

学子专区— ADALM2000实验： 将BJT连接为二极管

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

简单的NPN二极管连接

目标：

本次实验的目的是研究将双极性结型晶体管(BJT)连接为二极管时的正向/反向电流与电压特性。

材料：

- ▶ ADALM2000 主动学习模块
- ▶ 无焊面包板
- ▶ 一个1kΩ电阻（或其他类似值）
- ▶ 一个小信号NPN晶体管(2N3904)

说明：

NPN晶体管的发射极-基极结的电流与电压特性可以使用ADALM2000实验室硬件和以下连接来测量。使用面包板，将波形发生器W1连接到电阻R1的一端。将示波器输入2+也连接到这里。将Q1的基极和集电极连接到R1的另一端，如图所示。Q1的发射极接地。将示波器输入2-和示波器输入1+连接到Q1的基极-集电极节点。示波器输入1-也可以选择接地。

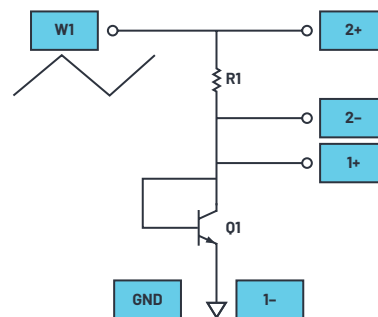


图1. NPN二极管连接图。

硬件设置：

波形发生器配置为100 Hz三角波，峰峰值幅度为6 V，偏移为0 V。示波器的差分通道2（2+、2-）用于测量电阻（和晶体管）中的电流。连接示波器通道1（1+）用于测量晶体管两端的电压。流过晶体管的电流是1+和1-之间的电压差除以电阻值(1 kΩ)的结果。

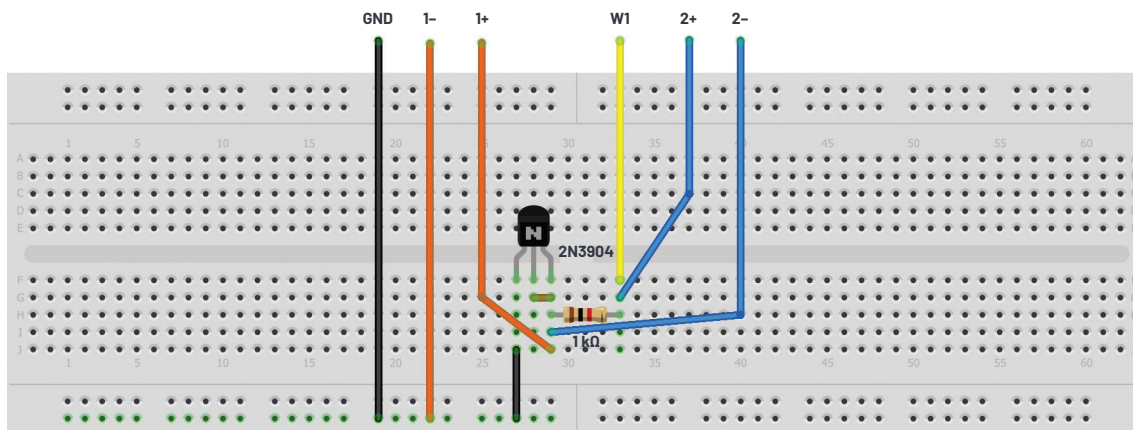


图2. NPN二极管面包板电路。

步骤：

将捕获的数据加载到电子表格中，计算电流。绘制电流与晶体管两端电压(V_{BE})的曲线。没有反向流动电流。在正向导通区域，电压-电流呈对数关系。如果在对数坐标系中绘制电流曲线，结果应为直线。

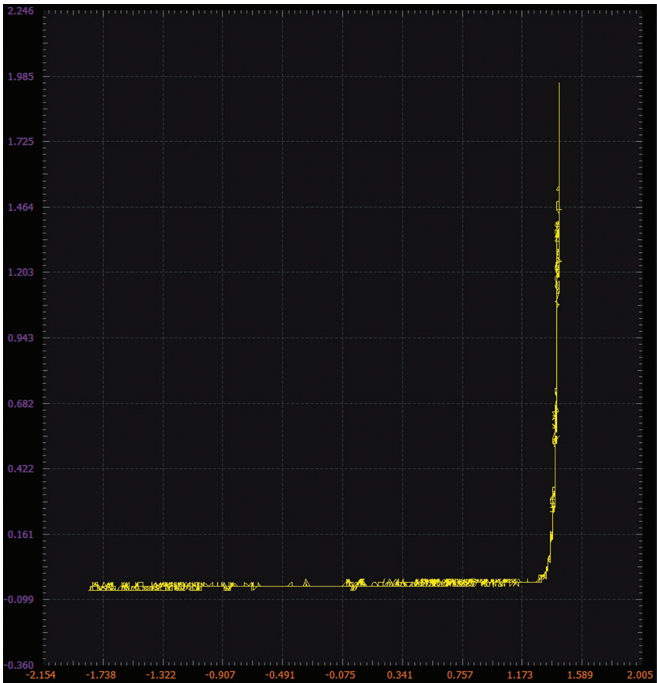


图3. NPN二极管XY曲线。

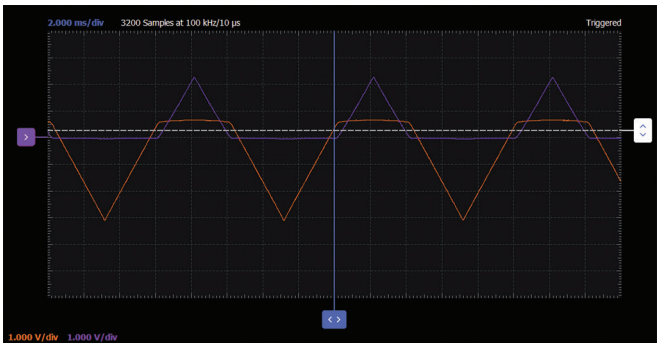


图4. NPN二极管波形。

反向击穿特性

目标：

本次实验的目标是研究BJT连接为二极管时发射极-基极结的反向击穿电压特性。

材料：

- ▶ 一个100 Ω 电阻
- ▶ 一个小信号PNP晶体管(2N3906)

说明：

使用面包板，将波形发生器输出连接到100 Ω 串联电阻R1的一端以及Q1的基极和集电极，如图2所示。发射极连接到-5 V固定电源。将示波器通道1 (1+)连接到基极-集电极节点，1-连接到发射极节点。示波器通道2用于测量R1两端的电压，从而测得通过Q1的电流。之所以选择PNP 2N3906而不是NPN 2N3904，是因为PNP发射极-基极击穿电压小于ADALM2000可产生的+10 V最大值，而NPN的击穿电压可能会高于10V。

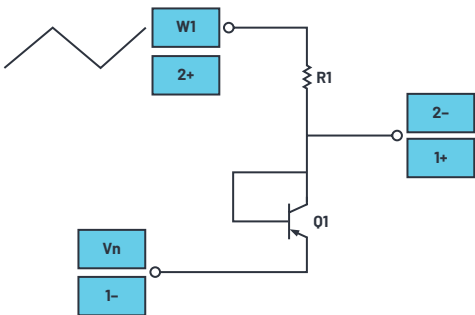


图5. PNP发射极-基极反向击穿配置。

硬件设置：

波形发生器配置为100 Hz三角波，峰峰值幅度为10 V，偏移为0 V。示波器通道1 (1+)用于测量电阻两端的电压。其设置应配置为将通道2跨接到电阻R1的两端 (2+、2-)。两个通道均应设置为每格1 V。流过晶体管的电流是2+和2-之间的电压差除以电阻值(100 Ω)的结果。

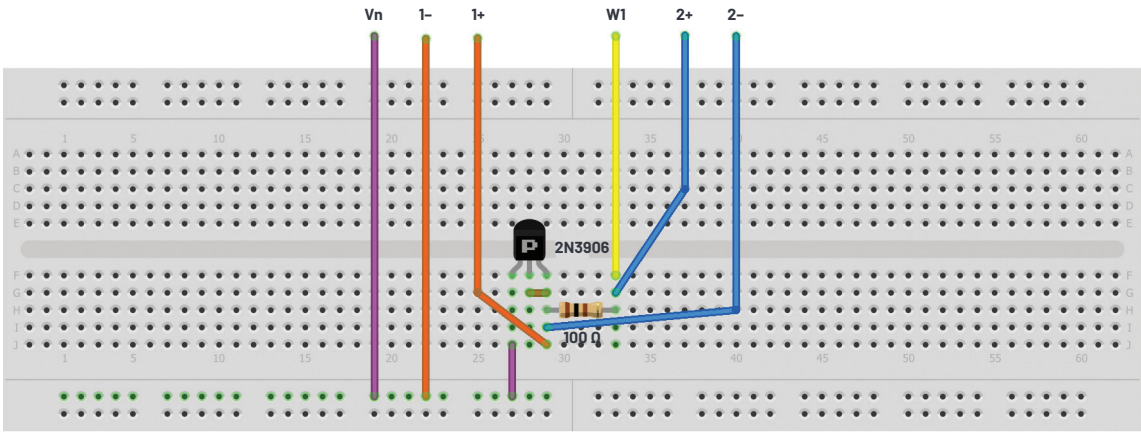


图6. PNP发射极面包板电路。

步骤:

实验室硬件电源将可用的最大电压限制为小于10V。许多晶体管的发射极-基极反向击穿电压都大于此电压。在图6所示的配置中，可以测量0 V至10 V（W1峰峰值摆幅）之间的电压。



图7. PNP发射极波形。

捕获示波器波形并将其导出到电子表格中。对于本示例中使用的PNP晶体管2N3906，发射极-基极结击穿电压约为8.5V。

降低二极管的有效正向电压

目标:

本次实验的目标是研究一种正向电压特性小于BJT连接作为二极管时的电路配置。

材料:

- ▶ 一个1kΩ电阻
- ▶ 一个150 kΩ电阻（或100 kΩ与47 kΩ电阻串联）
- ▶ 一个小信号NPN晶体管(2N3904)
- ▶ 一个小信号PNP晶体管(2N3906)

说明:

连接面包板，将波形发生器W1连接到串联电阻R1的一端以及NPN Q1的集电极和PNP Q2的基极，如图8所示。Q1的发射极接地。Q2的集电极连接到Vn（5 V）。电阻R2的一端连接到Vp（5 V）。R2的另一端连接到Q1的基极和Q2的发射极。示波器通道2（2+）的单端输入连接到Q1的集电极。

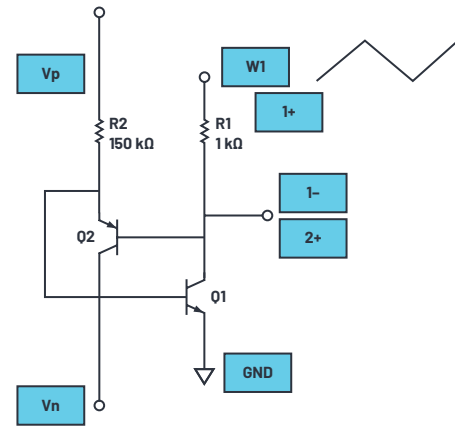


图8. 降低二极管的有效正向压降所需的配置图。

硬件设置:

波形发生器配置为100 Hz三角波，峰峰值幅度为8 V，偏移为2 V。示波器通道2（2+）用于测量电阻两端的电压。流过晶体管的电流是示波器输入1+和1-之间的电压差除以电阻值（1kΩ）的结果。

步骤:

现在，二极管的导通电压约为100 mV，而第一个示例中的简单二极管连接方案为650 mV。绘制W1扫频时Q1的 V_{BE} 曲线。



图10. 降低二极管有效正向压降的波形。

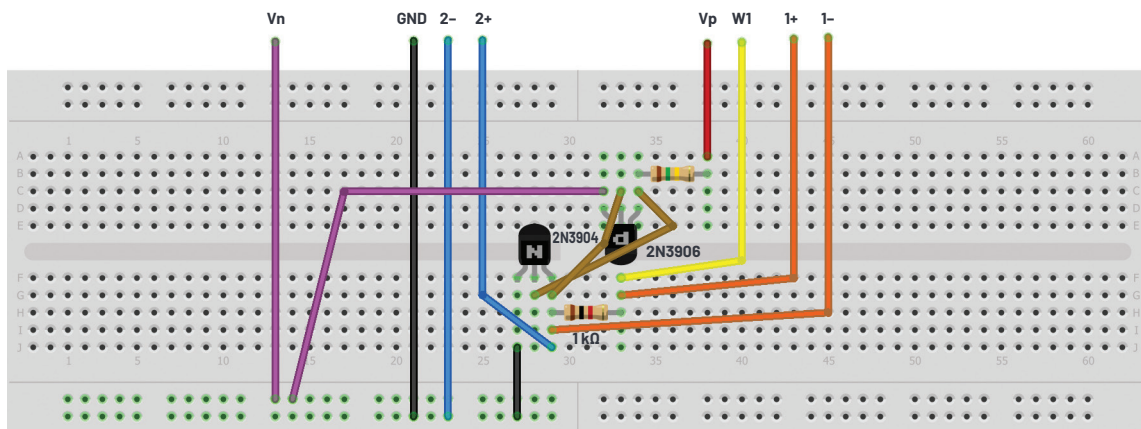


图9. 降低二极管有效正向压降的面包板电路。

V_{BE}乘法器电路

目标：

我们已探讨了一种能有效降低V_{BE}的方法，本次实验的目的则是增大V_{BE}，并展示与单个BJT连接为二极管的方案相比更大的正向电压特性。

材料：

- ▶ 两个2.2 kΩ电阻
- ▶ 一个1 kΩ电阻
- ▶ 一个5 kΩ可变电阻、电位计
- ▶ 一个小信号NPN晶体管(2N3904)

说明：

连接面包板，将波形发生器W1连接到电阻R1的一端，如图11所示。Q1的发射极接地。电阻R2、R3和R4构成分压器，电位计R3的滑动端连接到Q1的基极。Q1的集电极连接到R1的另一端和R2处的分压器顶端。示波器通道2(2+)连接到Q1的集电极。

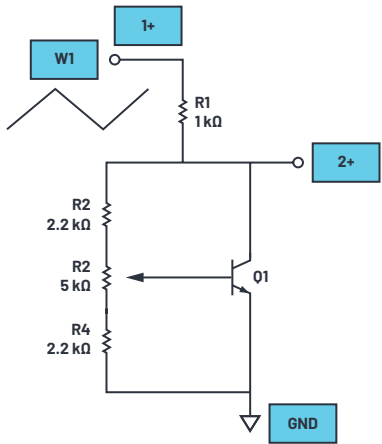


图11. V_{BE}乘法器配置。

硬件设置：

波形发生器配置为100 Hz三角波，峰峰值幅度为4 V，偏移为2 V。示波器通道单端输入2+用于测量晶体管两端的电压。其设置应配置为通道1+连接发生器W1以显示输出，通道2+连接Q1的集电极。流过晶体管的电流是示波器输入1+和示波器输入2+测得的W1两端的电压差除以电阻值(1kΩ)的结果。

步骤：

开始时，将电位计R3设置为其范围的中间值，Q2集电极处的电压应大约为V_{BE}的2倍。将R3设置为最小值时，集电极处的电压应为V_{BE}的9/2（或4.5）倍。将R3设置为最大值时，集电极处的电压应为V_{BE}的9/7倍。

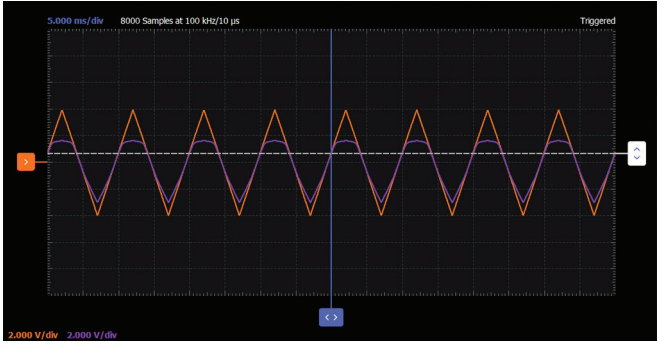


图13. V_{BE}乘法器面包板波形。

问题：

- ▶ 此V_{BE}乘法器与简单的二极管连接的晶体管相比，其电压与电流之间的特性如何？

您可以在[学子专区博客](#)上找到问题答案。

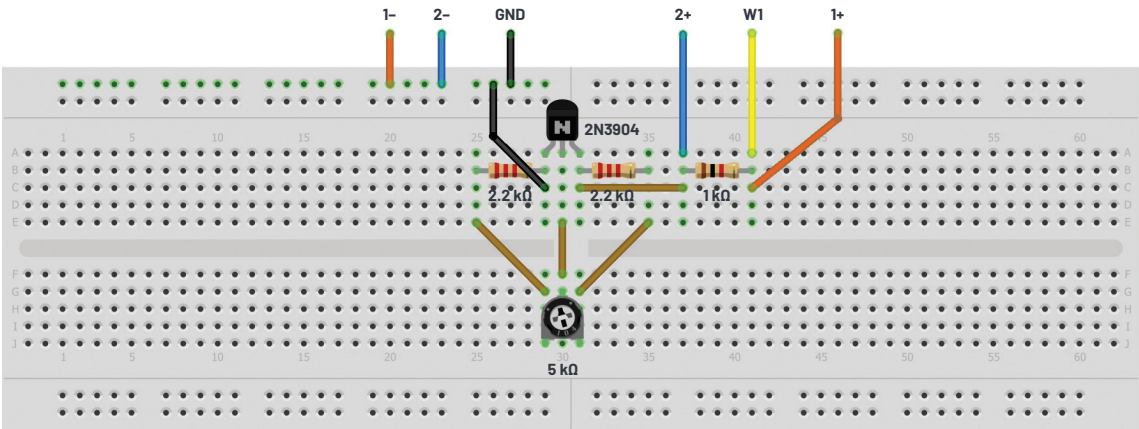


图12. V_{BE}乘法器面包板电路。



作者简介

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。联系方式：doug.mercer@analog.com。



作者简介

Antoniu 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，拥有克卢日-纳波卡科技大学电子与电信工程学士学位。联系方式：antoniu.miclaus@analog.com。

