

# 学子专区—2018年3月 ADALM1000 SMU培训 主题3.戴维宁等效电路和最大功率传输

作者: Antoniu Miclaus和Doug Mercer

## 共享 😰 🙆 🗯 讷

在《模拟对话》2017年12月文章中介绍SMUADALM1000之后,我们 希望进行一些小的基本测量,这是ADALM1000系列的第三部分。如 需参阅第一篇ADALM1000文章,请点击此处。



图1. ADALM1000原理图。

现在我们开始下一个实验。

### 目标

本实验活动的目的是通过获得给定电路的戴维宁等效电压(V<sub>TH</sub>)和 戴维宁等效电阻(R<sub>TH</sub>)来验证戴维宁定理,然后验证最大功率传输 定理。

#### 背景知识

利用戴维宁定理可以将一个复杂电路简化为由一个电压源(V<sub>Tt</sub>)与 一个电阻(R<sub>Tt</sub>)和负载电阻(R<sub>L</sub>)串联组成的等效电路。创建戴维宁等 效电路之后,很容易确定负载电压V<sub>L</sub>或负载电流I<sub>L</sub>。 戴维宁定理的主要用途之一是用一个简单的等效电路替换一个电路的很大一部分,通常是较复杂且意义不大的部分。相比于更复杂的原始电路,利用新的更简单电路可以快速计算出输送给负载的电压、电流和功率。该定理还有助于选择负载(电阻)的最佳值以实现最大功率传输。



图2.图1的戴维宁等效电路。

最大功率传输定理是指,一个独立电压源与一个电阻 $R_s$ 串联,或 一个独立电流源与一个电阻 $R_s$ 并联,当负载电阻 $R_L = R_s$ 时,输送 给 $R_L$ 的功率最大。

就戴维宁等效电路而言,当负载电阻R<sub>l</sub>等于电路的戴维宁等效电 阻R<sub>m</sub>时,输送给R<sub>l</sub>的功率最大。



图3.最大功率传输。

#### 材料

- ▶ ADALM1000 硬件模块
- 各种电阻 (100 Ω、330 Ω、470 Ω、1 kΩ 和 1.5 kΩ)

#### 程序

#### 1. 验证戴维宁定理:

- ▶ a)利用下列元件值构建图2所示电路:
  - $R_1 = 330 \ \Omega$
  - $R_2 = 470 \ \Omega$
  - $R_3 = 470 \ \Omega$
  - $R_4 = 330 \ \Omega$
  - $R_5 = 1 \ k\Omega$
  - $R_L = 1.5 \text{ k}\Omega$
  - $R_s = 5 V$
- ▶ b)使用 ALM1000 电压表工具精确测量负载电阻两端的电压 VL。使用电压表工具,将通道 CA 连接到 VL 的正端,将通道 CB 连接到负端。VL 将是 CA 电压与 CB 电压之差。该值稍后将与您 使用戴维宁等效电路得出的值进行比较。
- C) 测出 VTH:移除负载电阻 RL,测量端子上的开路电压 Voc。使用电压表工具,将通道 CA 连接到 Voc 的正端,将通道 CB 连接到负端。Voc 将是 CA 电压与 CB 电压之差。它等于 VTH。参见图 4。



图4. 测量戴维宁电压。

d)测出 RTH:移除电源电压 Vs并构建图 5 所示电路。使用 ALM1000 欧姆表工具测量原先 RL 所在开口处的电阻。这就是 RTH。使用欧姆表进行测量之前,确保没有电源施加到电路上, 并且接地连接已按照图示移动。



图5.测量戴维宁电阻R<sub>TH</sub>。

▶ e)获得 VTH 和 RTH 之后,构建图 2 所示电路。利用零件箱中电阻的串联和 / 或并联组合得到 RTH 的值。使用仪表源工具,连接通道 CA 以提供 VTH 源,并将该值设置为步骤 c 中测量的 VTH 值。



图6. 戴维宁等效结构。

- f) R<sub>L</sub> 设置为步骤 b 中使用的 1.5kΩ,测量等效电路的 V<sub>L</sub>,并将 其与步骤 b 中获得的 V<sub>L</sub> 进行比较,由此验证戴维宁定理。
- ▶ g) 可选步骤:设置 R<sub>L</sub> = 2.2kΩ, 重复步骤 1b 至步骤 1f。

#### 2. 验证最大功率传输定理:

- ▶ a)利用下列值构建图7所示电路:
  - $V_s = 5 V$
  - $R_1 = R_2 = 470 \ \Omega$
  - $R_3 = 1 \ k\Omega$
  - R<sub>L</sub> = 1 kΩ 和 100 Ω 电阻的组合 (图 8)



图7.验证最大功率定理的电路。

- ▶ b) 使用电压表工具, 将通道 CA 连接到 V₁ 的正端, 将通道 CB 连接到 R₁ 的负端。V₁ 将是 CA 电压与 CB 电压之差。
- c) 为找到传输最大功率的 R<sub>L</sub>值,构建 1 kΩ 和 100 Ω 的串 / 并 联组合,以 100 Ω 步进将负载电阻 R<sub>L</sub> 从 500 Ω 改变到 1400 Ω, 如图 8 所示。对于每个 R<sub>L</sub>值,记下 V<sub>L</sub>。

$$\begin{array}{c} -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{1 \text{ k}\Omega} = 500 \Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{1 \text{ k}\Omega} = 600 \Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{1 \text{ k}\Omega} = 600 \Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{1 \text{ k}\Omega} = 700 \Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{1 \text{ k}\Omega} = 700 \Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{1 \text{ k}\Omega} = 700 \Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{1 \text{ k}\Omega} = 100 \Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{1 \text{ k}\Omega} = 1.1 \text{ k}\Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} = 1.2 \text{ k}\Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} = 1.3 \text{ k}\Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} = 1.3 \text{ k}\Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} = 1.3 \text{ k}\Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} = 1.3 \text{ k}\Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} = 1.3 \text{ k}\Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} = 1.3 \text{ k}\Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} = 1.3 \text{ k}\Omega \\ -\frac{1 \text{ k}\Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} = 1.3 \text{ k}\Omega \\ -\frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{100 \Omega} = 1.3 \text{ k}\Omega \\ -\frac{100 \Omega}{100 \Omega} + \frac{100 \Omega}{10 \Omega} +$$

图8. R<sub>L</sub>配置。

▶ d) 使用 P<sub>L</sub> = V<sub>L</sub>/R<sub>L</sub> 计算每个负载电阻值对应的功率。然后在测量结果之间进行插值,以计算对应于最大功率 (P<sub>L</sub>-max) 的负载电阻值。该值应等于图 7 中电路的 R<sub>TH</sub> (相对于负载端子)。

#### 问题

- ▶ 1. 对图 2 电路使用分压, 计算 VL。将其与测量值进行比较。解释为何存在差异。
- ▶ 2. 计算传输到图 3 电路所获得的负载 R<sub>i</sub> 的最大功率。

您可以在学子专区博客上找到问题答案。

#### 注释

与所有ALM实验室一样,当涉及与ALM1000连接器的连接和配置 硬件时,我们使用以下术语。绿色阴影矩形表示与ADALM1000模 拟l/0连接器的连接。模拟l/0通道引脚被称为CA和CB。当配置为 驱动电压/测量电流时,添加-V,例如CA-V,当配置为驱动电流/测 量电压时,添加-I,例如CA-I。当通道配置为高阻态模式以仅测量 电压时,添加-H,例如CA-H。

示波器迹线同样按照通道和电压/电流来指称,例如: CA-V和CB-V 指电压波形, CA-I和CB-I指电流波形。

对于本文示例,我们使用的是ALICE 1.1版软件。

文件: alice-desktop-1.1-setup.zip。请点击此处下载。

ALICE桌面软件提供如下功能:

- ▶ 双通道示波器,用于时域显示和电压/电流波形分析。
- ▶ 双通道任意波形发生器 (AWG) 控制。
- ▶ X和Y显示,用于绘制捕捉的电压/电流与电压/电流数据,以 及电压波形直方图。
- ▶ 双通道频谱分析仪,用于频域显示和电压波形分析。
- ▶ 波特图绘图仪和内置扫描发生器的网络分析仪。
- ▶ 阻抗分析仪,用于分析复杂 RLC 网络,以及用作 RLC 仪和矢量 电压表。
- 一个直流欧姆表相对于已知外部电阻或已知内部 50 Ω 电阻测 量未知电阻。
- ▶ 使用 ADALP2000 模拟器件套件中的 AD584 精密 2.5 V 基准电 压源进行电路板自校准。
- ▶ ALICE M1K 电压表。
- ▶ ALICE M1K 表源。
- ▶ ALICE M1K 桌面工具。

更多信息,请查看<mark>此处</mark>。

注:需要将ADALM1000连接到您的PC才能使用该软件。

Antoniu Miclaus [antoniu.miclaus@analog.com]是ADI公司的系统应用工程师, 从事ADI学术项目、Circuits from the Lab<sup>®</sup>嵌入式软件和QA过程管理工作。他 于2017年2月在罗马尼亚Cluj-Napoca开始在ADI公司工作。

他目前是Babes-Bolyai大学软件工程硕士项目的理学硕士生,拥有Cluj-Napoca 科技大学电子与电信工程学士学位。

Doug Mercer [doug.mercer@analog.com]于1977年获得伦斯勒理工学院(RPI)电 气工程学士学位。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。



Doug Mercer

Antoniu Miclaus

主题2:比例和叠加 学子专区——2018年2月