

运算放大器 OPAMP 在 STM32L4 上的应用

前言

STM32L4 集成了运算放大器(OPAMP)，可对模拟信号进行放大处理，可节省 MCU 外接 OPAMP 的硬件成本。本文档将介绍 STM32L4 的片内 OPAMP 的不同工作模式，并提供配置 OPAMP 的例程。

STM32L4 运算放大器特性

以下是 STM32L4 OPAMP 的关键特性：

- 轨对轨输入、输出；
- 低漂移电压，且漂移可以在应用中校准；
- 两种功耗操作模式：
 - 正常模式：约 120 微安电流
 - 低功耗模式：约 40 微安电流
- 多种片内配置：
 - 标准模式：外部增益设置
 - 跟随器模式
 - PGA 模式：内部增益设置(2 倍，4 倍，8 倍，16 倍)
 - PGA 模式：用于滤波的反向输入内部增益设置(2 倍，4 倍，8 倍，16 倍)
- 增益带宽：1.6MHz
- 快速的唤醒时间：支持模式 10 微妙，低功耗模式 30 微妙。
- 输入失调电压：校准之后的输入偏移电压小于 1mV，出厂设置的偏移电压为 10mV。
- 输入偏置电流：小于±1nA(对于专用模拟引脚)
- 工作条件：1.8V<VDDA<3.6V

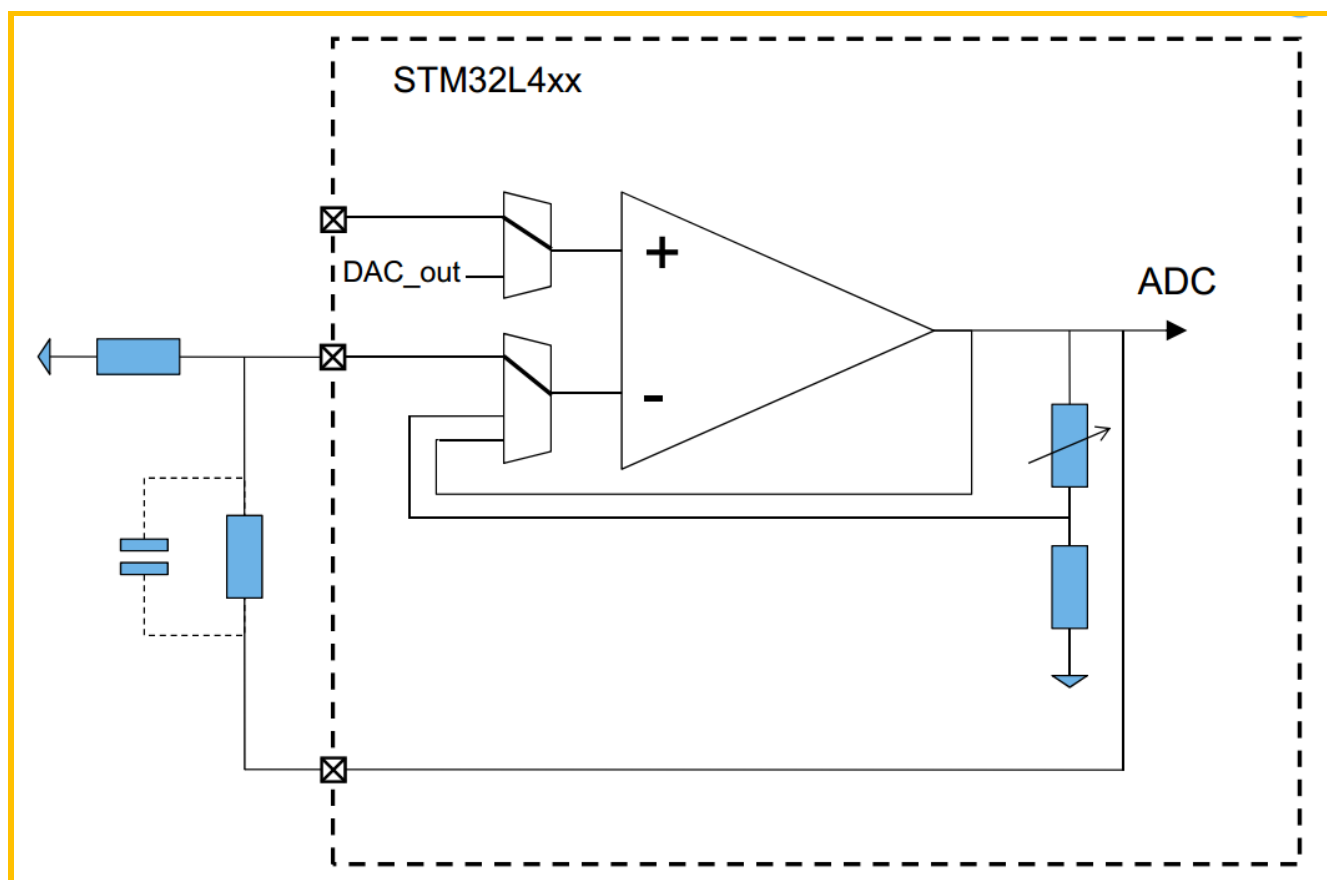


图 1 标准模式，外部增益设置

使用内部开关连接反向输入到外部电阻，运算放大器可以被配置为使用外部反馈电阻的运算放大器电路。

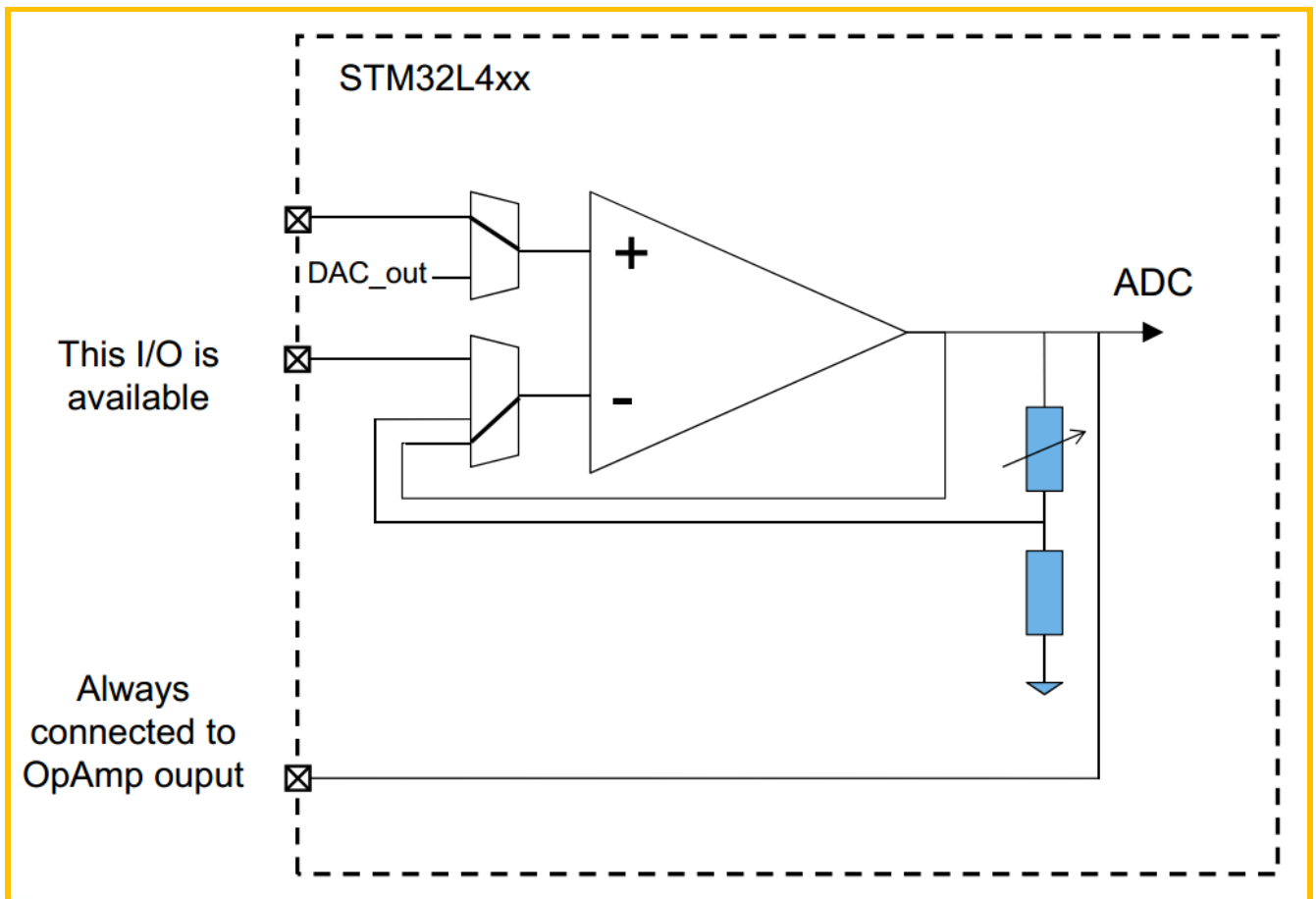


图 2 跟随器模式

使用内部开关连接输出到反向输入，运算放大器可以被配置为一个内部电压跟随器。内部电压跟随器模式下，被分配到运算放大器的反向输入引脚是空闲的，所以该引脚可以被配置为 GPIO 的其它功能功。

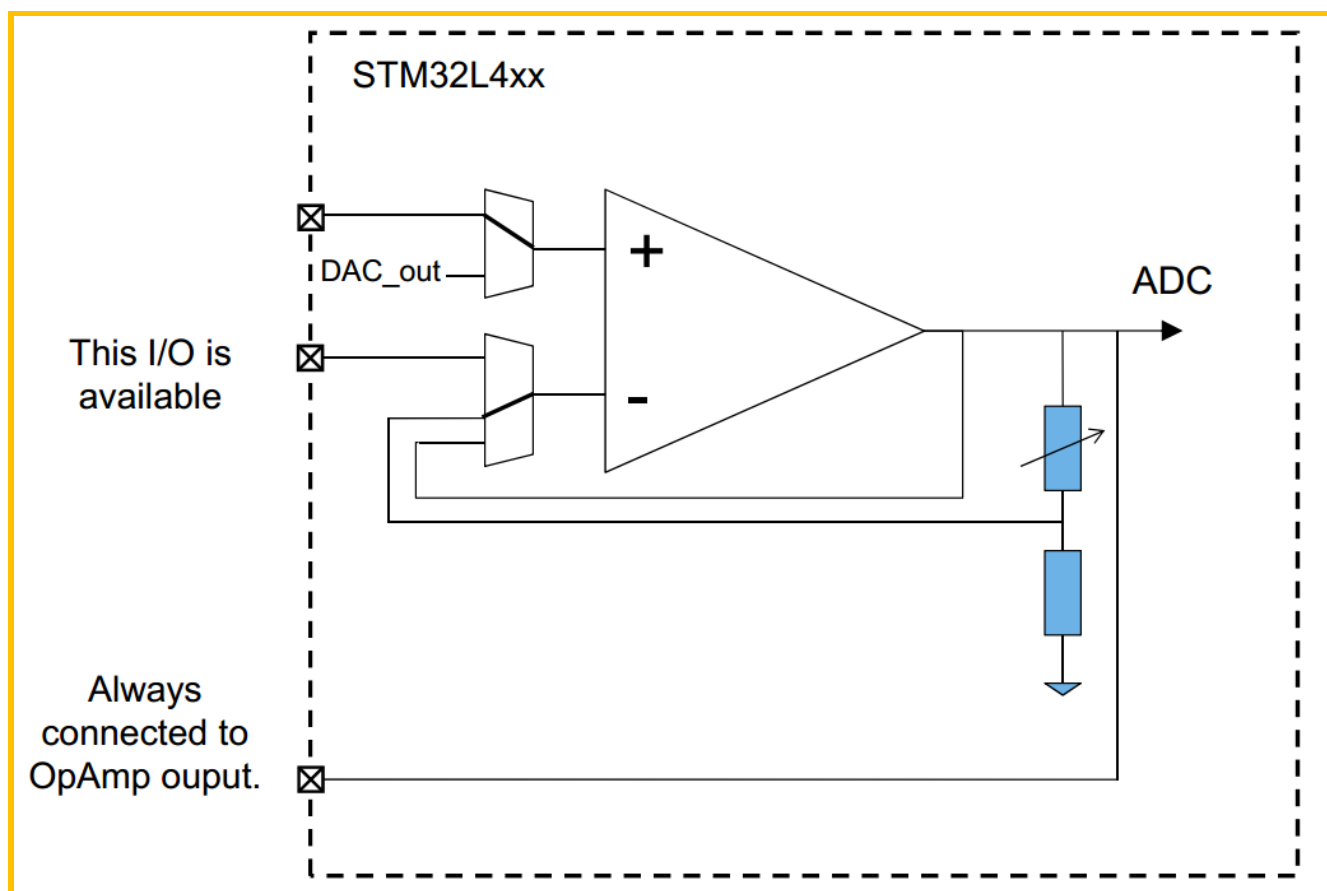


图 3 PGA 模式, 内部增益设置(增益=2,4,8,16)

STM32L4 的运算放大器支持使用 4 个固定增益的反向放大器模式。反馈电阻通过可编程增益放大器功能来配置 2,4,8 或 16 倍的增益。

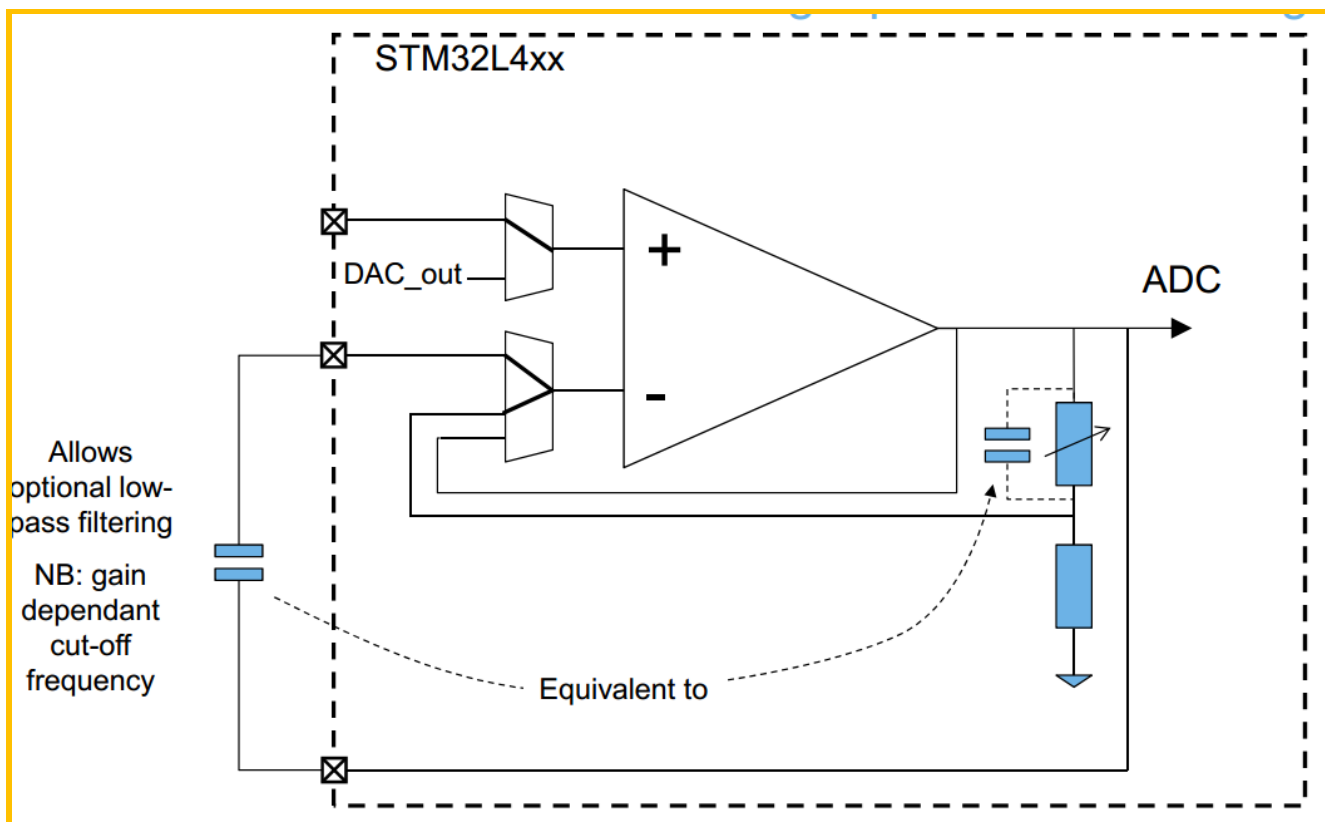


图 4 PGA 模式，内部增益设置(增益=2,4,8,16)，使用反向输入端进行滤波

运算放大器也支持输出到反向输入的外部连接来创建 PGA 模式，使用外部电容来添加 PGA 配置的低通滤波器特性。

硬件环境

本文档硬件环境基于 STM32L476G-EVAL，硬件原理图如下：

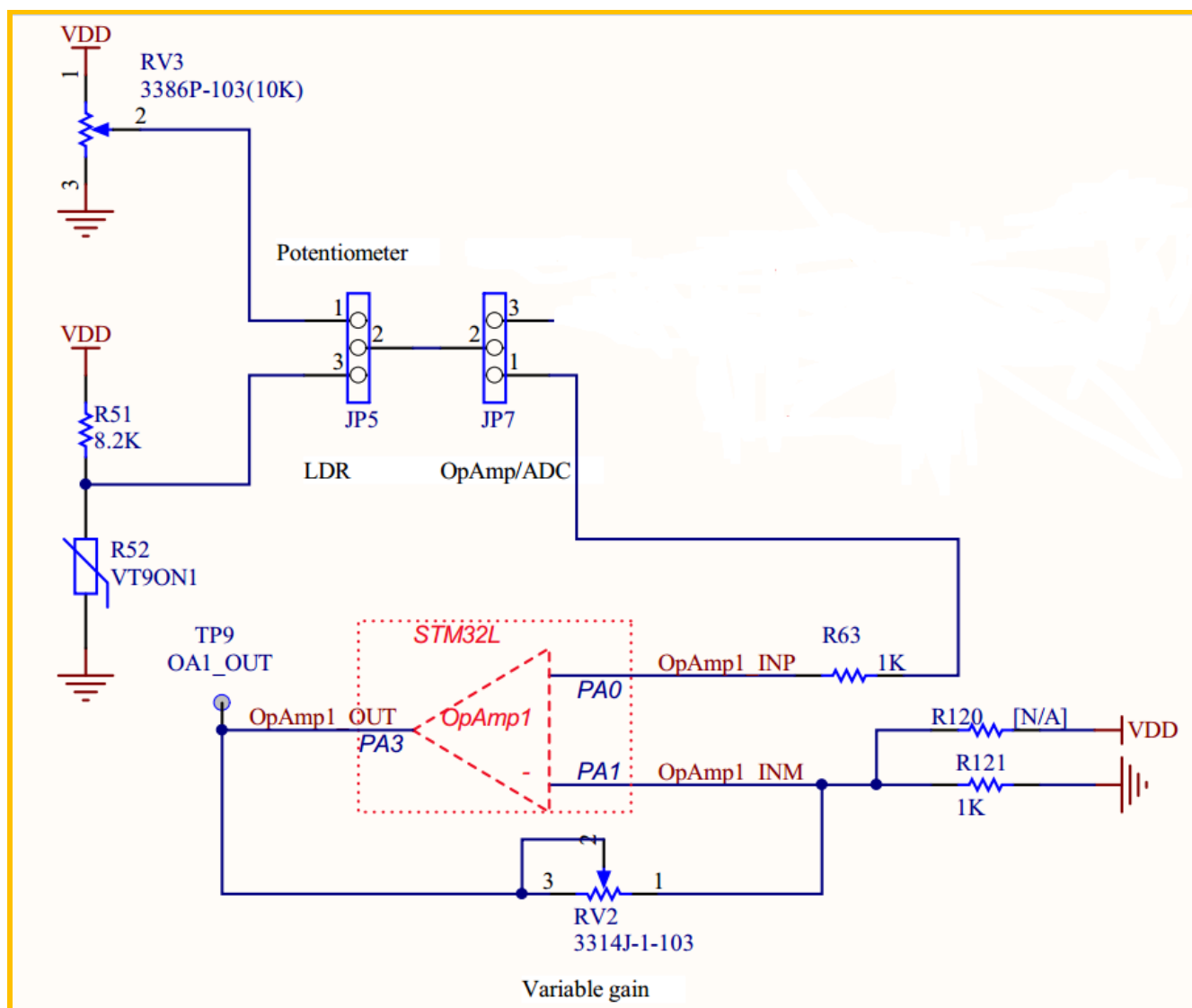


图 5 STM32L476G-EVAL OPAMP 电路

OPAMP1 的输入和输出分别对的引脚是 PA0, PA1 和 PA3, 同向输入 P0 连接到 JP7 的 1 脚, 运放的输出 PA3 有个测试点 TP9。运放 OPAMP1 的增益取决于电阻 RV2 和 R121, 增益的计算公式如下:

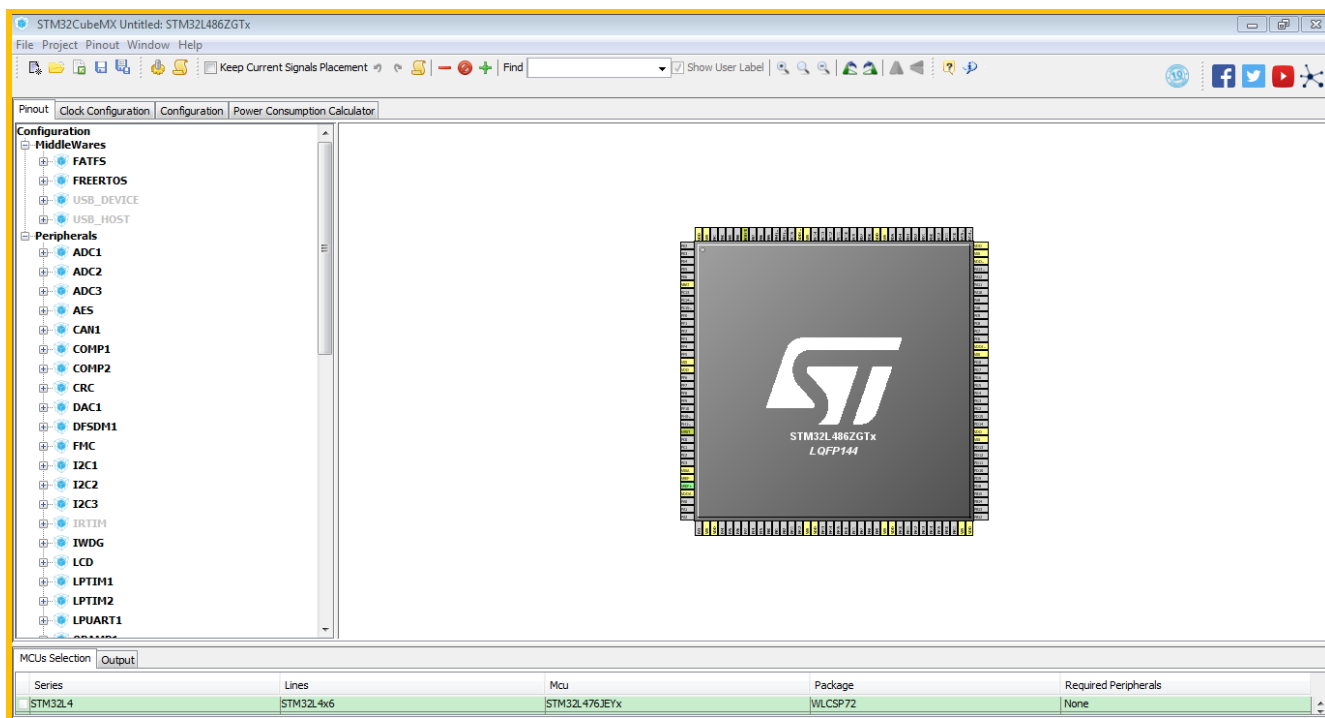
$$\text{增益} = 1 + (\text{RV2}) \div (\text{R121})$$

RV2 的阻值范围从 0 到 10kΩ, R121 是 1kΩ, 增益可从 1 到 11 变化, 连接到 PA0 的电阻 R63 可以减小输出的偏移。

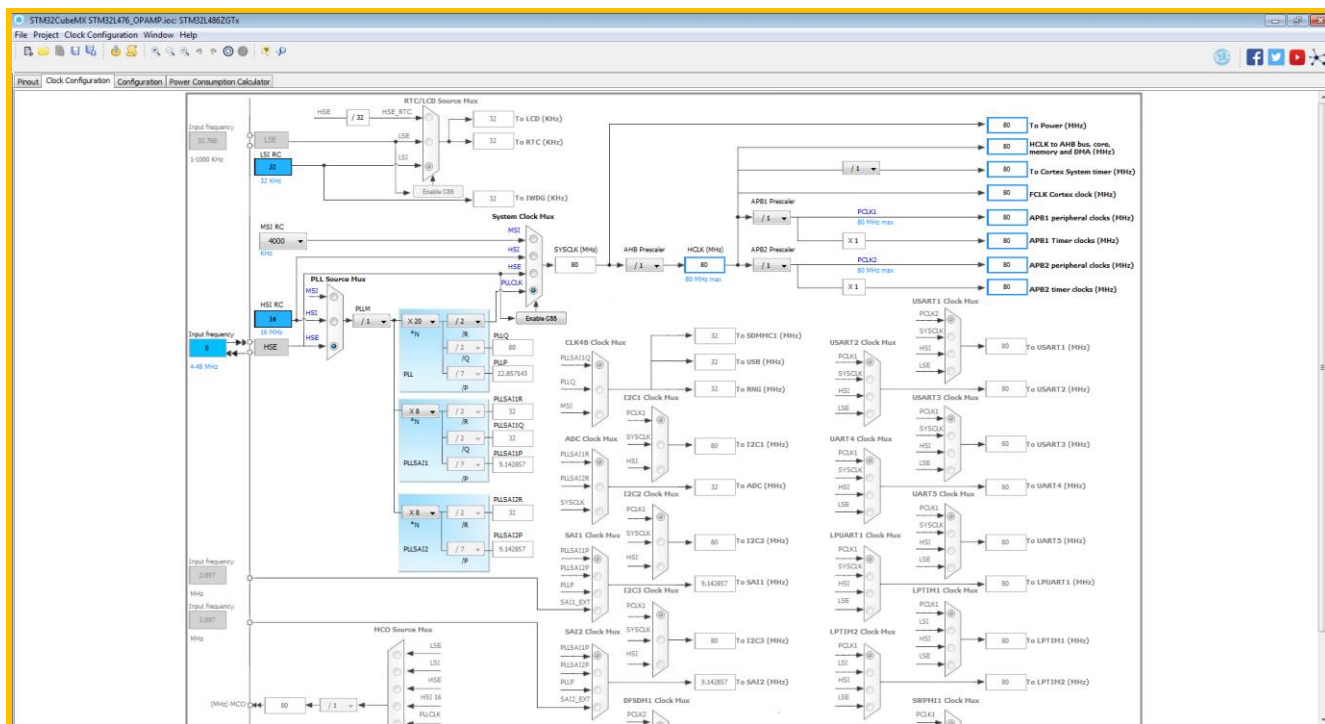
软件配置

以外部增益配置为例, 进行 STM32CubeMX 配置, 在配置之前确保 CN10 连接上, JP10 连接到 12 方向或者 23 方向。

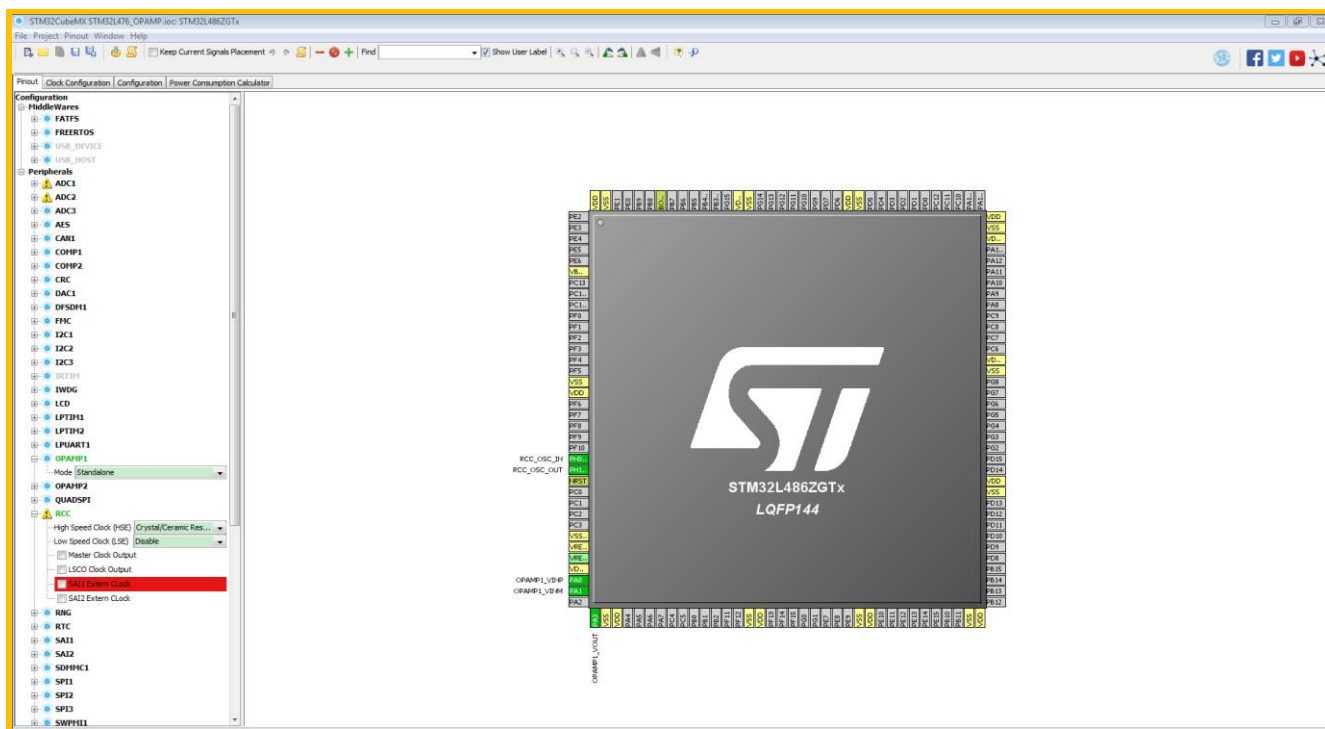
1.选择 STM32L476ZGTx, 如下所示:



2.配置时钟为 80MHz 系统时钟，如下图所示：



3.配置 OPAMP1 为标准外部增益配置模式，如下图所示：



至此，CubeMX 中已经配置了一个简单的 OPAMP 外部增益配置的例子，使用 CubeMX 生成工程代码，并在 main.c 中添加如下代码来开启 OPAMP。

```
/*## Start OPAMP #####*/
/* Enable OPAMP */
if(HAL_OK != HAL_OPAMP_Start(&OpampHandle))
{
    Error_Handler();
}
```

运行软件后，调节 RV3 来调节 OPAMP 的正向输入电压，调节 RV2 来调节 OPAMP 的增益，通过电压测量工具可测量 OPAMP 的正向输入与输出电压，通过输出电压与输入电压比值和 $(1+RV2/R121)$ 进行对比。

总结

片内的 OPAMP 可对模拟信号进行放大处理，配合片内的 DAC 等外设，可实现各种不同的应用。本文档提供了 STM32L4 OPAMP 的一个简单易用的例子，更多详细的应用请参考 STM32L4x6 用户手册等资料。

重要通知 – 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对ST 产品和/ 或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关ST 销售条款。

买方自行负责对ST 产品的选择和使用， ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和ST 徽标是ST 的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

