

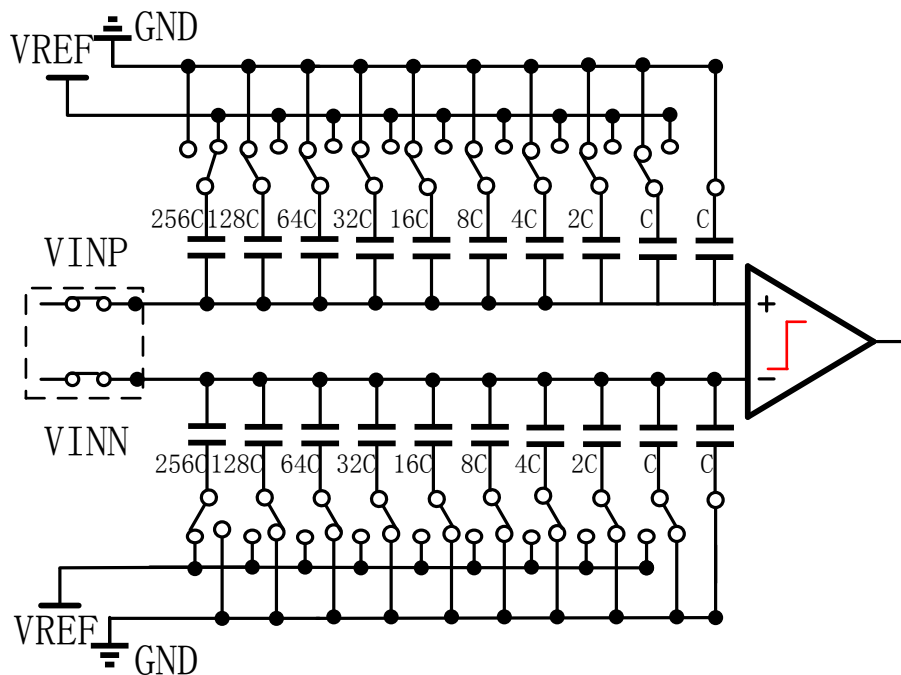
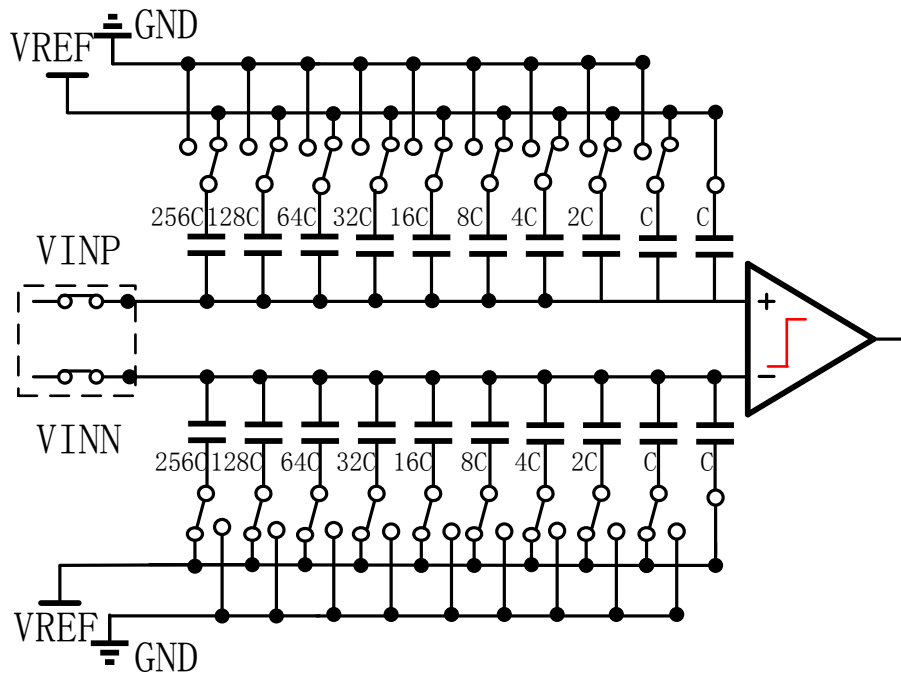
Homework 2014.01.13

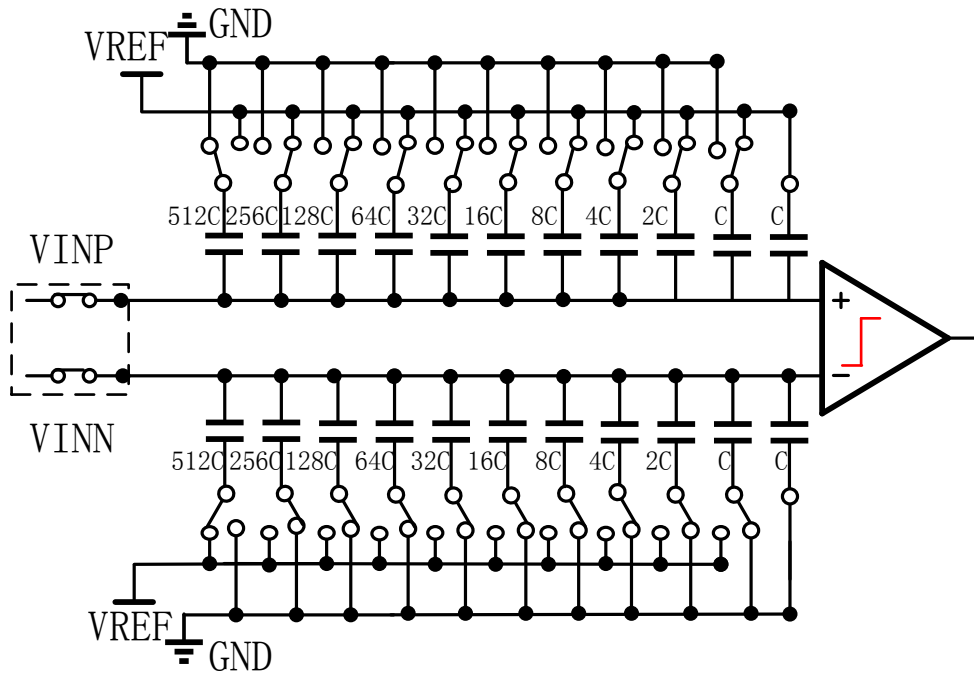
胡翰彬 1132109003

本次作业主要针对三种不同的 SAR ADC 的切换方式进行了研究,主要为耿文良学长学位论文中提到的共模电平向下切换式、共模电平收敛切换式和共模电平固定切换式三种 DAC 切换模式。这里仅考虑了上级板采样的采样方法。

一、 电路示意图

下列三张图依次为上述三种切换模式的 10 比特 SAR ADC 电路初始状态示意图。

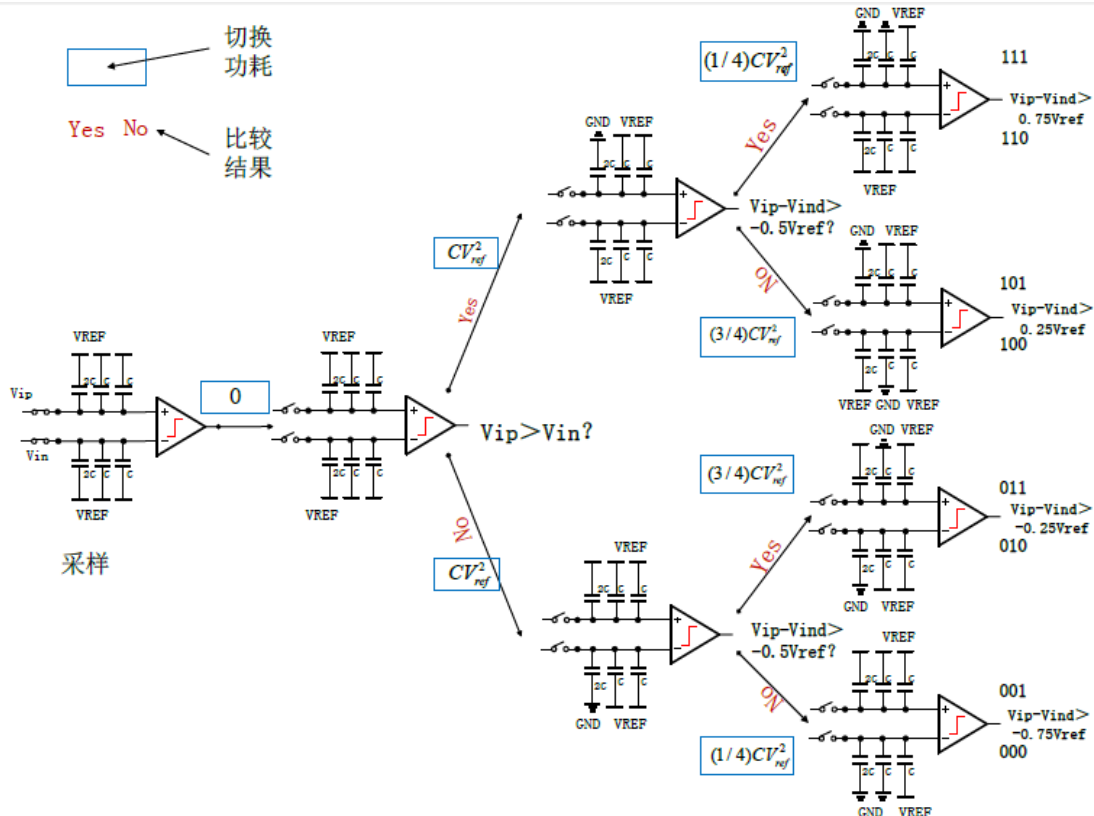


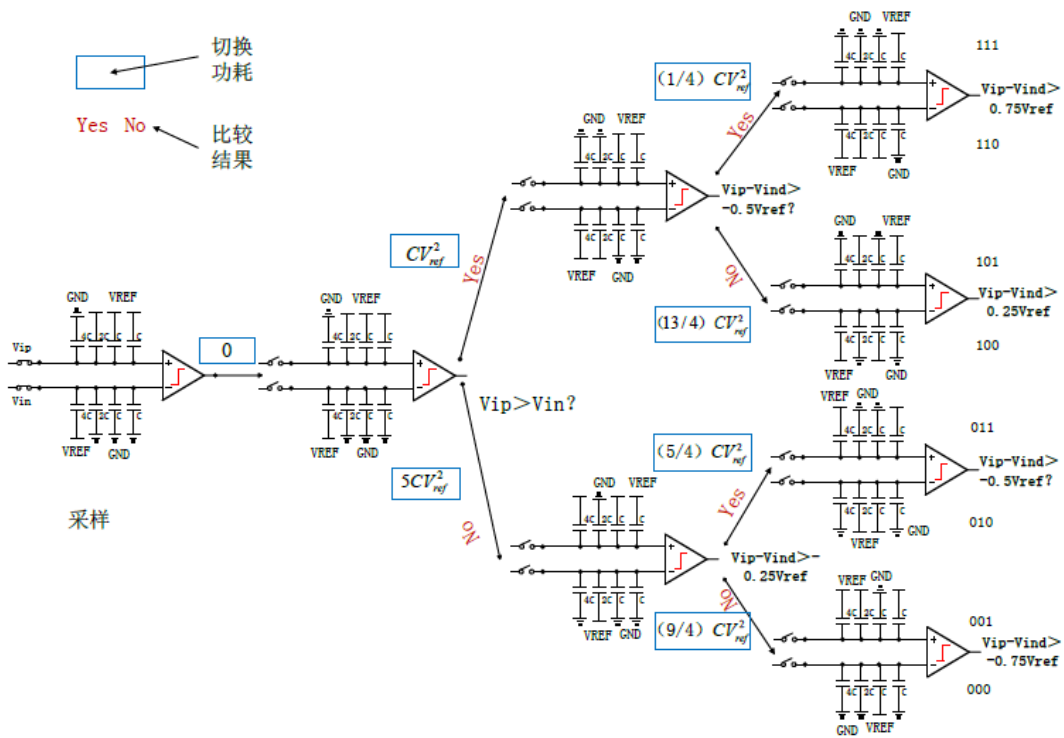
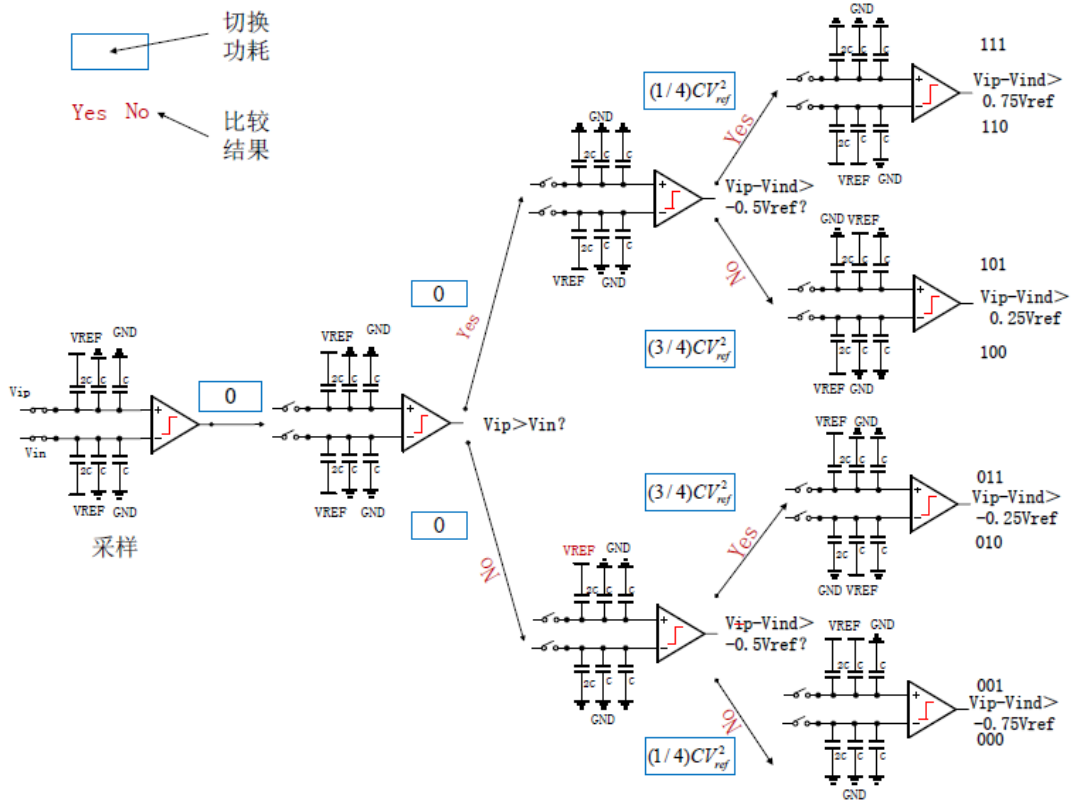


可以看到相较第三种切换方式，前两种的电容所占面积更小。但根据耿文良学长论文中的阐述，前两种切换方式将导致比较器输入端的共模电平发生改变（这在后面的程序实现中也可以看到），从而引入额外的非线性成分，导致 ADC 精度下降。这三种电路的输入范围均为 $-V_{ref}$ 至 $+V_{ref}$ ，理论上有 10 比特的精度。

二、 切换方式

三种电路(3 比特 DAC 示意)的趋近过程直接从耿文良学长的论文中截取，如下图依次所示。





三、 程序编写

根据以上电路趋近过程与初始状态，编写了程序，对 SAR ADC 的工作动态进行了初步的模拟。其中两块较为重要的计算为比较器两输入端电压的计算和开关切换所造成的能耗计算。

1. 电压计算

电压计算采用课上所提到的叠加原理的计算方法，分别计算电路的零输入响应和零状态响应。零输入响应由采样得到的电压决定，而零状态响应由 DAC 的开关状态决定。分别以硬代码的形式对三种电路进行了分别的计算，得到了其电压变化。

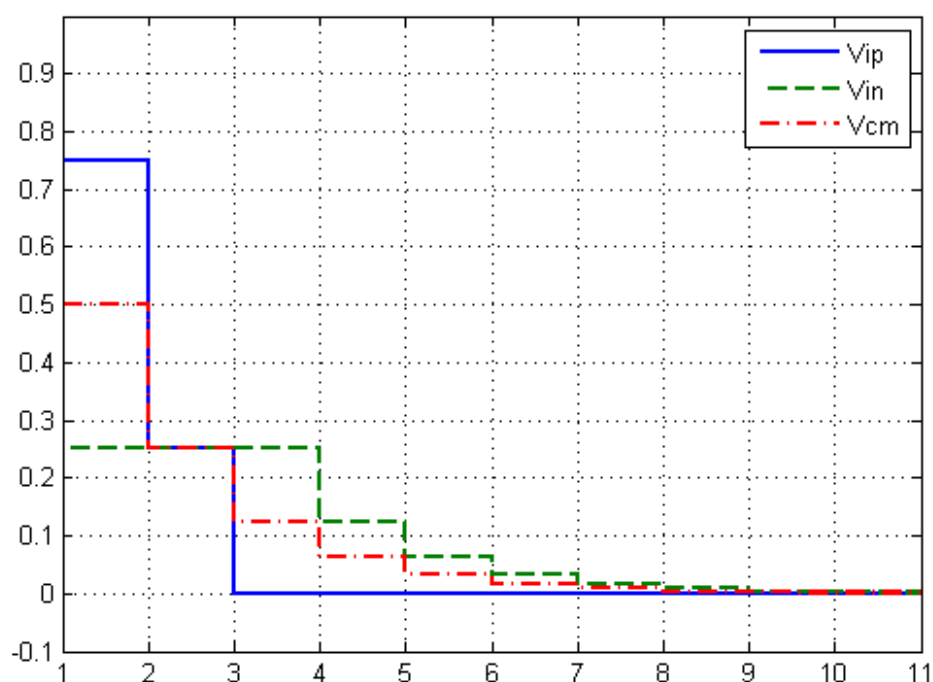
2. 能耗计算

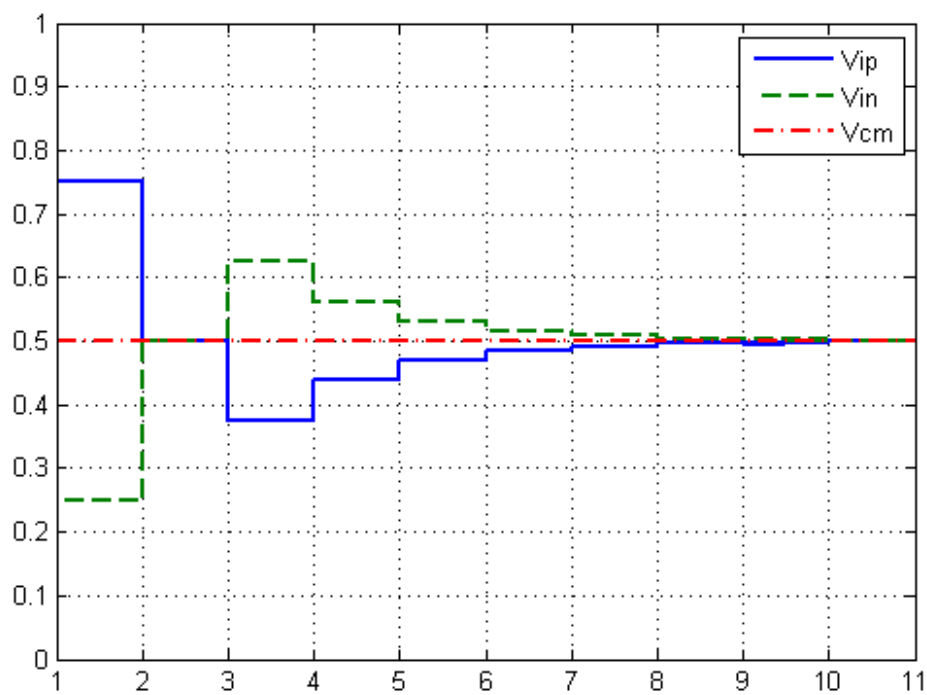
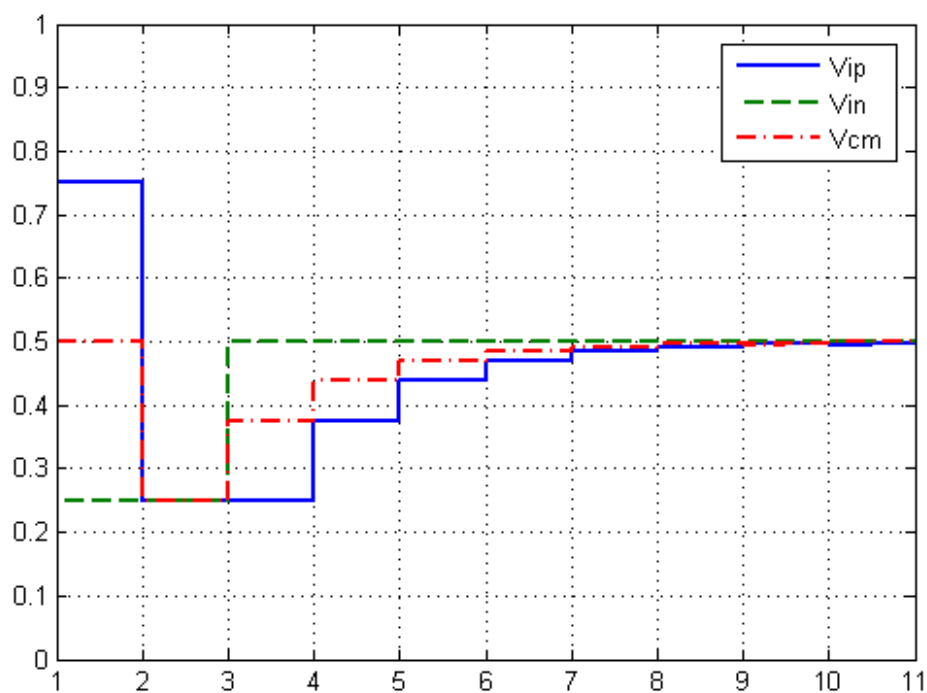
能耗计算主要考虑趋近过程中由于电容开关变化引起的电荷转移。计算中仅考虑当前状态下与 V_{ref} 相连的电容上的电荷与前一状态的这些电容上电荷的差。由于时间关系，仅计算了比较器负输入端的电容上的能耗。

四、 程序测试

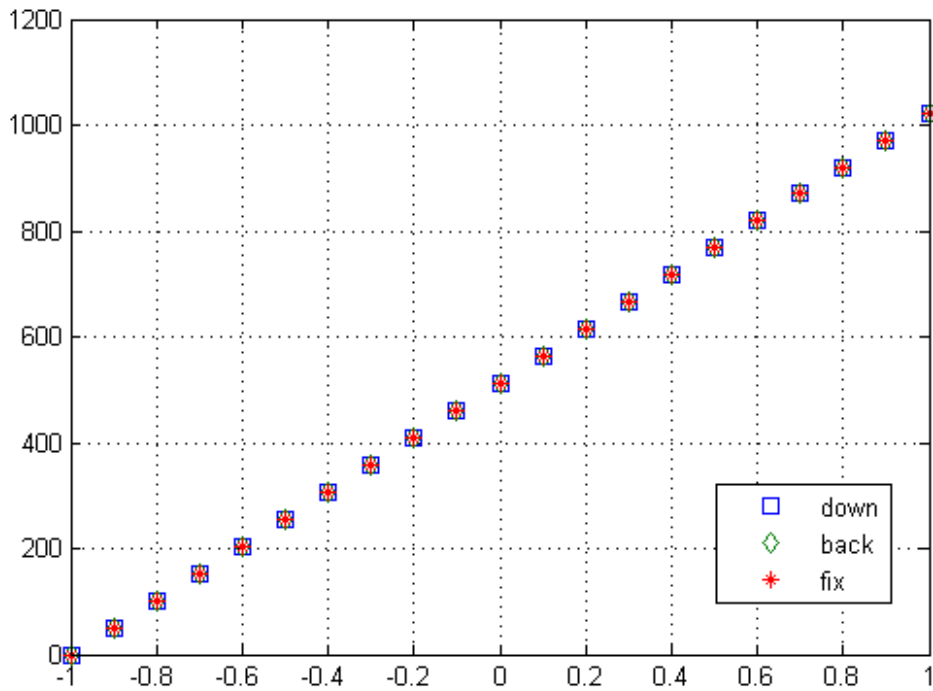
所有测试均在 Qt 环境下进行， V_{ref} 设置为 1V，最小电容设为 1pF，比特数为 10。

首先对与三种 ADC 的趋近过程进行验证，输入差模电压设为 0.5V。图中显示的分别为共模电平向下切换式、共模电平收敛切换式和共模电平固定切换式的比较器两端电压变化和其共模电压趋近过程。可以看到三种 ADC 的工作切换状态对 V_{cm} 均与预期一致。

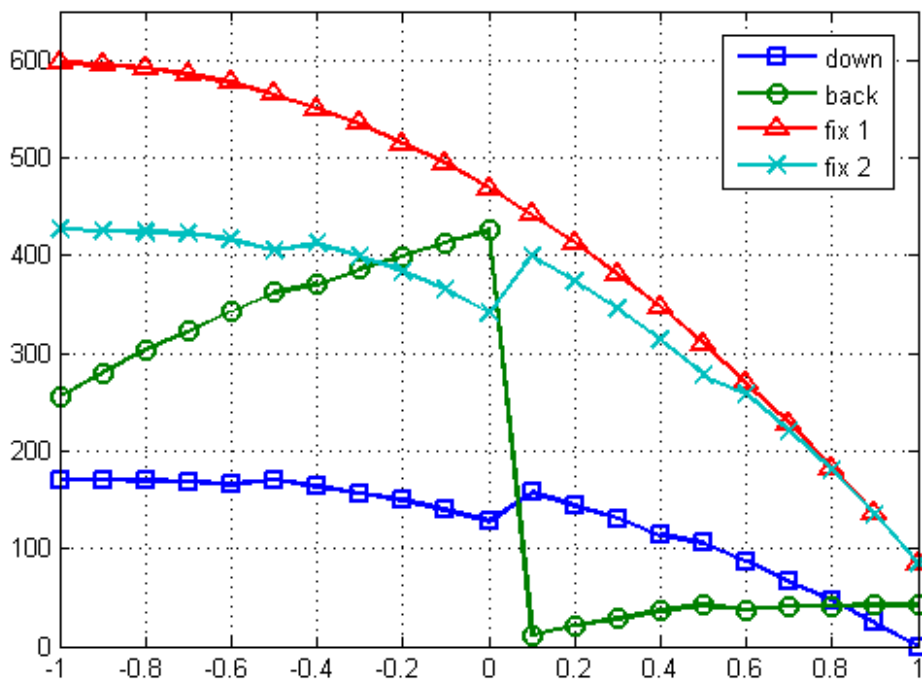




接下来，对 ADC 输出结果进行验证。图中为输入不同差模电压下所得到的数字输出。
从图中可以看到



最后对能耗做图，得到如下曲线：



图中，蓝色曲线和绿色曲线为共模电平向下切换式、共模电平收敛切换式两种切换方式。而淡蓝色和红色曲线均为共模电平固定切换式的能耗。可以看见前两种切换方式的确相较于第三种方式有更小的能耗。之所以会有两条共模电平固定切换式的曲线，是因为这种方式在一次比较过程中可能发生两个开关的切换。即 $10 \rightarrow 11 \rightarrow 01$ 和 $10 \rightarrow 00 \rightarrow 01$ 两种方式（淡蓝色），然后实验验证上述两种方式能耗一致，却与 $10 \rightarrow 01$ （红色）的计算结果不同， $10 \rightarrow 01$ 较高。