华盛智能实验室

实验报告

实验类别：综合性☐　　设计性 ☑　　其他☐

实验项目：基于 STM32F407VET6 的双通道频率计

姓　　名：张鑫阳

实验号：

实验时间：2026.7.30

一、实验目的：

为了实现用 STM32F407VET6 对于外部输入的方波（高 3.3V 低 0V）进行计数即频率计算，适配后期经比较器电路传输出的电信号。

1. 掌握 STM32F4 系列微控制器的通用输入输出（GPIO）、外部中断（EXTI）、定时器输入捕获及 PWM 输出等外设的配置与使用方法。

2. 理解两种不同的频率测量原理：基于软件中断计数的脉冲计数法和基于硬件定时器输入捕获的周期测量法。

3. 学习通过 I2C 总线驱动 OLED 显示屏（SSD1306），实现测量数据的实时显示。

4. 对比分析两种频率测量方法在不同频率下的精度与适用场景，评估其优缺点。

主要仪器名称	型　　号	仪器编号
开发板	STM32F407VET6	
数字信号发生器	AFG1022	
OLED 显示屏（I2C 接口）	SD1306	
杜邦线及其他器件若干		

三、实验原理（或设计方案）：

本项目基于 STM32F407VET6 微控制器，设计双通道频率计。通道 1（PA1）采用 EXTI 外部中断上升沿触发，配合 1 秒软件计时窗口统计脉冲个数，直接得到频率值；通道 2（PA6）采用 TIM3 输入捕获模式，测量相邻两个上升沿之间的定时器计数值（周期），通过公式“频率 = 1MHz / 周期”换算频率。板载 PA2 输出 PWM 方波作为内部测试信号源，OLED 实时显示两路频率。

PA2 引脚进行 PWM 输出：默认输出 500kHz 方波（占空比 50%），可用于内部测试。比较设置的频率值与屏幕上实时显示的 PA1,PA6 的频率值，比较在不同频率下两种计数方式的准确性与优劣性。

四、实验步骤：

1.按照设计方案与引脚配置连接好实验电路，注意先上电再输入信号，否则可能因为环地干扰出现 OLED 不亮等情况。

2.两个引脚分别与 PA2 连接，进行自检，可以调整 PA2 引脚 PWM 的输出来观测 PA1 与 PA6 的频率测试结果。

3.外接信号发生器，记得实验版的地与信号发生器的地相连，红夹子与 PA1，PA6 依次相连，观测 PA1 与 PA6 的频率测试结果。

4.比较自测结果与外接信号测试结果的区别。

五、实验记录：

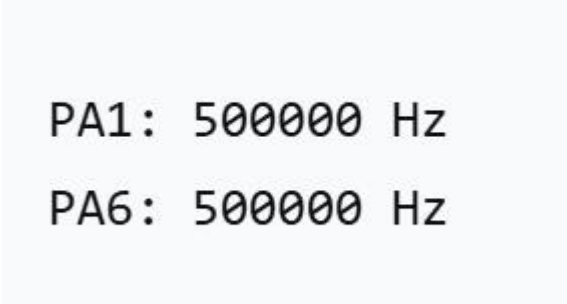
1.两个引脚空置的时候屏幕上 PA6 有示数，因为 PA1 设置了下拉而 PA6 浮空相当于天线会捕捉空气中的 220V,50Hz 的市电，示数在 100hz 左右。

2.两个通道自检的时候，PA6 与 PA2 相连，PA6 的示数非常准确，没有 1Hz 的误差，而 PA1 与 PA2 相连的时候会有误差，不及 PA6 准确（中高频如 500kHz 时）。

更改 PWM 方波数据的时候，需要注意它与开发板用的时钟相关，时钟性能在一定程度上会决定它频率的调节范围，如本实验中 PA2 最高只能输出 500kHz 的方波.

3.外接信号发生器时，在中高频时如 38.4kHz 时，PA6 示值会有几十 Hz 的误差，而 PA1 只有 1Hz 的误差；在高频如 500Hz 的时候，PA6 示数几乎没有误差，而 PA1 会有 10Hz 左右的误差。

4.屏幕上的显示大致为（下图数据不作为实验参考）：



六、数据处理及分析：

1.对于 PA6 空载时的异常显示，这是由于设定为输入捕获之后无法设置其为下拉，它只能为浮空，可以在它和地之间接一个 10K 左右的下拉电阻解决。也尝试过使用软件削弱，设置 ICFilter = 8，启用数字滤波器，数值略变小但不会消失，同时考虑直接将低频≤20hz 设置为噪声，但实际测试低频会缺少可读性。

2.对于自检，之前有过单通道方案即只用中断计数，在自检阶段表现优秀，没有误差，是因为单通道方案 GPU 空闲处理任务少，同时内部信号时序一致性好，所以读数精准。双通道方案中由于存在中断优先级，即使在 PA6 悬空，TIM3 依然在运行，并且每隔一段时间就会产生一次更新中断（溢出中断），在低频时 PA1 示数表现良好，而中高频略差。

3.PA1 测量外部信号时存在 ±1 Hz 的波动，这是异步采样的固有特性，因为计数清零的时候外部输入并不会以为清零而同步停止，再次计数的时候它只认上升沿，一秒闸门下可能略错位丢失一个上升沿。随着频率的上升额外误差也会出现，由中断响应延迟导致，随频率上升而急剧增大。

4.PA6 测量外部信号频率的准确性会随着频率升高而升高，是因为频率越高，其周期越容易成为计数时钟（1 μ s）的整数倍，量化误差归零；低频周期带小数，导致计数值在相邻整数间随机抖动，产生偏移误差。

七、实验总结：

1.如果测量存在空闲的CPU而需要中进行高频信号计数的时候，可以选择单通道计数的方法，使用中断计数，不存在中断抢断，只是会存在1Hz的量化误差。而且中断计数的方法在软件设置，程序编写，硬件连接方面都比较简单。

2.如果需要进行高频信号计数的时候，可以使用输入捕获的计数方法，这种方法高频的准确度高。

3.如果CPU资源比较紧张的情况下，可以使用输入捕获的方法，即使有误差也在可接受范围内。输入捕获ISR仅在边沿时触发，但处理程序只是复制一个寄存器并设置一个标志，而不像EXTI那样在ISR内进行复杂的计数或清空，会随CPU负载恶化到不可接受的程度。

4.不要选择双边沿触发计数除二这种方法，在单通道计数中尝试过这种方式，发现并不理想。采取上升沿触发有以下几个考虑：

（1）下降沿较上边沿往往有更多的振铃和噪声，明明是为了减少误差，若加入下降沿触发反倒会引入误差。

（2）CPU需要处理更多的中断，负载会变重，高频性能会变差。

（3）依赖占空比，若占空比较小，可能会让中断无法及时响应。