



# 使用任意波形 / 函数发生器 复现真实世界信号 应用指南

## 引言

今天，几乎所有消费品都有电路或器件要求输入特定电子信号，产品才能正确运行。这种输入可以非常简单，如来自汽车碰撞传感器的信号；也可以非常复杂，如控制器局域网 (CAN) 或 IC 间总线 (I<sup>2</sup>C) 信号。在设计 and 测试这些器件时，要求一种机制复现输入信号。在许多情况下，还需要在信号中增加噪声或其它异常事件，以在真实世界和极限条件下测试器件。常用的方法是使用应用软件创建这些信号，或使用示波器捕获实地信号，然后把创建或捕获的这个波形加载到任

意波形 / 函数发生器 (AFG) 中，如泰克 AFG3000 系列和 AFG2000 系列。AFG 可以重复复现这一信号，在控制的环境中测试最终电路设计，如温度舱或 EMC 测试室中。由于可以简便地改动复现的信号，它们可以控制测试，检验被测器件的全部可靠性。某些示波器，如 MDO3000，带有集成 AFG，可以完全在一台仪器中捕获、修改和复现信号。

本应用指南将介绍使用泰克 AFG 产品和 ArbExpress 软件复现真实世界信号所需的各个步骤。

# Replicating Real World Signals

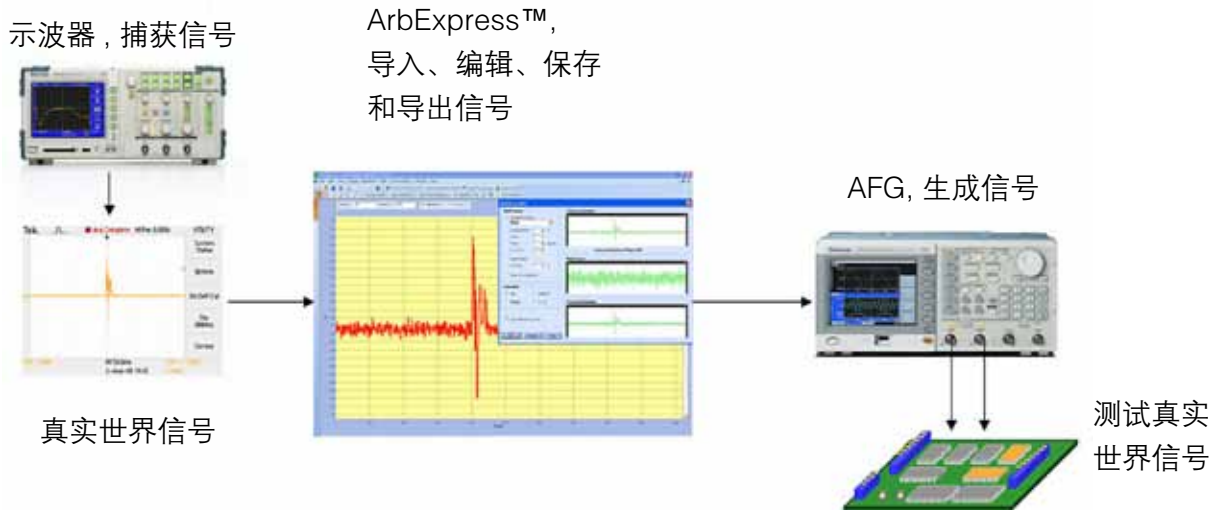


图 1. 信号复现流程图。

## AFG 基础知识

我们首先讨论什么是任意波形 / 函数发生器。从本质上看, AFG 的任意波形发生器部分是一种完善的播放系统, 它根据存储的数字数据生成波形, 这些数字数据描述了 AC 信号不断变化的电压电平。我们可以用大家熟悉的方式介绍任意波形的概念, 它在一定程度上类似于唱片机, 实时从磁盘中读出数字编码的模拟音频信号。AFG 的任意波形功能提供了几乎任何其它仪器都不能匹配的通用性。由于能够生成想得到的几乎任何波形, AFG 可以支持从汽车传感器模拟到无线网络极限测试的各种应用。

AFG 的函数发生器部分生成稳定、精确、捷变的标准形状的波形, 特别是最重要的正弦波和方波。捷变性的指从一个频率迅速、干净地变成另一个频率的能力。大多数 AFG 提供了人们熟悉的下述波形的某个子集:

- 正弦波
- 方波
- 三角波
- 扫描波
- 脉冲
- 锯齿波
- 调制
- 半正弦波

当前的 AFG 是为改善输出信号的相位、频率和幅度控制而设计的。此外，许多 AFG 为调制来自内部信号源或外部信号源的信号提供了一条途径，这对某些类型的标准一致性测试至关重要。

### 创建任意波形

在本应用指南中，我们将主要讨论 AFG 的任意波形功能。为使用 AFG，您必须先创建要生成的信号，有多种方法可以创建信号。比较常用的方法是使用软件，根据技术数据画出波形，或者使用示波器捕获波形，然后把它发送到 AFG 生成波形。我们将分别考察这两种方法。

### 捕获发动机碰撞传感器信号

在第一个实例中，我们将使用示波器捕获汽车碰撞传感器输出，然后把它发送到 AFG，然后使用复现的信号，评估发动机电脑控制系统。

碰撞传感器是任何新型汽车上都会配备的一种小型压电器件。在与电子控制模块 (ECM) 结合使用时，它可以确定什么时候发生碰撞，并相应地延迟点火定时。生成这种碰撞传感器信号的不同幅度和定时，可以大大加快 ECM 设计的整体测试速度，而不要求等待发动机碰撞，才能精确测试 ECM 器件。如果不使用信号源生成这个信号，设计评估任务要困难得多。

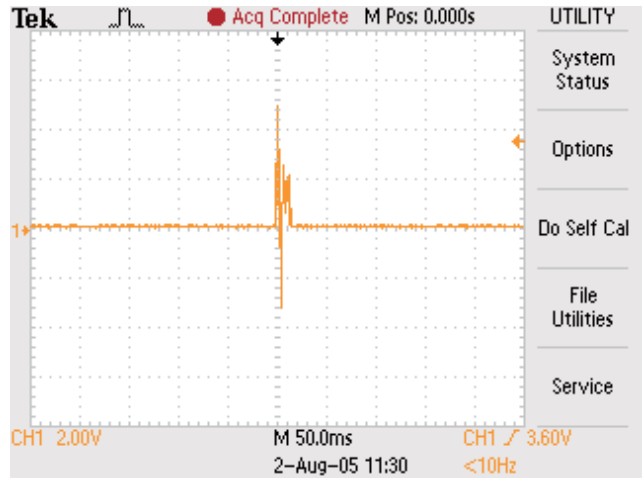


图 2. 示波器上捕获的碰撞传感器。

为捕获真实世界碰撞信号，包括所有重叠的失真和异常信号，必需探测压电传感器的输出信号，在发动机运行时捕获信号。传感器信号应表示某个发动机所有汽缸生成的信号和定时。下一步是提取一个汽缸的一个碰撞，然后使用 AFG 复现这个信号。

在我们的实例中，我们先捕获非失真的信号，可能会在整个测试程序中增加异常事件。等待发动机碰撞是一项非常乏味的任务。因此，为捕获信号，我们将使用已知良好的传感器，从发动机中去掉传感器，使用一个小型扳手接好，模拟发动机碰撞。这种方法可以很好地模拟传感器对实际发动机碰撞的反应。然后，在泰克 TPS2000 系列便携式示波器上捕获得到的波形。它表示发动机的一个碰撞及一个汽缸的理想信号。参见图 2。

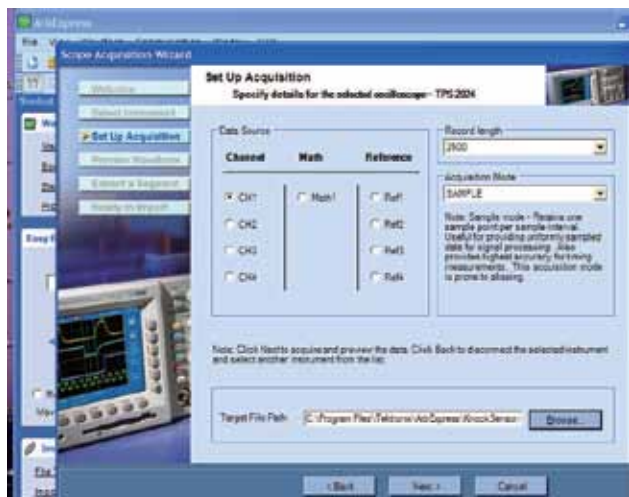


图 3. ArbExpress 示波器采集向导。

### 使用 ArbExpress™ 软件示波器采集向导

一旦示波器上已经捕获了信号，我们可以使用泰克 AFG 免费配套软件“ArbExpress”及其示波器采集向导，从示波器中获取波形。这通过示波器支持的 TekVisa 完成，如 LAN、GPIB 或 RS232。采集向导引导您完成所需的步骤，保证只会获取感兴趣的波形部分。如果想要完整的波形，ArbExpress™ 软件也可以直接导入波形，或打开许多示波器支持的 .CSV 文件格式。



图 4. ArbExpress 增加噪声的数学运算功能。

### 在导入的波形中增加噪声

在导入波形后，ArbExpress 软件可以编辑波形。通过自由手绘、点绘和波形数学运算等工具，用户可以获得充分的自由度和灵活性来修改波形。为在真实世界或极限条件下测试最终设备，可以简便地在波形中增加噪声或异常事件，而不必使用示波器捕获“失真的”信号。用户可以使用 ArbExpress 简单地增加失真。

### 把编辑好的波形传送到 AFG

一旦波形看上去与想要的波形一模一样，那么可以使用 ArbExpress 软件通过 USB、LAN 或 GPIB 接口简便地直接把波形传送到 AFG 或配有选项 MDO3AFG 的 MDO3000。如果需要，还可以把波形保存在 USB 存储设备上，使用前面板上的 USB 端口在 AFG3000 系列仪器上直接打开波形。通过 USB 存储设备，可以轻松地保存和打开波形库。



图 5. AFG3000 系列 USB 前面板适配器。

一旦波形传送或加载到 AFG 的任意波形存储器中，大型显示屏会显示将要生成的波形。这消除了猜测工作，可以知道是否已经加载了正确波形。最后需要设置想要的幅度和频率（使用的波形存储器的重复率），打开输出。可以使用不同的传感器脉冲幅度，简便地测试 ECM 器件。还可以激活信号发生器输出路径中的可变噪声源，测试 ECM 可以容忍的噪声数量。

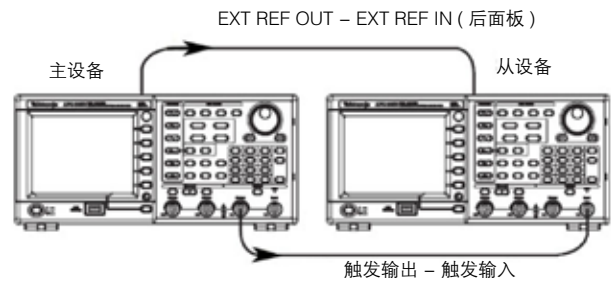


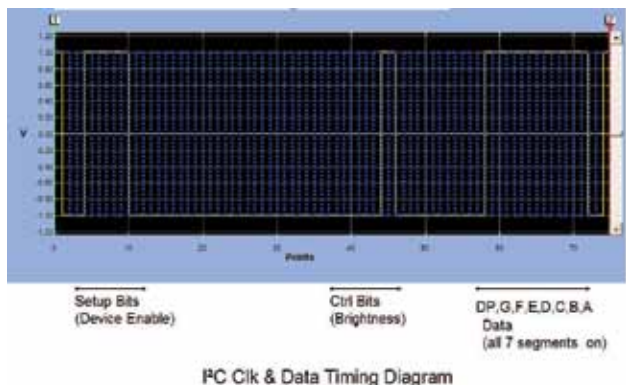
图 6. 同步两部 AFG3000 系列仪器。

### 同步多部仪器

由于汽车有多缸发动机，因此必需同步两部或多部双通道 AFG，以便为 ECM 提供要求的输入数量。为同步多部单通道或双通道 AFG，应把一部 AFG 指定为主仪器，把其外部参考输出连接到其它仪器的外部参考输入上。为获得更加精确的定时同步，把主仪器的 TTL 触输出与被连接的辅助仪器的触发输入连接起来。通过一部仪器内部两条通道之间能够简便调节的相位偏置，可以实现额外的定时控制功能。

### 创建串行数据信号

在汽车应用中，其它传感器和通信电路也要求复现和测试。例如，防抱死刹车系统和传输控制系统通常采用精心设计的控制通信，如 CAN 之类的串行数据总线。显示和控制器件可能会使用 I<sup>2</sup>C 器件。可以使用示波器简便地捕获所有这些信号，然后可以使用任意波形 / 函数发生器，简便地复现这些信号。但是，对串行数据总线来说，最好直接作为逻辑信号创建时钟和数据信号。如前所述，然后可以增加噪声和其它异常事件，检验 DUT 的操作。

图 7. I<sup>2</sup>C 时钟和数据要求。

### 使用 ArbExpress™ 软件创建 I<sup>2</sup>C 时钟和数据

在下面的实例中，我们将使用 ArbExpress 创建驱动 I<sup>2</sup>C LED 驱动器电路要求的串行时钟和数据。然后我们把这些波形发送到 AFG 中，生成波形。对 CAN 及其它通信总线，也可以使用这一技术。

#### 确定定时要求

在创建逻辑消息驱动 I<sup>2</sup>C 器件之前，必需了解器件技术数据的定时图。在这一实例中，我们确定器件需要 76 个时钟周期，发送一条消息，定义 LED 器件、亮度和要示意的波形段。图 7 是重叠的时钟波形和数据波形。

#### 使用 ArbExpress™ 软件标准 DC 波形定义波形长度

为使用 ArbExpress 创建这些波形，我们先从标准 DC 波形开始，定义一个 76 点的波形长度（我们将只定义波形中希望的点数，来创建 DC 波形）。

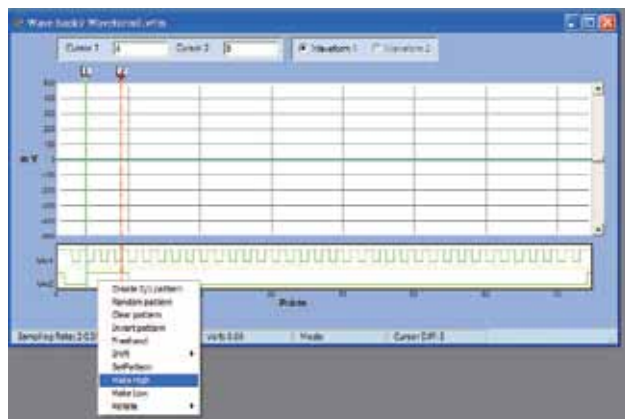


图 8. ArbExpress 标记“Make High”功能。

### 使用标记编辑器创建时钟和数据逻辑

然后，我们使用 Marker( 标记 ) 窗口和编辑功能，创建逻辑波形。标记定义为数字输出，许多高性能任意波形发生器 (AWG) 上都提供了标记功能。由于 AFG 支持模拟波形，我们将把这些标记波形转换成模拟波形。为创建时钟波形，用户只需在 Mrk1 显示屏上点击鼠标右键，然后选择“Create 0/1 pattern”即可。一旦创建了时钟波形，我们可以创建数据波形。为此，我们使用光标定义一个区域，然后使用鼠标点击 Mrk2 显示屏，选择“Make High”，参见图 8。

这一操作把两个光标之间的区域设为“1”或“high”。通过这种方式，我们定义了这一消息所需的全部高位。大家在图 9 中可能还会注意到，时钟 (Mrk1) 和数据 (Mrk2) 的第一位和最后一位被设为高，这用来识别发送的 I<sup>2</sup>C 消息的开始和结束，并用于同步，参见图 9。



图 9. 使用 ArbExpress 标记编辑器编辑的 I<sup>2</sup>C 时钟和数据要求。

用户只需把波形和标记另存为一个 ASCII (.CSV) 文件，就可以创建 AFG 要求的模拟数据。一旦保存，将在第 2 栏和第 3 栏中找到标记数据。然后把这几个栏复制和粘贴到单独的 csv 文件中，然后使用 ArbExpress 打开文件。标记信息现在作为模拟数据打开 (参见图 10)。如果要求，可以使用 ArbExpress 增加噪声或其它异常事件，然后使用 Send to ARB 功能把最终信号直接发送到 AFG，或把它们保存到 USB 存储设备中。

### 生成最终输出

时钟波形装载到 AFG 的一条通道中，数据波形装载到另一条通道中。AFG 双通道型号可以把独立通道的幅度和频率锁定在一起。在一条通道上调节这些参数时，另一条通道会自动跟着做。在需要两条同步通道时，这种方法可以实现快速测试。注意在调节任意波形的频率时，您将调节生成的数据窗口的重复率。因此在本例中，您将调节 76 个时钟周期的重复速度。

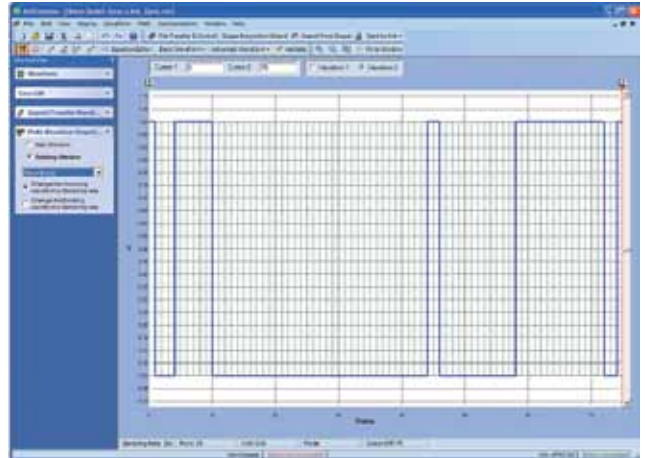


图 10. 作为重叠的模拟波形显示的 I<sup>2</sup>C 时钟和数据。

### 总结

从上面的实例中我们已经看到，在使用 AFG 和 ArbExpress™ 软件时，复现汽车碰撞传感器信号和串行数据总线 (如 I<sup>2</sup>C) 变得非常简单。此外，可以在许多不同的应用中使用上面介绍的技术。由于 AFG 能够支持 128K 样点的任意波形存储器，可以简便地获得汽车通信要求的大多数数据消息。

在上面的实例中，我们一直使用汽车应用，但大多数电子应用还要求能够复现和生成真实世界信号。通过 AFG 或带有选项 MDO3AFG 的 MDO3000 及 ArbExpress™ 软件，可以简便地复现真实世界信号。由于前所未有的简便易用性、双通道功能和 ArbExpress 配套软件，AFG 降低了元器件和设备设计质检期间许多运行测试和极限测试要求的时间。另外通过 AFG 上的突发、扫描和调制控制等功能，许多其它应用也可以使用这一仪器，而技术人员和工程师很容易就能够熟悉这一仪器。

**泰克科技(中国)有限公司**  
上海市浦东新区川桥路1227号  
邮编: 201206  
电话: (86 21) 5031 2000  
传真: (86 21) 5899 3156

**泰克北京办事处**  
北京市海淀区花园路4号  
通恒大厦1楼101室  
邮编: 100088  
电话: (86 10) 5795 0700  
传真: (86 10) 6235 1236

**泰克上海办事处**  
上海市徐汇区宜山路900号  
科技大楼C楼7楼  
邮编: 200233  
电话: (86 21) 3397 0800  
传真: (86 21) 6289 7267

**泰克深圳办事处**  
深圳市福田区南园路68号  
上步大厦21层G/H/I/J室  
邮编: 518031  
电话: (86 755) 8246 0909  
传真: (86 755) 8246 1539

**泰克成都办事处**  
成都市锦江区三色路38号  
博瑞创意成都B座1604  
邮编: 610063  
电话: (86 28) 6530 4900  
传真: (86 28) 8527 0053

**泰克西安办事处**  
西安市二环南路西段88号  
老三届世纪星大厦26层C座  
邮编: 710065  
电话: (86 29) 8723 1794  
传真: (86 29) 8721 8549

**泰克武汉办事处**  
武汉市解放大道686号  
世贸广场1806室  
邮编: 430022  
电话: (86 27) 8781 2760/2831

**泰克香港办事处**  
香港九龙尖沙咀弥敦道132号  
美丽华大厦808-809室  
电话: (852) 2585 6688  
传真: (852) 2598 6260

**有关信息**

泰克公司备有内容丰富的各种应用文章、技术简介和其他资料, 并不断予以充实, 可为从事前沿技术研究的工程师提供帮助。请访问泰克公司网站 [cn.tektronix.com](http://cn.tektronix.com)



版权 ©2014 年, 泰克有限公司。版权所有。Tektronix 产品, 不论已获得专利和正在申请专利者, 均受美国 and 外国专利法的保护。本文提供的信息取代所有以前出版的资料。本公司保留变更技术规格和售价的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc. 的注册商标。本文提及的所有其它商号分别为其各自所有公司的服务标志、商标或注册商标。

01/14 EAWWW

76C-18661-2

**Tektronix®**