

ADI 工程大学—为什么应该加入

作者: Ryan Fletcher 和 Scott Wayne

简介

ADI 公司在整个发展历程中始终致力于教育培训,他们拥有经过严格培训的应用工程师以及在线 [EngineerZone](#) 社区,还提供丰富的教材、电路笔记和[杂志文章](#),充分体现了公司在这方面的努力。遗憾的是,在当今一切数字化的时代,很多大学生感觉数字电子更加时髦和令人兴奋,而模拟电子似乎枯燥乏味且已经过时。更糟糕的是,很多大学课程是根据学生的兴趣量身打造的,增加了数字技术方面的课程内容,同时忽视了模拟设计技能。

但模拟技术仍然占据着主导地位。光、声、温度、压力和加速度都是模拟量,因此模拟传感器、信号调理和数据转换器始终都是必需的。此外,虽然广播通信正在逐渐步入数字领域,但它们的射频信号需要模拟接收机、发射机和低噪声放大器。另外,随着能源效率和“绿色”地球变得日益重要,对模拟电源管理技术产生了前所未有的需求。

模拟技术正处于蓬勃发展阶段,而并非日渐衰落。事实上,在很多先进的高清电视中,模拟电路的使用甚至多于传统模拟电视;心脏监护设备使用精密模拟信号处理来检测噪声中嵌入的小信号;现代手机需要模拟电源管理电路来延长电池续航时间;汽车在电子稳定系统中使用微机电系统(MEMS)加速度计和陀螺仪;卫星通信使用射频发射机在模拟世界中广播数字信号。因此,模拟技术并未过时,它当前的需求量超过以往任何时候。

ADI 公司认识到大学课程与行业对模拟电路设计技术的需求存在着差距,因此在 2012 年 3 月[宣布推出其工程大学计划](#)。该计划旨在彻底革新工程学生学习模拟电路设计的方式,为工程学生和教授提供经济实惠的便携模拟设计套件,让他们能够试验先进技术,随时随地构建和测试实际模拟电路,从而增强他们的教学体验。

除了工程学生之外,工程大学计划还非常适合在职工程师,他们可能非常精通软件开发或数字技术,但感觉自己缺乏模拟电路设计的某些基础知识。该计划也适合想要加强对模拟电路的理解的技术人员,以及希望掌握新设计技能的发烧友和发明人。

这项全面计划提供教材,内容包括练习、实验和课后作业,另外提供用于控制、模拟和分析的软件,以及支持动手学习的设计套件。在线社区可以促进学生、教授和在职工程师之间的沟通交流。截止 2013 年 1 月,第一学期课程“电路 1”已经推出。今后的课程,包括“电路 2”、“电子 1”和“电子 2”,也正在编写中。

教材

精心编排的教材包括课后作业和实验。每个章节开头都提供介绍和目标列表。为读者编写的示例和练习穿插在整个教材中,部分总结可以巩固已学课程。第一学期课程—**真实模拟: 电路 1**—包括 12 个章节(另以一系列视频和可下载授课幻灯片的方式提供):

1. 电路分析基础知识

本章介绍以下内容: 电压、电流和功率的基本概念; 基本电路元件, 包括理想的电源和电阻; 各种分析技术, 例如基尔霍夫的电压和电流定律、欧姆定律。实验会提供实际行为的第一点提示: 电阻围绕理想电阻值变化, 还会介绍模拟电路的第一个实际应用: 使用热敏电阻测量温度。

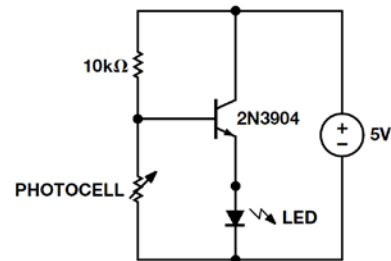


图 1. 第 1 章实验: 日间照明电路。

2. 电路简化

本章采用第 1 章介绍的技术来分析电阻的串联和并联组合, 以及它们用作分压器和分流器的情形。非理想电源和非理想测量器件提供实际行为的更多示例。

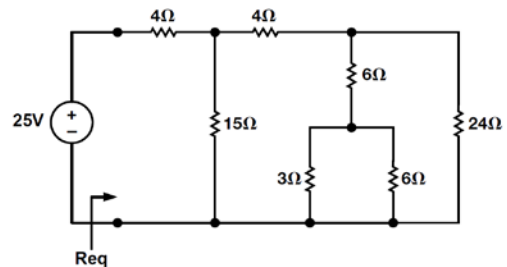


图 2. 第 2 章课后作业: 查找等效电阻 R_{eq} , 以及电源提供的电流。

3. 节点和网格分析

本章介绍电路节点和网格的概念—包括参考节点、从节点、超级节点和约束网格, 提供分析电路电压和电流的简单方法。

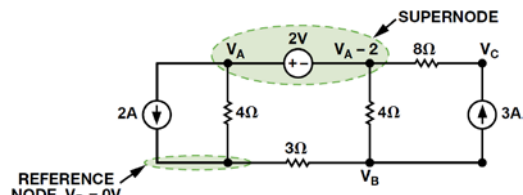


图 3. 第 3 章的范例显示参考节点和超级节点。

4. 系统和网络定理

本章介绍进行电路分析的系统级方法，将概念电路表示为具有输入和输出的实际系统。本章定义线性度的数学概念，解释如何使用叠加来分析线性系统，还介绍强大的戴维宁和诺顿定理，它让复杂电路能够作为更加简单的等效电路建模。实验演示功率如何从电源传输到负载，以及如何匹配负载以实现最大能量传输。

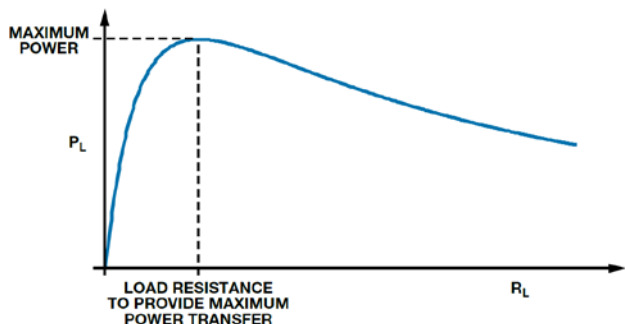


图 4. 第 4 章曲线图显示负载电源和负载电阻的关系。

5. 运算放大器

本章介绍运算放大器(op amp)，顾名思义，它们的功能是执行数学运算，例如加法、积分和求幂。本章首先介绍理想行为，它让我们能够简单地分析反相、同相和差分电路，随后本章还解释了实际行为的效应，包括有限增益、有限输出阻抗、非零输入阻抗和非零失调电压。实验使用运算放大器来改进温度测量系统。

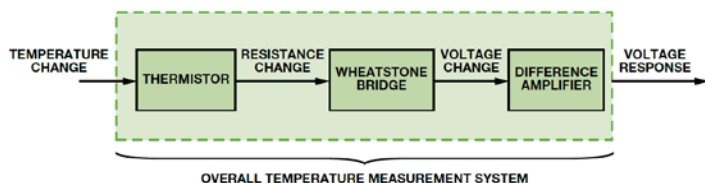


图 5. 第 5 章实验框图：
温度测量系统设计。

6. 储能元件

本章介绍电感和电容及其充当的储能元件角色，以及它们的实际行为。前几章介绍的所有电路可以使用代数公式进行分析，而这些动态电路元件由差分方程决定。教材定义了瞬态和稳态响应，以及多个数学概念，例如单位阶跃函数和衰减式指数函数。实验将生成和观察随时间变化的波形。

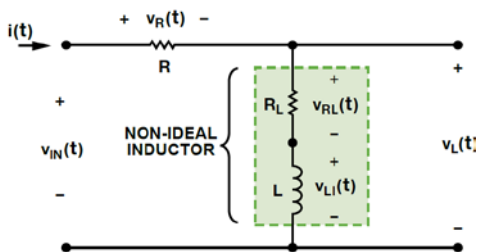


图 6. 第 6 章的电路显示电感的非理想模型。

7. 一阶电路

本章介绍一阶电路—这些电路包括单个独立储能元件，用一阶差分方程描述特性。本章分析了包含电阻器和单个电容或电感的电路的自然响应，以及它们对输入电压或电流的步进改变的响应。实验演示如何测量有源 RC 电路的时间常数和阶跃响应。

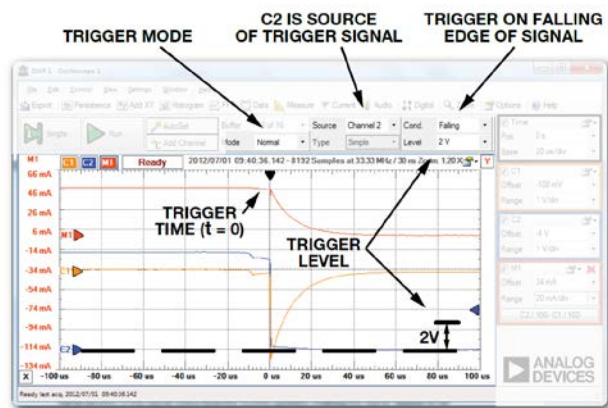


图 7. 第 7 章的控制面板展示触发时间和电平。

8. 二阶电路

本章在上一章演示的概念基础上进行了扩展，以分析二阶电路—这些电路包括两个独立储能元件，用二阶差分方程描述特性。一阶电路的阶跃响应随时间成指数规律衰减，而二阶电路的阶跃响应可能振荡，因此本章将介绍自然频率和阻尼比的概念，并将它们与电路的上升时间、过冲和稳态响应关联起来。实验测量 RLC 电路的阶跃响应，并分析为什么实际行为与理想计算存在差别。

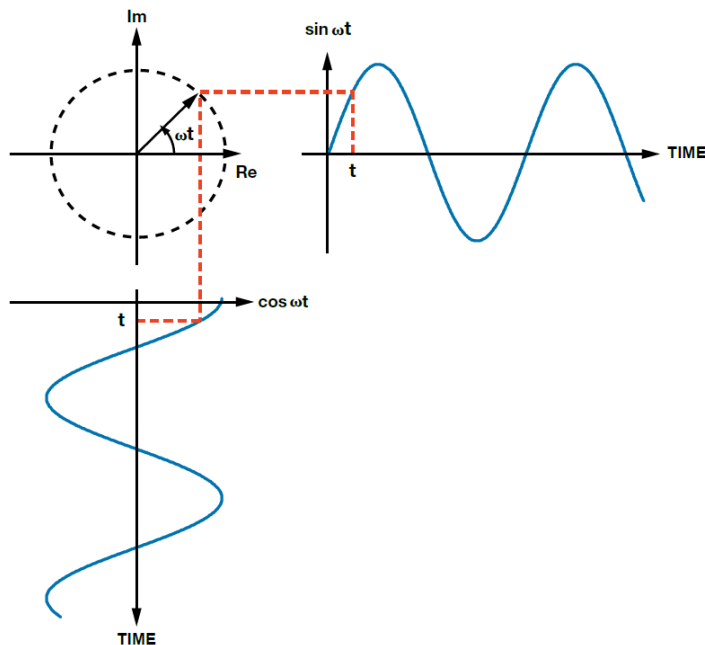


图 8. 第 8 章的插图显示 $\sin \omega t$ 、 $\cos \omega t$ 和 $e^{j\omega t}$ 之间的关系。

9. 状态变量模型简介

本章介绍状态变量模型，它使用电容两端的电压和通过电感的电流，确定系统的状态。该状态可完全确定系统在每个时刻的特征，从而随时了解系统状态，后续时间的系统输入让我们确定任何后续时间的输出。本章介绍状态变量建模如何实现数值模拟以确定系统响应。本章的实验将测量结果与 MATLAB® 或 Octave 模拟进行比较。

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dot{x}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1/L_1 \\ 0 & -R/L_2 & 1/L_2 \\ 1/C & -1/C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/L_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u(t)$$

图 9. 第 9 章的矩阵代数演示第三方电路的状态变量分析。

10. 稳态正弦分析

本章重点介绍具有正弦输入的动态系统的稳态行为，忽略系统的瞬态响应。本章展示如何以复杂指数和相量形式表示正弦信号，并对阻抗和导纳进行定义，还解释系统的频率响应如何表示输入和输出信号之间的关系。实验测量放大器电路的增益和相位。

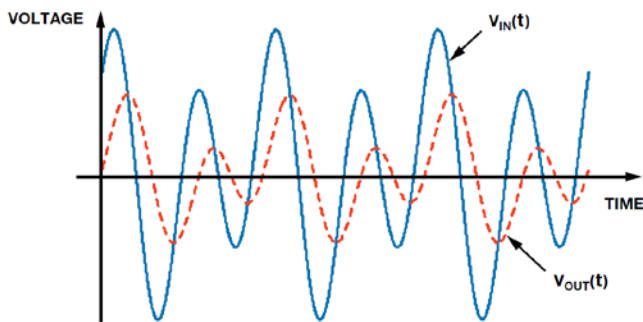


图 10. 第 10 章的曲线图显示系统对双音输入信号的响应。

11. 频率响应和滤波

本章说明如何将系统的频率响应作为一种设计和分析工具，以及如何以信号频率成分来表示信号。本章介绍信号调理的概念，侧重于低通和高通滤波器，还演示波特图如何能够显示系统的幅度和相位行为。实验包括音频应用的 MEMS 麦克风的输出调理，以及用于测量机械应力的振动传感器的输出。

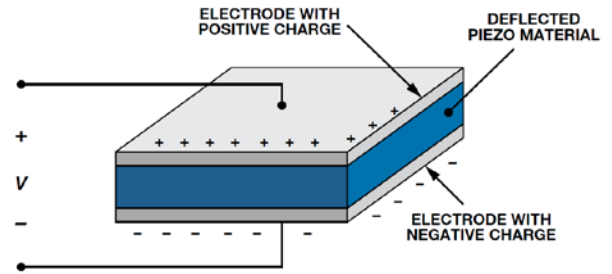


图 11. 第 11 章实验项目的振动传感器。

12. 稳态正弦功率

本章涵盖使用正弦信号的功率传输，还介绍瞬时、平均和无功功率的概念。然后还介绍如何校正感性负载功率因数。

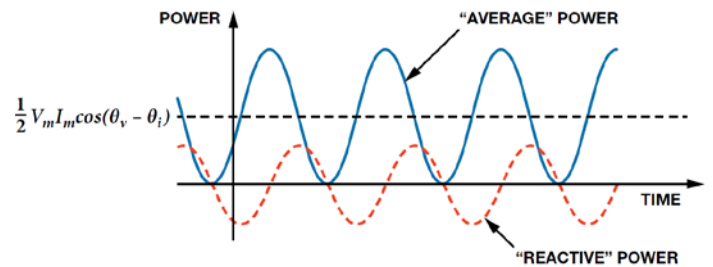


图 12. 第 12 章的曲线图显示瞬时功率信号的分量。

硬件

除了理论之外，教材还提供实际电路，讨论非理想情况，通过实验练习提供动手尝试，但真正的乐趣来自设计套件。Analog Discovery™ 设计套件提供 2 通道示波器、2 通道任意波形发生器、16 通道逻辑分析仪、16 通道模式发生器、2 通道电压表、网络分析仪以及两个电源，从而形成完整的、便携的 USB 电源模拟设计实验，让学生能够在产生想法时随时随地进行试验。



图 13. Analog Discovery 设计套件。

该设计套件与[模拟部件套件](#)配对使用，后者包括电阻、电容、二极管、晶体管、传感器、运算放大器、转换器、稳压器等，另外还有无焊试验板、螺丝刀和分类引脚线路。



图 14. 模拟部件套件。

设计套件使用 [WaveForms™](#)，它是一款功能强大的虚拟仪器套件，为每种仪表提供简洁易用的图形界面，让用户能够轻松地获取、存储、分析、生成和重复使用模拟和数字信号。



图 15. Waveforms 软件。

学生的看法

在一个学生项目中，我正在构建一种设备的原型，用于自动蒸发浴室镜子上的冷凝物。在这个过程中，我使用了 ADI 工程大学计划的组件，包括 Analog Discovery 设计套件、WaveForms 软件、模拟部件套件和在线教材。该计划的大量丰富资源对我从事的项目具有无可衡量的价值，必然也会吸引其他工程学生的极大关注。感兴趣的学生可在任何地点轻松地访问、发送和查看计划的免费在线教材。Analog Discovery 和 [Electronics Explorer](#) 硬件设计平台让学生能够在任何地点使用传统实验室的功能。对我而言，这种多功能性激发了学生对模拟电路的兴趣，同时鼓励他们进行创新，在瞬间激发电路开发灵感。掌握

这些强大的资源之后，学生能够进行探索研究，以满足他们的极大好奇心，同时补充在课堂上学习的知识。

在线课程教材就是该计划最具吸引力的一部分资源。Real Analog 教材论述的主题是从电气工程师的角度传授的，对于这些以往由学术型作者编写的主题，他们可以提供独到的见解。发音清晰的视频授课和 PowerPoint 幻灯片可为书面教材提供补充；分步实验练习利用实际应用，培养必备的动手技能。ADI 工程大学课件免费在线提供，非常适合为现有课程内容提供补充，也可作为优良的独立学习资源。

在线课程教材可以启发学生学习知识，但最实用的资源也许还是通过[虚拟教室](#)提供的资源。在这个开放论坛中，任何人都可以提出有关课程教材、技术练习或设计平台的问题。虚拟教室是 ADI 工程大学计划的一个重要部分，而其他大多数教育项目现在不提供这种形式。该社区由 ADI 公司的专业人员进行定期监控，旨在鼓励学生之间的协作。它能够促进全球交流，同时提供及时的问题解答，从而提升很多学生的效率。

对于我而言，该计划最实用的部分是 Analog Discovery 设计套件。利用这个平台，结合免费的 WaveForms 软件，我从计算机同时实施了示波器、任意波形发生器和电源，从而能够快速轻松地开始电路设计。图 16 显示在我的 PC 上运行的上述功能的屏幕截图。虽然没有在我的这个项目中使用，但该设计套件还提供其他众多功能，包括逻辑分析仪、模式发生器、静态 I/O、电压表和网络分析仪。凭借该设备的便携性和易用性，学生的创意和创新不再只限于传统实验室的范围，而是可以带到宿舍、公共区域甚至家中。包括硬件在教育项目中是非常罕见的，它是一个极其新颖的创意，可将实际设计技能与理论学习结合在一起。我强烈推荐可选的模拟部件套件，事实证明它是极为实用的，为我节省了订购部件的时间，并且避免了诸多麻烦。

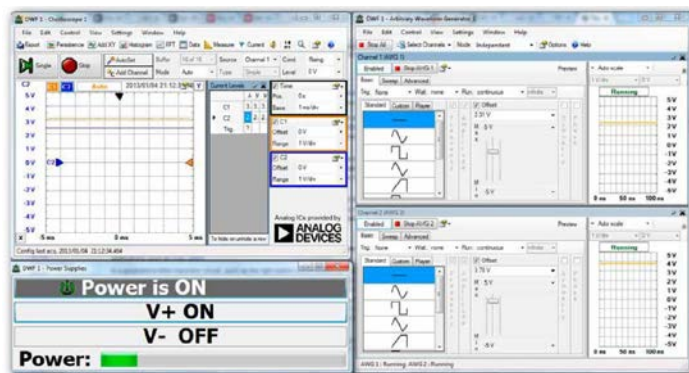


图 16. 从计算机运行示波器、任意波形发生器和电源。

图 17 显示 Analog Discovery 设计套件如何让实验功能能够在任何地点使用，甚至包括厨房餐桌。实验工具的这种使用便利性，可以鼓励学生更有创意地应用知识，学习在课堂上无法传授的调试技术和其他技能。凭借便携性和易用性，该设计套件为学生提供了一种应用知识的简易工具。

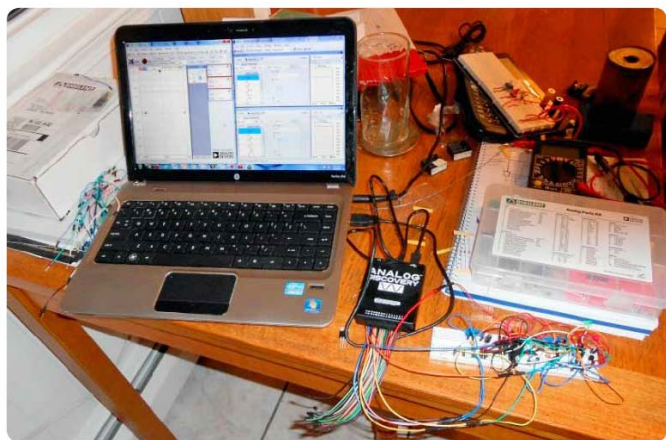


图 17. Analog Discovery 让实验在任何地点使用，甚至包括厨房餐桌

第二个硬件开发平台 Electronics Explorer 拥有超出 Analog Discovery 设计套件的功能，将示波器通道数从二个增加到四个，提供可编程电源和基准电压，而不是固定电压，并且增加了电流表。Analog Explorer 包括了 Analog Discovery 的可选基本部件套件。WaveForms 的演示模式可演示两个平台的全面功能，让潜在用户在购买之前尝试使用。除此之外，用户还可以在线访问多个实验室，以便熟悉两种设计套件。

与所有教育项目相同，ADI 工程大学计划也具有自身的优势和不足。首先介绍它的优势，该课件易于访问，而且完全免费。在线教材的编写者完全了解课程内容，因而不会出现太多混淆和曲解。理论和实际应用相结合，使得阅读和动手学习近乎完美地结合在一起。此外，在线课程结合采用多种形式帮助我们充分理解主题，包括视频讲课、PowerPoint 幻灯片、教材以及巩固学习效果的课后作业，让计划成为学习模拟电路的优良资源。

但是，该计划仍然存在有待改进之处。课后作业缺乏足够的数量和深度，无法提供对教程的更深理解，虚拟教室缺乏参与度。教材中存在少许格式不一致和语法错误，虽然它们不会妨碍教材的信息传达。最后，为了避免混乱，Diligent®应该包括有关下载 WaveForms 的说明，另外 Analog Discovery 套件应该附带一份手册（我需要知道下载哪个软件，还要搜索解释套件完整用法的文档）。

现在向对感兴趣的读者介绍一下我的项目，这种设备使用家庭制作的洁净薄膜加热器蒸发浴室镜子上的冷凝物，它使用 AD22100 温度传感器来感应相对湿度和温度，使用带有比较器和简单晶体管逻辑的电路来控制加热器。图 18 显示了试验板，用于构建电路原型和调试电路、测试电压和模拟传感器输入。事实证明 ADI 工程大学是极有价值的学习工具；今后，我还计划使用更多在线课程教材来学习电路。

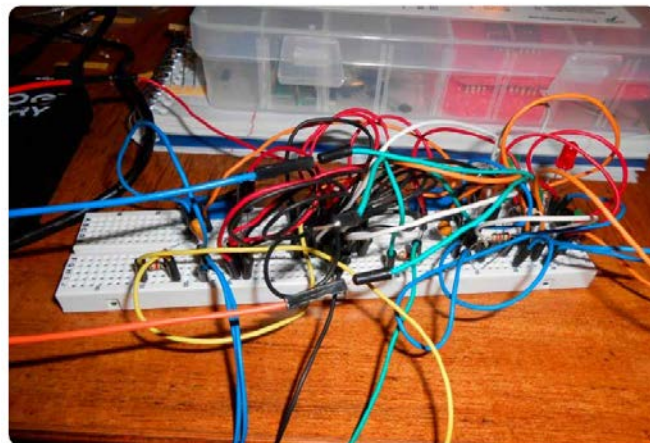


图 18. 试验板上的原型电路。

结论

ADI 工程大学计划提供了学习模拟电路知识的优良资源。教材、视频授课和实验能够以高标准传授模拟理论，培养学生的好奇心；虚拟教室便于进行国际交流、解答问题和远程协助；硬件设计平台具有出色的功能，鼓励学生积极创新。

我们邀请您在 [EngineerZone](#) 上的[模拟对话社区](#)对 ADI 工程大学发表评论。

参考文献

[Revolutionizing How Engineering Students Learn Analog Circuit Design.](#)

[Video about Analog Devices University Program.](#)

[Lab Activity Material Outline, Electronics I and II](#)

作者简介

Ryan Fletcher [rfletcher@wpi.edu] 是麻省伍斯特理工学院数学学院的学生，其研究方向包括电气和机器人工程、数学和商业。他是多家俱乐部的会员，包括辩论、极限飞盘和休闲滑雪。在业余时间，Ryan 还喜欢自行车、山地车和单板滑雪。



Scott Wayne [scott.wayne@analog.com]于 1978 年加盟 ADI 公司担任设计工程师。在成为《模拟对话》职员之前，他使用模块、混合和单芯片技术，设计了众多精密模数和数模转换器。Scott 拥有麻省理工学院的电气工程学士学位(BSEE)，并通过该校的 edX 计划继续深造。他撰写过多篇论文并拥有两项专利。在闲暇时间，Scott 喜欢徒步旅行、骑自行车和皮艇。

