

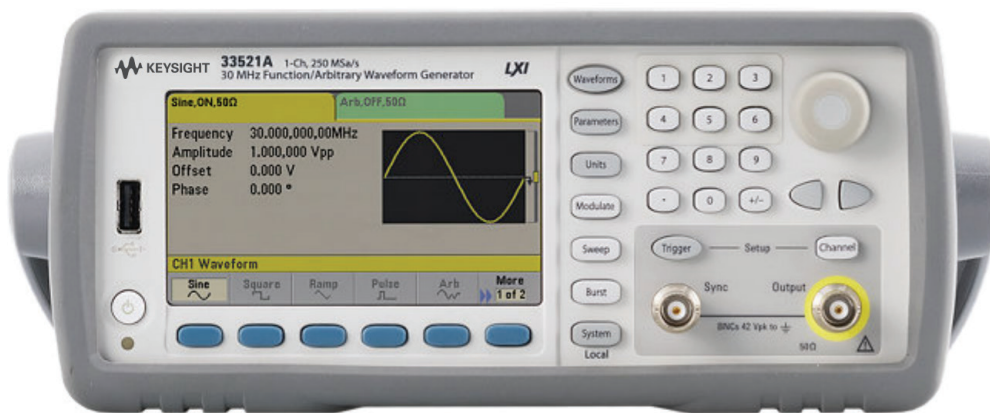
是德科技

使用任意波形发生器生成复杂的 ECG 波形

测量技巧

第 10 卷, 第 3 期

应用指南



引言

心电图 (ECG) 是检查人体疾病的重要手段。在使用 ECG 时, 医务人员将导联和电极置于患者体表, 测量一个心动周期内的心电活动, 导联和电极的各路输出结合在一起, 可生成一个 ECG 信号。该信号的幅度与时间变化可显示各种病症的迹象, 例如心肌梗死、低血钙症和肺气肿。目前有很多心脏仪器都能显示和分析 ECG 信号波形。医疗设备设计人员需要灵活和完美地生成精确的 ECG 信号波形, 以便验证和测试他们的设计。本测量提示将讨论如何使用任意波形发生器 (AWG) 生成复杂的 ECG 信号波形。

快照

心脏监视设备制造商需要测试其最新设计的仪器在 ECG 信号捕获和分析方面的能力。设计工程师应当逐步针对变化中的正常和非正常 ECG 信号序列进行仿真, 以测量和调试设计的输入信号调理硬件与固化软件解释算法, 从而确保他们的设计不会产生误报或危及生命的漏报。工程师可以使用 Keysight 33521A 函数/任意波形发生器来仿真 ECG 信号。33521A 具有任意波形排序功能。该功能使工程师能够对存储在任意波形存储器中的各种 ECG 信号进行无缝切换。他们也不必中断测试便能仿真各种逐渐变化的 ECG 异常信号。此外, 33521A 的 100 万点任意波形存储器还使他们能够存储数目庞大的 ECG 信号。



ECG 波形

图 1 显示了一个典型的 12 导联和电极的 ECG 波形。主要的波形和间隔均已标出。

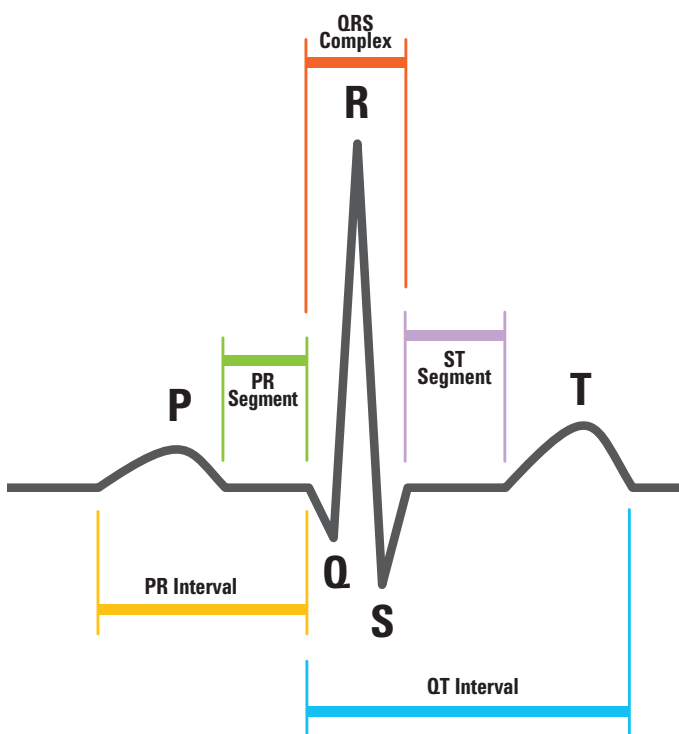


图 1. 12 导联 ECG 波形

在本测量简报中，我们将以 12 导联和电极 ECG 波形为例，为您展示如何使用 AWG 生成复杂的心脏信号波形。AWG 也可用于仿真其他多个电极的 ECG 波形或是单导联电极信号。本章主要介绍如何使用 AWG 生成复杂的心脏信号波形。

ECG 波形

在 AWG 中生成和存储 ECG 的方法有三种：

1. 您可以使用数字化仪或示波器来捕获患者实际的 ECG 信号，随后再将数字化点上传至 AWG。现代 AWG 能够提供多种方式帮助您完成信号存储，包括使用 .csv 文件和 U 盘。
2. 您可以使用数学软件来生成 ECG 信号，也可以采用专为 AWG 设计的自定义软件或是标配软件包（例如 MATLAB[®]）。
3. 如果条件允许的话，您可以使用 AWG 的内置典型 ECG 波形。Keysight 33521A 就具备这种功能。

如图 2 所示，本测量提示稍后用到的示例 ECG 波形是以 33521A 的内置 ECG 波形为基础。将方法 1 与方法 2 或是方法 3 与方法 2 结合使用，可轻松生成一整套不同的 ECG 波形。您可以获取并处理内置 ECG 波形中的数字化点（方法 3），以生成其他非典型或非正常的 ECG 信号来测试心脏监测设备。一种方式是，您可以通过采用 33521A 的大型前面板显示器来完成测试。另一种方式是使用数学软件工具（方法 2）。由此，您能够结合使用方法 2 和方法 3，以生成一整套不同的 ECG 波形。方法 1 和方法 2 也是如此。

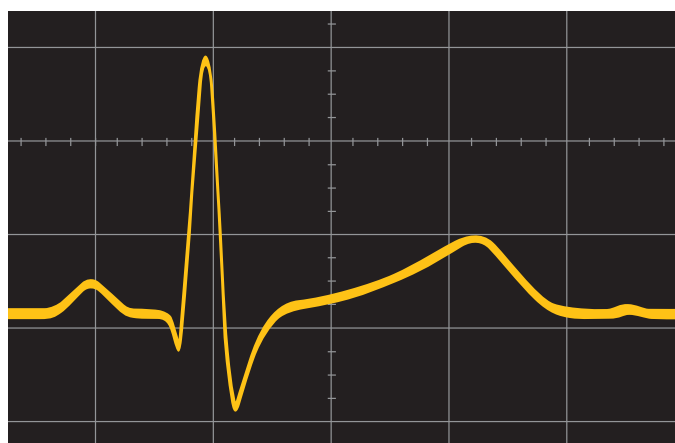


图 2. 内置 ECG 波形

测量技巧

您可以下载和使用 MATLAB 中的 ECG 仿真器程序。您可以在 <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/10858-ecg-simulation-using-matlab> 中找到 ECG 仿真器下载及说明，或在搜索引擎中输入“ECG MATLAB”，在搜索结果的前端找到它。该程序通过对多个傅立叶级数求和，生成 ECG 波形。傅立叶级数可应用于 ECG 波形中的各种波形，例如 P 波和 T 波等。该程序使您能够调整各种 ECG 波形参数以仿真不同的心脏状况。

使用 AWG 的任意波形排序功能仿真复杂的 ECG 波形

33521A 函数/任意波形发生器具备任意波形排序功能，无需中断输出即可在存储器中的任意波形之间进行无缝转换。图 3 显示了针对三个分别存储于存储器的不同 ECG 波形应用 33521A 任意波形排序功能的实例。

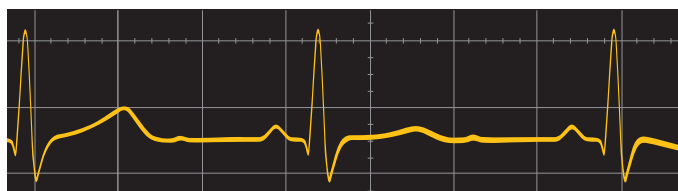


图 3. ECG 波形序列示例

第一个波形周期是 33521A 的内置 ECG 波形。第二、三个波形是以第一个波形为基础，在应用 MATLAB 软件时会发生系统性的改变。请注意，第二个 ECG 波形具有一个平坦的 T 波。在第三个 ECG 波形中，这个 T 波将被倒置。

33521A 的排序功能可使您灵活地控制波形排序。作为控制排序的一种方式，您需要在对下一个波形进行排序之前，提前指定每个波形的运作周期次数。序列也可返回至先前在其他序列中出现过的波形。

33521A 拥有任意波形排序功能、大型任意波形存储器、标配每通道 100 万点以及可选的 1600 万点，使您能够仿真复杂的 ECG 波形，以便对心脏监测设备的设计进行完整的测试。例如，图 3 显示的三种波形均为 500 点。33521A 的标配任意波形存储器使您可以存储多达 2000 个大小相等的 ECG 波形。33521A 支持内含 512 个步进的任意波形序列，使您能够生成复杂的 ECG 波形以进行完整测试。

测量技巧

您可以通过使用触发器来异步控制 33521A 中的任意波形序列，进而控制波形转换（代替周期计数）。您能够使一个波形在某个未确定时间周期内循环往复，直至波形接收软件触发、外部触发或是前面板触发。当波形接收触发时，33521A 会跳转至序列中的下一个波形。您也可以序列中混合应用这两种转换方法，指定计数并且使用触发器。

测量技巧

实际心脏信号的幅度极低，通常仅有几毫伏甚至更少。这会为 AWG 的仿真应用带来困难。AWG 的最低幅度设置是在 10 mV 至 1 mV 之间（33521A 的最低幅度是 1 mV），因此在采用最低幅度时，AWG 的信噪比会出现问题。您可以在 AWG 的输出端使用分压器克服上述缺点。鉴于 ECG 信号的频率极低，因此分压器只需使用若干电阻器，并且不必考虑反作用。当您在构建分压器时，切记其输出信号的幅度精度取决于所用电阻器的精密程度。例如，图 4 所示，使用 10 k Ω 电阻器和 10 Ω 电阻器的分压器将会使幅度从 1 V 降至 1 mV。

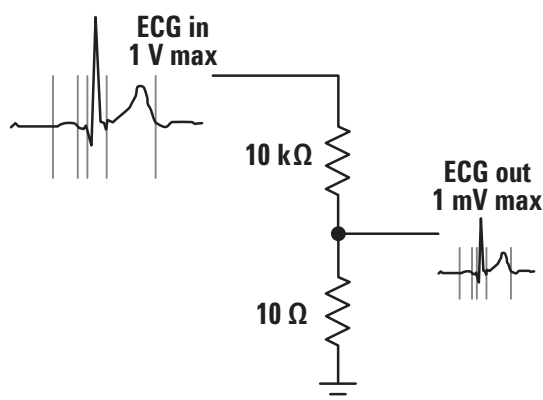


图 4. 简单的分压器

总结

人的生命非常脆弱，因此对心脏监测设备的设计进行完整的测试很重要。为了确保您的设计能够正确表征和分析各种 ECG 波形情况，必须对复杂 ECG 信号波形的仿真模型进行精确测试。33521A 拥有任意波形排序功能和任意波形深存储器，可为 ECG 仿真提供卓越的解决方案。排序功能可以实现多种 ECG 信号情况之间的无缝转换。任意波形深存储器可存储数目庞大的 ECG 波形，进一步完善排序功能。因此，您能够在波形之间进行细微的改变，以便对设计进行高分辨率测试。

如欲了解是德科技函数/任意波形发生器解决方案的更多详情，请访问 www.keysight.com/find/FunctionGeneratorSpotlight



myKeysight

myKeysight



www.keysight.com/find/mykeysight

个性化视图为您提供最适合自己的信息！

3 年保修

是德科技卓越的产品可靠性和广泛的 3 年保修服务完美结合，从另一途径帮助您实现业务目标：增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。



是德科技保证方案

www.keysight.com/find/AssurancePlans

5 年的周密保护以及持续的巨大预算投入，可确保您的仪器符合规范要求，精确的测量让您可以继续高枕无忧。



www.keysight.com/go/quality

是德科技公司

DEKRA 认证 ISO 9001:2008

质量管理体系

是德科技渠道合作伙伴

www.keysight.com/find/channelpartners

黄金搭档：是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

www.keysight.com/find/FunctionGeneratorSpotlight

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，请访问：www.keysight.com/find/contactus

是德科技客户服务热线

热线电话: 800-810-0189、400-810-0189
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863
电子邮件: tm_asia@keysight.com

是德科技(中国)有限公司

北京市朝阳区望京北路 3 号是德科技大厦
电话: 86 010 64396888
传真: 86 010 64390156
邮编: 100102

是德科技(成都)有限公司

成都市高新区南部园区天府四街 116 号
电话: 86 28 83108888
传真: 86 28 85330931
邮编: 610041

是德科技香港有限公司

香港铜锣湾希慎道 33 号
利园1期 45 楼 4567室内
电话: 852 31977777
传真: 852 25069233

上海分公司

上海市虹口区四川北路 1350 号
利通广场 19 楼
电话: 86 21 26102888
传真: 86 21 26102688
邮编: 200080

深圳分公司

深圳市福田区福华一路 6 号
免税商务大厦裙楼东 3 层 3B-8 单元
电话: 86 755 83079588
传真: 86 755 82763181
邮编: 518048

广州分公司

广州市天河区金穗路62号侨鑫国际中心17楼
雷格斯侨鑫国际中心1772室
电话: 86 20 38390680
传真: 86 20 38390712
邮编: 510623

西安办事处

西安市碑林区南关正街 88 号
长安国际大厦 D 座 501
电话: 86 29 88861357
传真: 86 29 88861355
邮编: 710068

南京办事处

南京市鼓楼区汉中路 2 号
金陵饭店亚太商务楼 8 层
电话: 86 25 66102588
传真: 86 25 66102641
邮编: 210005

苏州办事处

苏州市工业园区苏华路一号
世纪金融大厦 1611 室
电话: 86 512 62532023
传真: 86 512 62887307
邮编: 215021

武汉办事处

武汉市武昌区中南路 99 号
武汉保利广场 18 楼 A 座
电话: 86 27 87119188
传真: 86 27 87119177
邮编: 430071

上海MSD办事处

上海市虹口区欧阳路 196 号
26 号楼一楼 J+H 单元
电话: 86 21 26102888
传真: 86 21 26102688
邮编: 200083