



# 1. 概述

ACM32F0x0 内部集成了三颗独立配置的轨到轨运算放大器，具有以下特性：

- 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；

使用方法非常简单，只需要把与每颗运放的 VINP、VINM 和 VOUT 相对应的 GPIO 配置成模拟端口，程序对寄存器做初始化后，使能运放模块即可。后面就是按照普通运放搭建硬件电路即可。需要注意的是，集成的运算放大器由于采用单电源供电，所以运放电路需要按照单电源运放使用。

## 2. 初始化设置

我们首先要设置需要使能的运放，设置每个运放连接的 GPIO 接口。下面将描述具体的配置方法和过程。

下面以使用 OPA1 为例，首先定义 OPA 的结构体变量，例如：

```
OPA_HandleTypeDef OPA1_Handle;
```

### 2.1. 硬件层配置

- 使能 OPA 模块时钟，设置 GPIO 相应引脚：

在 HAL\_OPA\_MspInit 函数中，使能 OPA 模块时钟，将需要用到的 GPIO 引脚设置为模拟端口，例程中包含了三颗运放的设置方法之一，这里代码需要用户根据具体情况自行设置修改。

- 执行硬件初始化：

```
HAL_OPA_MspInit(hopa);
```

### 2.2. 寄存器初始化

- 获取 OPA 寄存器基地址：

```
OPA1_Handle.Instance = OPA;
```

- 选择 OPA1\_CSR 寄存器：

```
OPA1_Handle.Init.OpaX = OPA1;
```

- 运放正端输入选择：

```
OPA1_Handle.Init.VinPSel = OPA_CSR1_VINPSEL_PB6;
```

- 运放负端输入选择：

```
OPA1_Handle.Init.VinMSel = OPA_CSR1_VINMSEL_PB5;
```

- 运放自校准使能：

```
OPA1_Handle.Init.TrimEn = OPA_CSR_TRIM_ENABLE;
```

- 初始化 OPA1 模块：

```
HAL_OPA_Init(&OPA1_Handle);
```

以上参数在运放驱动的.h文件中都有定义,用户根据自己的电路来配置。完成初始化后,运放就可以使用了。

### 3. 应用例程说明

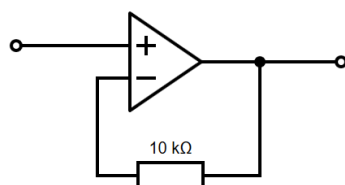
运放例程完成了芯片内部三颗运放的初始化和使能。使用了失调电压修调功能，失调电压更低。其中每颗运放对应的 GPIO 引脚分配关系为：

- OPA1:  
VINP: PB6  
VINM: PB5  
VOUT: PC5
- OPA2:  
VINP: PB3  
VINM: PB1  
VOUT: PB0
- OPA3:  
VINP: PA7  
VINM: PA5  
VOUT: PA6

## 4. 应用电路举例

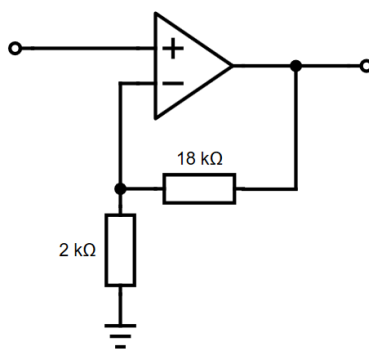
### 4.1. 单位增益缓冲电路

单位增益缓冲电路用于阻抗匹配，高输入阻抗，低输出阻抗，增益为 1。典型应用电路如下图所示：



### 4.2. 直流信号放大电路

下图是一个典型同相 10 倍直流放大电路的应用电路图。根据负反馈电阻和负反馈落地电阻计算电路的直流增益为： $A = 1 + R_f / R$ ；其中  $R_f = 18\text{k}\Omega$ ， $R = 2\text{k}\Omega$ ， $A = 10$ ；



### 4.3. 交流信号放大电路

下图是一个典型同相 10 倍交流放大电路的应用电路图。电路的直流增益为 1，交流增益为： $A = 1 + R_f / R$ ；其中  $R_f = 18\text{k}\Omega$ ， $R = 2\text{k}\Omega$ ， $A = 10$ 。

需要注意的是，由于运放采用 MCU 的 VDDA 单电源供电，交流信号放大电路与直流放大电路有很大不同。主要有如下几点：

- 需要输入、输出隔直电容；

- 需要在正端输入提供  $V_{DDA}/2$  的中点偏置电压；
- 需要反馈落地隔直电容；
- 需要注意电容和阻抗形成的一阶 RC 滤波效应影响电路的带宽，一般-3dB 带宽截止频率点为  $F_c = 1 / (2 * \pi * R * C)$ 。

