

学子专区—ADALM2000实验： 使用窗口比较器实施温度控制

Doug Mercer，顾问研究员；
Antoniu Miclaus，系统应用工程师

目标

本次实验的目标是使用两个高速电压比较器作为窗口比较器，并采用这种方法对TMP01低功耗可编程温度控制器进行编程。

窗口比较器是一种电路配置，通常由一对电压比较器（反相和同相）组成，其中输出指示输入信号是否在两个不同阈值限定的电压范围内：一个阈值将在检测到某个电压上限 $V_{REF(HIGH)}$ 时触发运算放大器比较器，另一个阈值则在检测到某个电压下限 $V_{REF(LOW)}$ 时触发运算放大器比较器。电压水平处于基准电压上限和下限之间的电压称为窗口。

材料

- ▶ ADALM2000主动学习模块
- ▶ 无焊试验板和跳线套件
- ▶ 两个AD8561比较器
- ▶ 一个2N3904 NPN晶体管
- ▶ 两个1N914小信号二极管
- ▶ 一个LED（任何颜色）
- ▶ 三个10 k Ω 电阻
- ▶ 一个20 k Ω 电阻
- ▶ 一个470 Ω 电阻

窗口比较器

背景知识

请看图1所示的电路。

该电路使用由三个等值电阻组成的分压器网络： $R1 = R2 = R3$ 。每个电阻两端的压降将等于基准电压(V_{REF})的三分之一。因此，基准电压上限($V_{REF(HIGH)}$)设置为 $2/3 V_{REF}$ ，下限设置为 $1/3 V_{REF}$ 。

如果 V_{IN} 低于电压下限，即 $V_{REF(LOW)}$ 等于 $1/3 V_{REF}$ ，此时输出将为高电平，D2将正向偏置。由于NPN晶体管基极为正电压，Q1进入饱和状态。因此，输出电压为零，供电电压在R5和D3上产生压降，从而点亮LED。

当 V_{IN} 高于此 $1/3 V_{REF}$ 的电压下限且低于 $2/3 V_{REF}$ ($V_{REF(HIGH)}$)时，两个比较器的输出均为低电平，二极管反向偏置。Q1的基极没有电压，晶体管处于截止状态，没有集电极电流流过R6或R5、D3。输出电压为电源电压 $V+$ 。

如果 V_{IN} 高于电压上限，即 $V_{REF(HIGH)}$ 等于 $2/3 V_{REF}$ ，此时输出将为高电平，D1将正向偏置。由于NPN晶体管基极为正电压，Q1进入饱和状态。因此，输出电压为零，供电电压在R5和D3上产生压降，从而点亮LED。

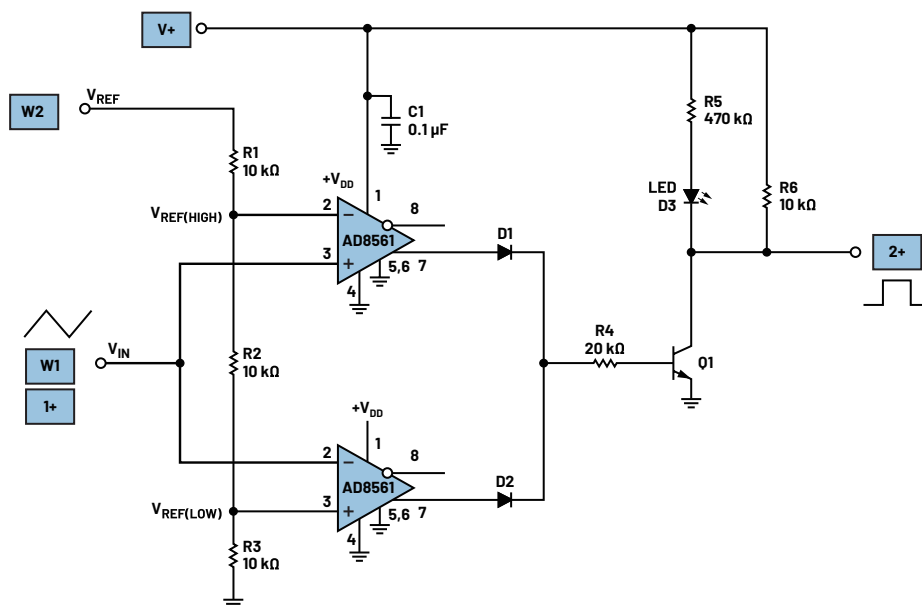


图1. 窗口比较器。

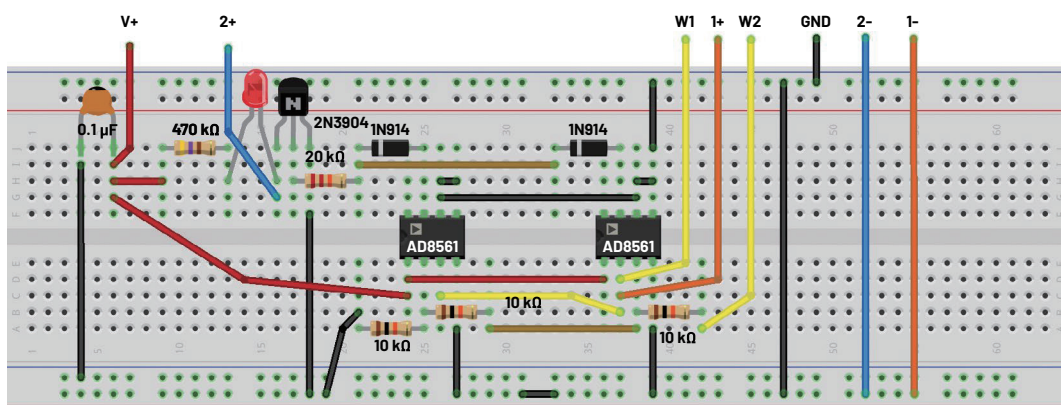


图2. 窗口比较器试验板电路。

硬件设置

为窗口比较器电路构建以下试验板电路。

程序步骤

使用第一波形发生器(W1)作为信号源来提供峰峰值为5 V，频率为100 Hz，直流偏置为2.5 V的三角波信号。

使用第二波形发生器(W2)作为5 V恒定基准电压。

使用5 V电源为电路供电。

配置示波器，使通道2上显示输出信号，通道1上显示输入信号。

产生的波形如图3所示。

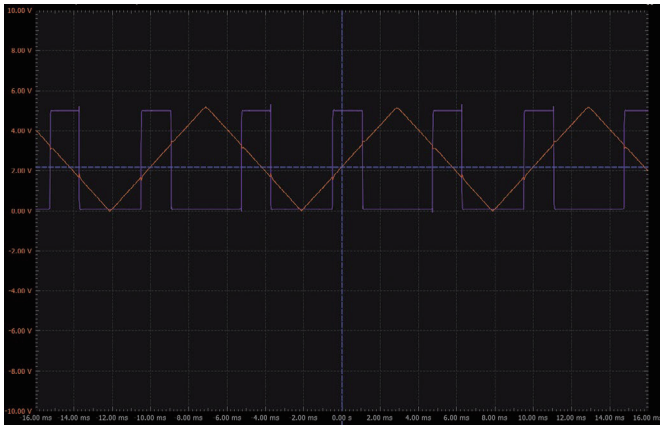


图3. 窗口比较器波形。

当输入电压介于基准电压上限和下限之间时，可在图中观察到窗口。

温度控制

背景知识

窗口比较器应用的一个示例是简单的温度控制器电路（图2）。温度传感器TMP01采用图1所示的双比较器配置。为R1、R2和R3选择适当的值之后，该电路就能监视温度是否保持在所需范围内（15°C至35°C）。

TMP01是一款线性电压输出温度传感器，带有一个窗口比较器，用户可以对其进行编程设置，当超过预定温度设定点电压时就会激活两个开集输出之一。可以使用低漂移基准电压源来设置设定点。将两个开集输出连接在一起作为单线“或”输出，我们便可获得一个信号——当环境温度在目标窗口内时，该信号为逻辑高电平。

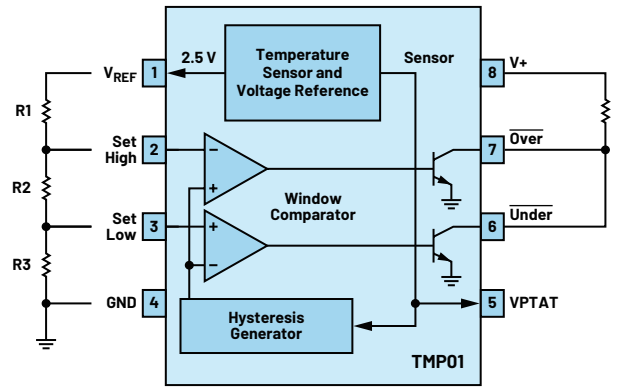


图4. 温度传感器窗口比较器。

对TMP01进行编程

在使用简单梯形电阻分压器的基本固定设定点应用中，所需的温度设定点按照以下步骤编程设置：

- ▶ 选择所需的滞回温度。
- ▶ 计算滞回电流 I_{VREF} 。
- ▶ 选择所需的设定点温度。
- ▶ 计算为了产生期望的比较器设定点电压（SET HIGH和SET LOW）所需的电阻分压器各梯形电阻值。

滞回电流很容易计算。例如，如需2度的滞回， $I_{VREF} = 17 \mu A$ 。接下来，使用 V_{PTAT} 比例因子 $5 \text{ mV/K} = 5 \text{ mV}/(^{\circ}\text{C} + 273.15)$ （25°C时为1.49 V）确定设定点电压 $V_{SETHIGH}$ 和 V_{SETLOW} 。然后，根据这些设定点计算分压电阻。计算电阻的公式如下：

$$R1 \text{ (以k}\Omega\text{为单位)} = (V_{VREF} - V_{SETHIGH}) / I_{VREF} = (2.5 \text{ V} - V_{SETHIGH}) / I_{VREF}$$

$$R2 \text{ (以k}\Omega\text{为单位)} = (V_{SETHIGH} - V_{SETLOW}) / I_{VREF}$$

$$R3 \text{ (以k}\Omega\text{为单位)} = V_{SETLOW} / I_{VREF}$$

$$R1 + R2 + R3 \text{ 的总和等于从基准电压源汲取期望滞回电流（即 } I_{VREF} \text{）所需的负载电阻。}$$

$$R1 + R2 + R3 \text{ 的总和等于从基准电压源汲取期望滞回电流（即 } I_{VREF} \text{）所需的负载电阻。}$$

R1 + R2 + R3的总和等于从基准电压源汲取期望滞回电流（即 I_{VREF} ）所需的负载电阻。

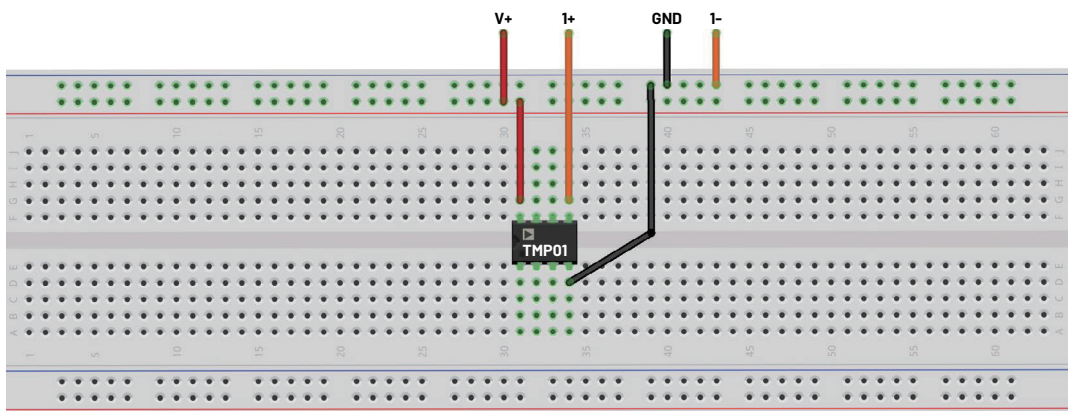


图5. 温度测量。

$$I_{VREF} = 2.5 \text{ V} / (R1 + R2 + R3)$$

由于 $V_{REF} = 2.5 \text{ V}$ ，基准负载电阻为 $357 \text{ k}\Omega$ 或更大（输出电流为 $7 \mu\text{A}$ 或更小），因此温度设定点滞回为 0° 度。更大的负载电阻值只会将输出电流降低到 $7 \mu\text{A}$ 以下，而不会影响器件的运行。滞回量通过选择 V_{REF} 的负载电阻值来确定。

任务

1. 构建如下电路：

测量 V_{PTAT} 输出值，计算实测温度（以开氏度和摄氏度为单位）。

2. 构建如下电路：

2a. 明确元器件并尝试绘制电路原理图。

2b. 使用试验板电路提供的信息计算以下参数：

- I_{VREF}
- $V_{SETHIGH}$
- V_{SETLOW}
- $T_{SETHIGH}$
- T_{SETLOW}

2c. 温度设定点滞回是多少度？如何更改此值？

2d. 电路的工作原理是什么？LED1（红光）和LED2（蓝光）何时点亮？解释您的答案。

问题：

1. 对于图1所示电路，通过公式表示 $V_{REF(LOW)}$ 和 $V_{REF(HIGH)}$ 与 $R1$ 、 $R2$ 、 $R3$ 和 $W2$ 的依赖关系。如果所有电阻都相等，那么 $V_{REF(HIGH)}$ 和 $V_{REF(LOW)}$ 的比值是多少？

您可以在[学子专区论坛](#)上找到问题答案。

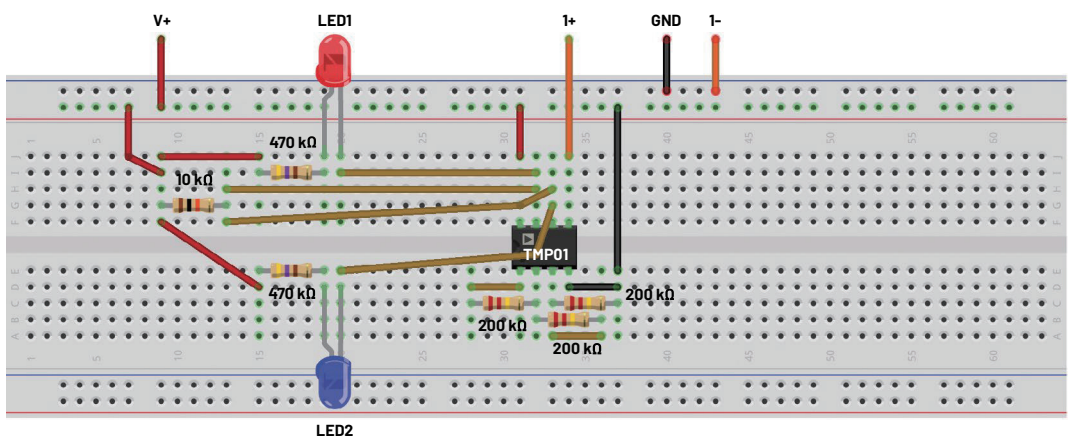


图6. 温度控制。



作者简介

Doug Mercer于1977年毕业于伦斯勒理工学院(RPI)，获电子工程学士学位。自1977年加入ADI公司以来，他直接或间接贡献了30多款数据转换器产品，并拥有13项专利。他于1995年被任命为ADI研究员。2009年，他从全职工作转型，并继续以名誉研究员身份担任ADI顾问，为“主动学习计划”撰稿。2016年，他被任命为RPI ECSE系的驻校工程师。



作者简介

Antoni Miclaus现为ADI公司的系统应用工程师，从事ADI教学项目工作，同时为Circuits from the Lab®、QA自动化和流程管理开发嵌入式软件。他于2017年2月在罗马尼亚克卢日-纳波卡加盟ADI公司。他目前是贝碧思鲍耶大学软件工程硕士项目的理学硕士生。他拥有克卢日-纳波卡科技大学电子与电信工程学士学位。

