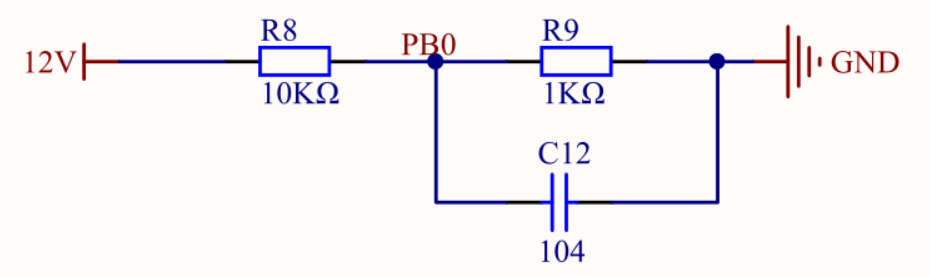
# 1.为什么控制板上的ADC采集电路要在采集点（PB0）和GND之间跨接一个小电容C12？

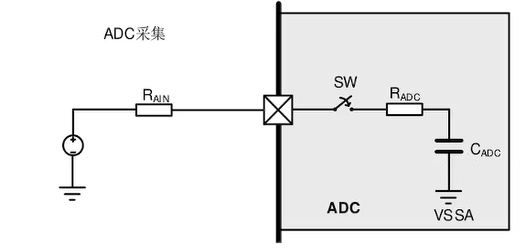


**原理分析：**MCU内部集成的ADC是逐次逼近型（SAR）。这种ADC在转换时有一个内部采样保持电路(如下图所示)。ADC的工作分为两个阶段：

采样阶段：在规定的采样时间（软件配置的）内将外部信号的电压完整无误的采样到ADC的采样电容上。即，在采样开关SW闭合的过程中，外部输入信号通过外部输入电阻RAIN以及ADC采样电阻RADC对采样电容CADC充电，使其电压达到外部输入信号的电压。

保持与转换阶段：开关断开，采样电容上的电压被“保持”住。ADC电路开始测量这个被保持住的电压值并进行转换。

要采样准确，需要采样时间足够或者电容CADC的充电时间足够短。所以，要么加大采样时间，要么减少RAIN。上图中的分压电路的等效输出阻抗就是 R8 和 R9 的并联值，即RAIN=R8//R9=909Ω（根据戴维南等效定理）。



加入电容C12之后，它主要起到以下三点作用：

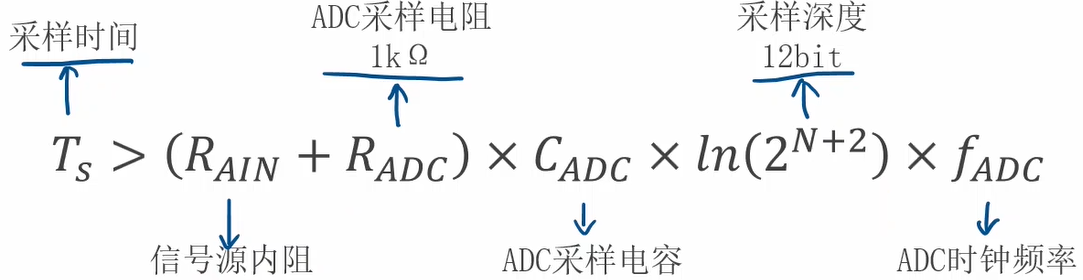
☑提供瞬时能量：电容的本质是储存电荷。在ADC不采样的绝大多数时间里，它会被充电到分压点的电压。当ADC采样开关闭合、需要瞬时大电流时，这个本地电容扮演了“小水池”或“能量缓存”的角色，它可以迅速释放电流来满足ADC内部采样电容的充电需求，而无需完全依赖反应迟缓的高阻抗分压电路。

☑降低等效输出阻抗：从瞬时电流的角度看，这个电容的存在极大地降低了分压电路对ADC输入的输出阻抗，确保了采样瞬间电压的稳定。

☑滤波：它同时也是一个简单的低通滤波器，可以滤除来自电源或环境的一些高频噪声，使信号更稳定。

# 2.在编写ADC模块程序时，如何计算ADC的采样时间？

**原理分析：**根据以下计算公式（STM32官方数据手册可查）



上文已经求出RAIN=R8//R9=909Ω，查MCU数据手册可知，RADC=1kΩ，CADC=8pF，*fADC*被我软件配置为了9Mhz，带入这些数据到上式可得Ts>1.33Cycle，所以软件配置采样时间为ADC\_SampleTime\_1Cycles5（1.5Cycle）

# 3.编写软件时，若不进行ADC校准，则测得的电压值与实际电压值存在0.05V左右的偏差。所以，为了使测量结果精准，在ADC\_Cmd使能之后，需要启动ADC的校准。

# 4.控制板的电路图中，对电池分压的部分（即问题1中的电路图）设计存在缺陷。

**问题分析：**设电池电压用V\_Bat表示，那么经过该分压电路后，传输给ADC引脚的电压为V\_B0 = V\_Bat/11,实际我们是测量V\_B0的值，然后按照V\_Bat = 11\*V\_B0计算出电池的电压值。但是，在实际测量中，V\_B0的测量值可能与实际值存在微小误差（假设存在0.05V的偏差），那么经过V\_Bat = 11\*V\_B0计算后，V\_Bat与实际数值的偏差将被放大（到0.55V）。

# 5.在对电机进行调速时，MCU输出的PWM信号的频率多少才是合适的？

**问题分析：**高频PWM（例如 >20kHz）的优点与缺点：

优点：1.噪音小。如果频率低于20kHz，处于人耳可听到的范围内，电机内部的电感和线圈会随着PWM脉冲发出刺耳的“嗡鸣声”（线圈振动产生）。将频率提高到20kHz以上（通常为25kHz左右），这种噪音就消失了，用户体验更好。例如，无人机、模型车、静音风扇等都非常需要高频PWM。

2.频率越高，电流纹波越小，供给电机的电流越接近平稳的直流电。这使得电机输出转矩更均匀，减少了低速时的抖动和振动，控制精度更高。

缺点：损耗大，发热多。驱动电机的MOSFET或IGBT开关管在每次开关（开和关）的瞬间都会产生损耗（开关损耗）。频率越高，一秒钟内开关的次数就越多，总开关损耗就越大。

一般来说，小型直流有刷电机的电感很小，时间常数也很小，因此需要相对较高的频率（如10kHz - 30kHz）来平滑电流。绝对不要低于 1kHz，低频会带来明显的电机噪音（蜂鸣声）和运转不平稳（抖动）。本工程选择20kHz的PWM。

# 6. 有关STM32F10x系列单片机的PC13 PC14 PC15的使用（以下内容均来自官方参考手册）

当 LSE 振荡器关闭时， LSE 振荡器引脚 OSC32\_IN/OSC32\_OUT 可以分别用做 GPIO 的PC14/PC15，LSE功能始终优先于通用I/O口的功能（当 LSE 振荡器开启时， PC14/PC15作为LSE 振荡器引脚 OSC32\_IN/OSC32\_OUT使用，不得作为GPIO）。

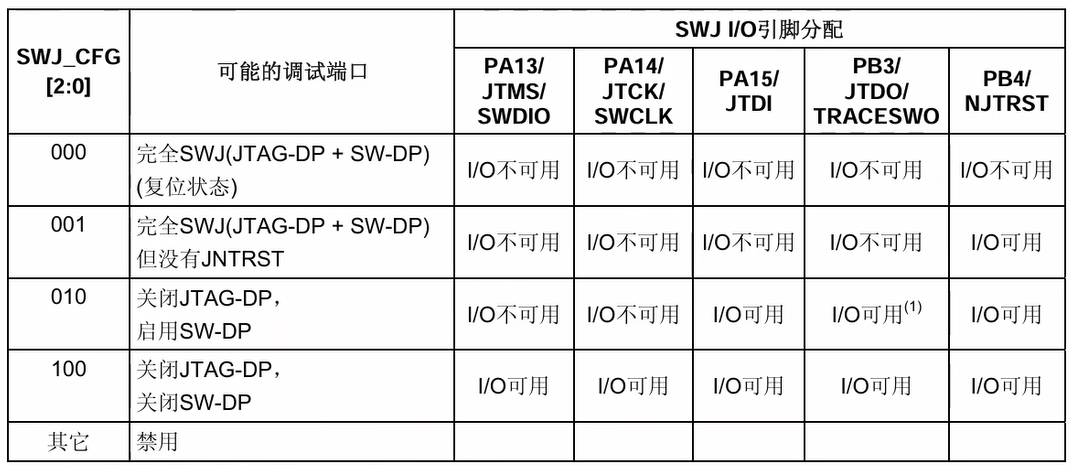
当关闭1.8V电压区(进入待机模式)或后备区域使用VBAT供电(不再有VDD供电)时，不能使用PC13/PC14/PC15的GPIO口功能。

如果应用中没有使用外部电池，VBAT必须连接到VDD引脚上。此时：



# 7. 有关STM32F10x系列单片机的PB3和PB4的使用（以下内容均来自官方参考手册）

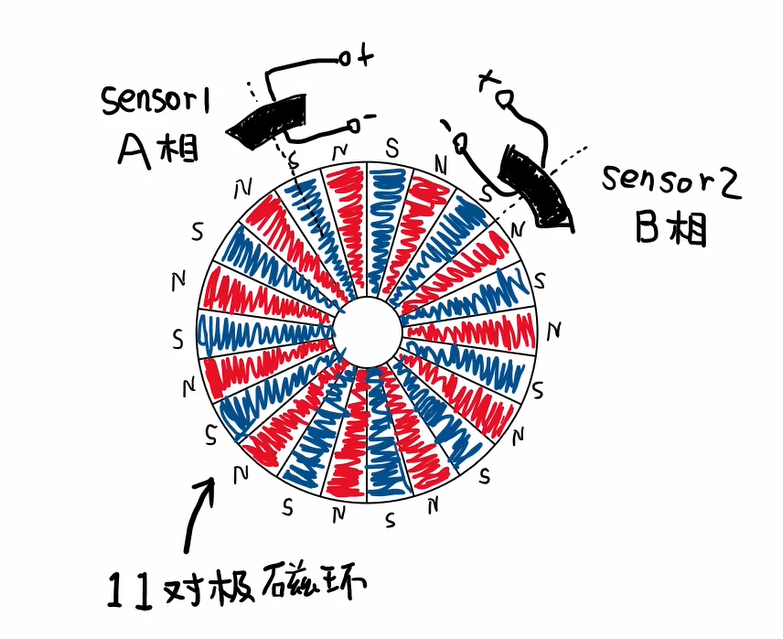
PB3和PB4的主功能（复位后的默认功能）分别是JTDO和JNTRST（JTAG功能），并不能被当作GPIO使用。为了可以在调试期间使用更多GPIO，我们需要配置调试端口映像。



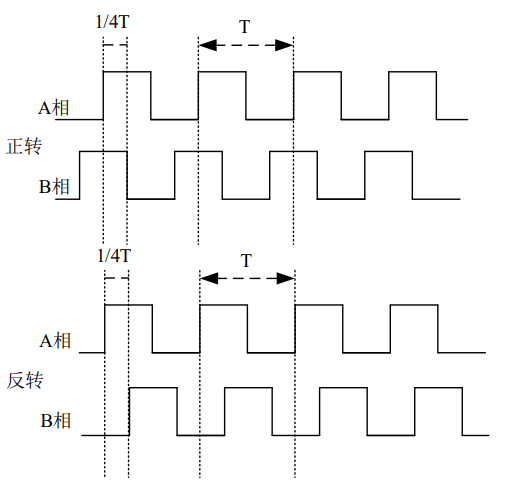
要想PB3和PB4作为GPIO使用，需要关闭JTAG-DP，启用SW-DP。

# 8. 电机测速的原理

平衡小车使用的电机后面带有霍尔编码器。霍尔编码器（Hall Encoder）是一种测量转速和位置的装置，它由霍尔传感器和磁环组成。磁环被等分为22个扇区，N极和S极交替排布，示意图如下：



电机在旋转时带动磁环同步旋转，霍尔传感器会感应到磁场的变化，并将其转化为电信号（高低电平的变化）（霍尔效应）。本系统使用的是正交编码器，也叫 AB 相编码器。正交编码器包含两个信号输出通道：A 相和 B 相，每个通道都会随着电机的旋转输出一个方波信号，由于两个霍尔传感器的特定摆放位置，这两路信号的相位差为 90°。A 相和 B 相信号的上升沿和下降沿不同，可以通过这些信号的变化情况来确定编码器的方向和位移，如下图所示：



STM32 定时器的编码器模式是用于读取编码器信号的一种特殊模式，可以同时读取两个通道的信号，并根据旋转产生的正交信号自动控制CNT自增或者自减，从而确定旋转方向和位移。