

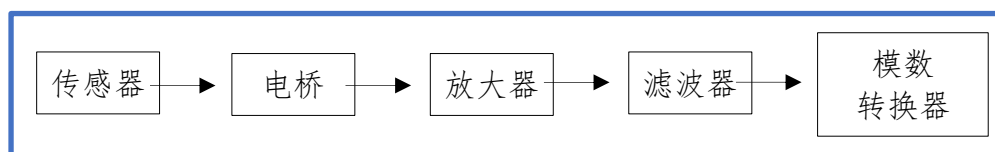
## 实验一 计量器具（电子秤）模拟通道

### 一、实验目的

1. 掌握金属箔式应变片的应变效应，电桥的工作原理。
2. 学会使用应变片原理建立电子称传感器模型。
3. 学会设计电桥、滤波器和放大器。
4. 学会使用模数转换器。
5. 加深对基本原理的认识，提升设计能力。

### 二、实验背景

电子秤的结构框架如图所示：



#### 1. 传感器模型

电阻应变片的工作原理是电阻应变效应，即在导体产生机械变形时，它的电阻值相应发生变化。应变片是由金属导体或半导体制作的电阻体，其阻值随着压力所产生的变化而变化。对于金属导体，电阻变化率 $\Delta R/R$ 的表达式为

$$\frac{\Delta R}{R} \approx (1 + 2\mu)\varepsilon$$

式中， $\mu$ 为材料的泊松系数， $\varepsilon$ 为应变值。

通常把单位应变所引起电阻相对变化称作电阻丝的灵敏系数，对于金属导体，其表达式为

$$k_0 = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon} = (1 + 2\mu)$$

所以

$$\frac{\Delta R}{R} = k_0 \varepsilon$$

在外力作用下，应变片产生变化，同时应变片电阻也发生相应变化。当测得阻值变化为 $\Delta R$ 时，可得到应变值 $\varepsilon$ ，根据应力和应变关系，得到应力值为

$$\sigma = E\varepsilon$$

式中， $\sigma$ 为应力， $\varepsilon$ 为应变值（为轴向应变），E为材料的弹性模量

( $kg/mm^2$ )。

重力  $G$  与应力  $\sigma$  的关系为

$$G = mg = \sigma S$$

式中， $G$  为重力， $S$  为应变片截面积。

根据以上各式可得到

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{k_0}{ES} mg$$

由此便得出了应变片电阻变化与重物质量的关系，即

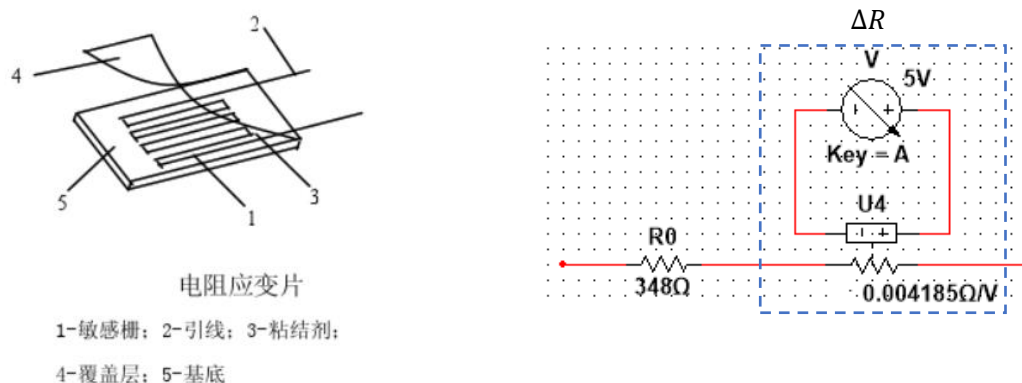
$$\Delta R = \frac{k_0}{ES} g R m$$

根据应变片常用的材料（如康铜）取

$$k_0 = 2, E = 16300 kg/mm^2, S = 1 cm^2 = 100 mm^2, R = 348, g = 10.8 m/s^2$$

$$\Delta R = [(2 \times 9.8 \times 348) / (16300 \times 100)] m = 0.004185 m$$

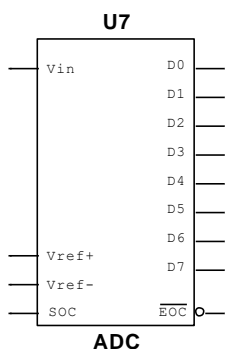
所以在 Multisim 中可以建立以下模型来代替应变片进行仿真，如下图所示



图中， $R1$  模拟的是不受压力时的电阻值  $R0$ ，压控电阻用来模拟电阻值的变化， $V$  可理解为重物的质量  $m$  ( $kg$ )。当  $V$  反接时，表示受力相反。

## 2. 模数转换器

在 Mixed 库下 ADC-DAC 中有 8 位和 16 位的模数转换器 (ADC)，接下来以 8 位 ADC 为例介绍它的使用。



Vin 为输入引脚，接转换的模拟量

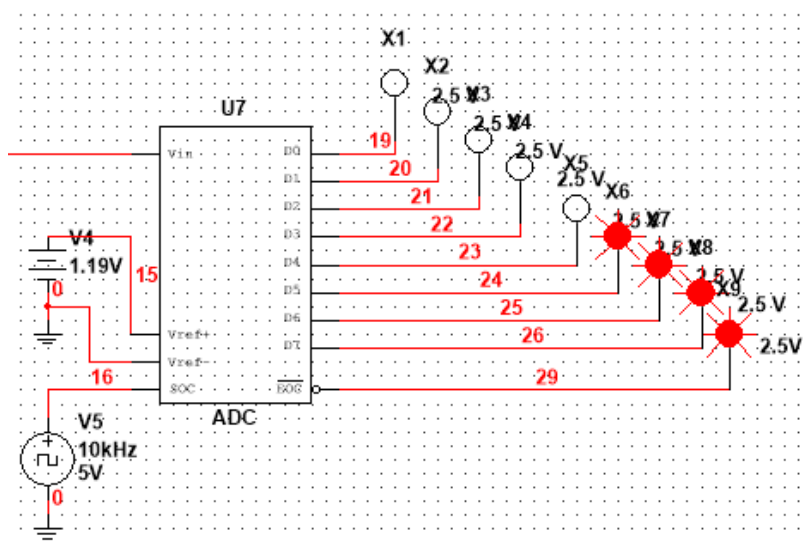
Vref+和 Vref-引脚之间电压成立满量程电压。满量程电压由下式给出：

$$V_{\text{ref}} = V_{\text{ref}+} - V_{\text{ref}-}$$

SOC 是开始转换的输入，上升沿有效

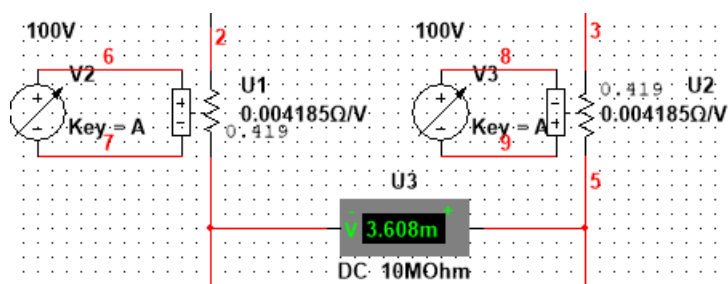
EOC 为输出引脚，输出低电平，指示转换结束

D<sub>0</sub> 到 D<sub>7</sub> 为输出引脚，输出模拟量转换的 8 位二进制数。



### 三、实验内容

1. 用压控电阻模拟电阻应变片，设计电桥，使电桥的输出与压控电阻的控制电压成正比例，采用电压表测电桥输出端的电压。



压控电阻的位置：点击 view--Toolbars--Virtual，然后会跳出一个工具栏，找到电阻，最下面一个就是压控电阻

压控电阻控制电压（DC\_INTERACTIVE\_VOLTAGE）的位置：点击 place 菜单—>component—>弹出菜单的左上角 database 选 master database，下边的 group 选 sources，再下边的 family 选 signal voltage sources，再选 DC\_INTERACTIVE\_VOLTAGE 即可。

DC\_INTERACTIVE\_VOLTAGE 的使用：单击按键可在仿真过程中按事先设

定的比例增加或减少电压值，如 Key=A，那么单击 A 可以增加电压，shift+A 可以减少电压。

2. 运用 OPAMP\_3T\_VIRTUAL 设计放大电路，要避免电桥对放大电路的影响，使电桥输出放大 100 倍，采用电表或探针测放大器输出电压。

3. 对放大器输出引入热噪声 THERMAL\_NOISE，再采用有源滤波器进行滤波，采用双通道示波器或四通道示波器对比滤波前后的电压波形。

THERMAL\_NOISE 的  $V_{rms}$  为：

$$V_{rms}(B) = Noise_{ratio} \times \sqrt{4kTRB}$$

其中：k=Boltzmann's Constant= $1.380649 \times 10^{-23}$  J/K，温度 T 单位为开尔文

THERMAL\_NOISE 的位置：点击 place 菜单—>component—>弹出菜单的左上角 database 选 master database，下边的 group 选 sources，再下边的 family 选 signal voltage sources，再选 thermal noise 即可。

4. 运用 ADC（或者采用积分方法自行设计 AD 转换器）将放大电路的输出转换成数字信号，并进行显示。

#### 四、实验要求

1. 完成学习通平台发布的实验作业。
2. 设计电子秤，并进行仿真验证，实验结束前，指导老师检查了仿真结果后方可离开。
3. 最后撰写实验报告，提交到学习通平台。

#### 五、思考题

1. 放大器输出与电桥输出的误差是由什么引起的？怎么解决？
2. 采用 741 重新设计放大部分电路，思考它与理想放大器有何不同。