

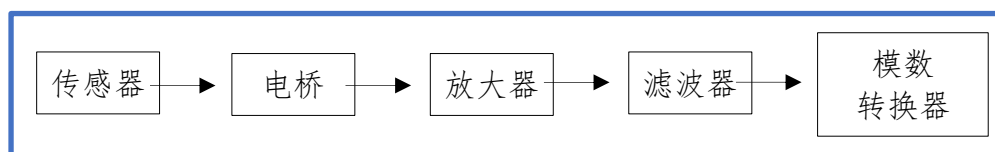
## 实验一 计量器具（电子秤）模拟通道

### 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

应变片利用导体的物理特性和几何特性，在导体产生机械变形时，它的电阻值发生相应变化。当一个导体在其弹性极限内受外力拉伸时，其不会被拉断或产生永久变形而会变窄变长，这种形变导致了其端电阻变大。相反，当一个导体被压缩后会变宽变短，这种形变导致了其端电阻变小。通过测量应变片的电阻，其覆盖区域的应变就可以演算出来。

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， $\varepsilon$ 为应变变量。

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

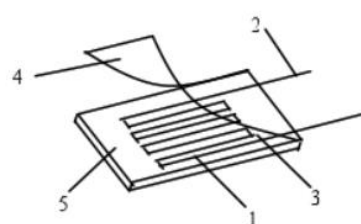
$$\Delta R = \frac{k_0}{ES}gRm$$

根据应变片常用的材料（如康铜）取

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

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

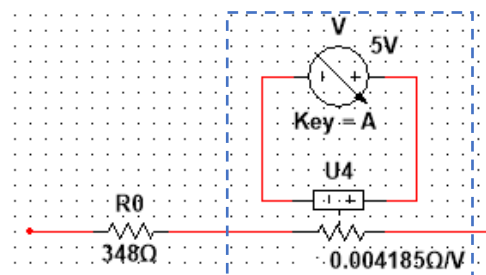
在 Multisim 中对左下图的应变片可以采用右下图所示模型来代替应变片进行仿真。



电阻应变片

1-敏感栅；2-引线；3-粘结剂；

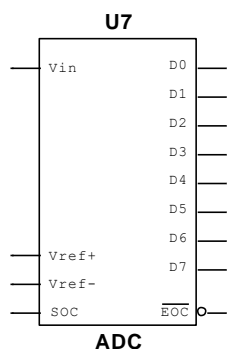
4-覆盖层；5-基底



模型中， $R_0$  模拟的是应变片不受压力时的电阻值，压控电阻用来模拟应变片受压力时电阻值的变化，电压  $V$  代替重物的质量  $m$  (kg)。当  $V$  正接时，表示应变片受外力拉伸，电阻值变大；当  $V$  反接时，表示应变片被压缩，电阻值变小。

## 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

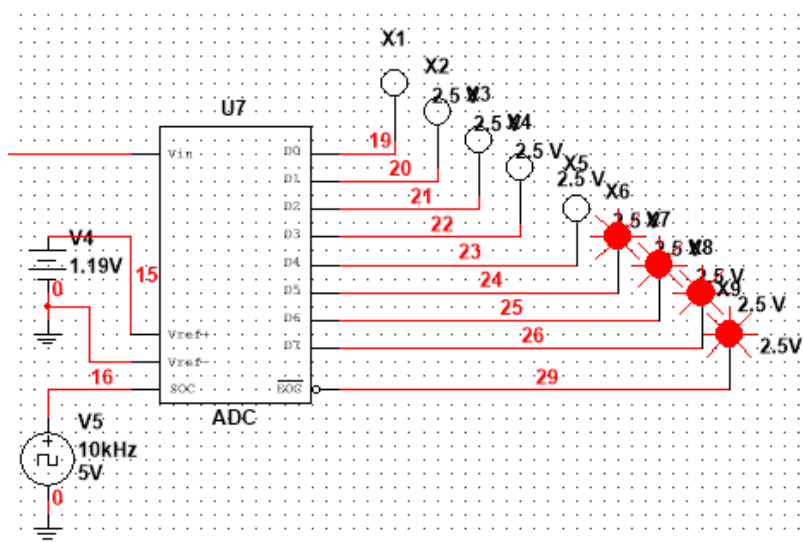
Vref+和 Vref-引脚之间电压成立满量程电压。满量程电压由下式给出：

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

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。



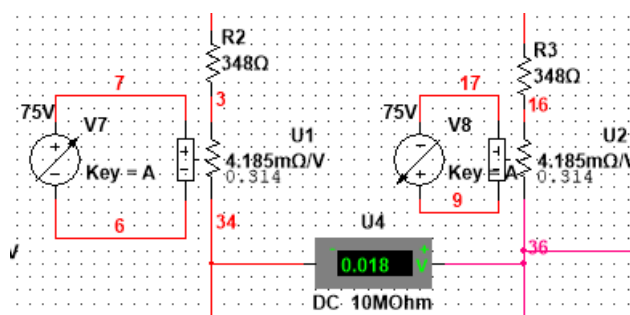
## 三、实验内容

1. 用压控电阻和阻值为 348 欧的电阻一起模拟应变片，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 Virtual 3-Terminal Opamp 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。

Virtual 3-Terminal Opamp 的位置：点击 view--Toolbars--Virtual，然后会跳出一个工具栏，找到 “Analog Family”，选择放置 “Virtual 3-Terminal Opamp”。

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. 电桥电压的大小有限制吗？为什么？
2. 模数转换器ADC是如何实现的？
3. 模数转换器（ADC）的输出与压控电阻的控制电压是什么关系？为什么？