任意时刻停止咖啡流出。

## **手机智能控制**

可通过 BLE 蓝牙连接手机，支持手机一键启动；可通过手机设置大中小杯、咖啡豆研磨程度、口味、温度等参数；还支持一键预约，咖啡机会根据设置，制作咖啡，制作好后，咖啡机进入等待出咖啡状态，并通知手机。

## **咖啡机控制器（MCU）的功能**

### **1) 实现咖啡机初始化**

咖啡机连接电源上电，点击待机键开机，MCU 会控制整个咖啡机系统进行系统安全检测、多位行程开关常态检测、水箱水量、咖啡豆量检测、排空残渣等一系列初始化，为制作咖啡或蒸汽做好必要的准备。初始化过程中，如果上述任何一项出现问题，MCU 立马发出报警信号，使报警指示灯闪烁，蜂鸣器鸣叫，只有在排除报警后，方可进行其他操作。

### **2) 制作咖啡**

在咖啡机完成初始化后，系统默认进入咖啡模式，MCU 控制加热器工作，水温上升，此时咖啡指示灯闪烁，在加热过程中，可以点击温度设置按键，调节温度，温度传感器实时检测水温，达到设定值时，咖啡机转入保温状态，咖啡指示灯转为常亮状态，泡咖啡准备就绪。

MCU 可以控制制作咖啡单、双杯且容量可调，第一次点击一杯两杯按键，显示当前选择，再次点击可以切换选择，如果当前是单杯，就切换成双杯；如果当前是双杯，就切换成单杯，在制作两杯咖啡过程中，无法切换成单杯。通过大中小选择键可以选择咖啡的制作量，一般为大、中、小杯。MCU 通过控制水泵的运作，达到对水量的控制。

研磨咖啡粉电机的控制，保证咖啡粉制作量的调节和粗细度，从而控制咖啡口味和口感。此外当检测到有硬物卡在磨中时，最迟在 2 秒后，MCU 控制电机停止运转。

在咖啡制作时，MCU 通过控制电机移动核心部件，将装有咖啡粉不好对齐出水口；在泡完咖啡后再复位，同时将咖啡豆残渣倒入残渣盒。

在出咖啡时，用户可通过按咖啡模式键在任意时刻停止咖啡流出。

### 3) 制作蒸气

在默认咖啡模式下，按下蒸气模式键，MCU 会控制加热器加热，水温继续升高至产生蒸气为止，后续会保持该温度。期间蒸气指示灯由闪烁转为常亮状态。同时 MCU 还要控制对蒸气气压的检测，必须保证气压在规定范围内，保证安全。

在蒸气模式下，按下咖啡模式键，系统会切换到咖啡模式。此时会产生报警，蜂鸣器鸣叫三声，蒸气指示灯、咖啡指示灯、报警指示灯同时闪烁。因为制作蒸气的温度高于制作咖啡的温度，所以需要降温。降温过程中，MCU 会通过温度传感器实时检测水温，当达到制作咖啡要求时。蒸气指示灯、报警指示灯由闪烁变暗，而咖啡指示灯由闪烁变常亮，此时表明咖啡制作准备就绪。

### 结语

本文提出的设计方案主旨是将咖啡机智能化、平民化、提高工作效率、节约时间、解放双手。在提高人们生活的舒适度、便利度的同时，也能达到进一步保证人们生活品质的目的。

了解更多航芯产品&方案：[www.aisinochip.com](http://www.aisinochip.com)