

## 产品简介

轮胎压力监测系统（Tire Pressure Monitoring System, TPMS），是一种采用无线传输技术，利用固定于汽车轮胎内的高灵敏度微型无线传感装置在行车或静止的状态下采集汽车轮胎压力、温度等数据，并将数据传送到驾驶室的主机中，以数字化的形式实时显示汽车轮胎压力和温度等相关数据，并在轮胎出现异常时（预防爆胎）以蜂鸣或语音等形式提醒驾驶员进行预警的汽车主动安全系统。从而确保轮胎的压力和温度维持在标准范围内，起到减少爆胎、毁胎的概率，降低油耗和车辆部件的损坏。

轮胎压力监测系统主要分为：直接式与间接式。

间接式（Wheel-Speed Based TPMS，简称 WSB），这种系统是通过汽车 ABS 系统的轮速传感器来比较轮胎之间的转速差别，以达到监测胎压的目的。

直接式（Pressure-Sensor Based TPMS，简称 PSB），这种系统是利用安装在每一个轮胎里的压力传感器来直接测量轮胎的气压，利用无线发射器将压力信息从轮胎内部发送到中央接收器模块上的系统，然后对各轮胎气压数据进行显示。在无线传输中，系统大多采用 FSK 信号调制方式，ASK 对信噪比较敏感，所以大多采用 FSK 调制

直接式系统分为胎压传感器和控制器两部分。

胎压传感器用于检测汽车每个轮胎的实时压力，胎温，电池电压信息，并将这些信息通过 RF 射频信号传输到显示器上；而显示器则用于接收传感器发送来的轮胎信息转换后显示出来，让驾驶员能及时准确的掌握轮胎胎压，并对胎压过高、过低、快速漏气以及胎温过高等信息进行报警，保证驾驶的安全性。



直接式胎压传感器

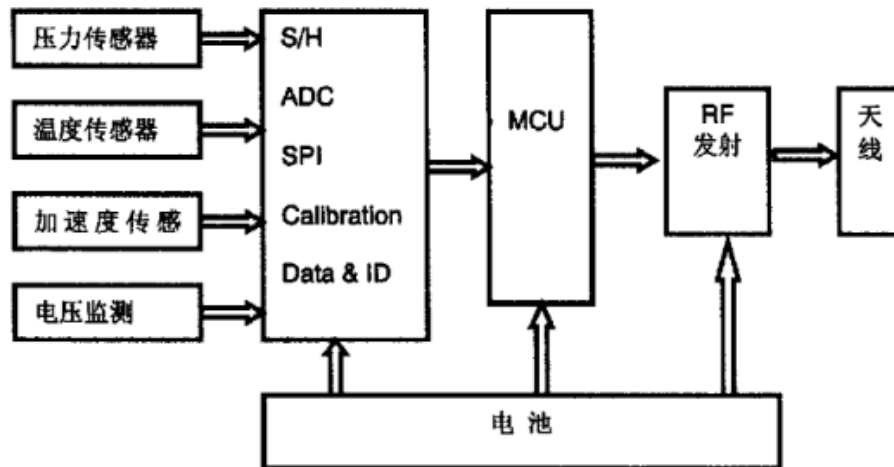


胎压控制器

## 测量解决方案

(以下是针对 TPMS (直接检测系统) 结合是德产品给出的 ASK/FSK 物联网产品应用方案。)

### 1. 胎压传感器

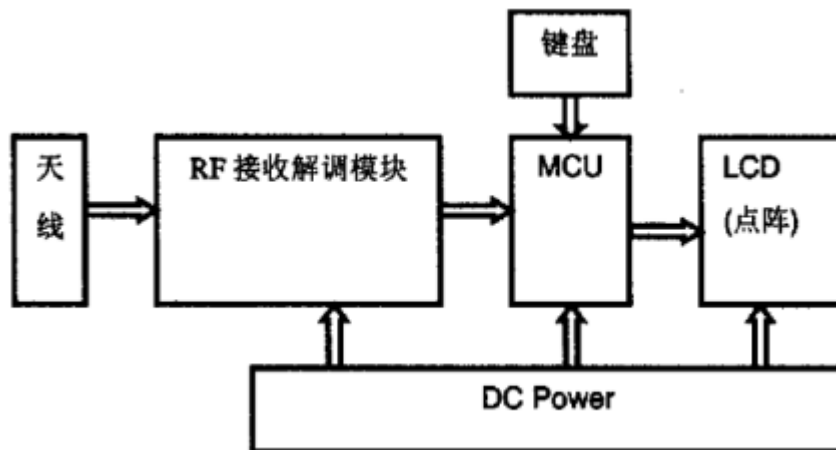


发射机测试站表征在多个频率点上的发射机功率测量、通道功率测量和占用带宽测量性能。并且，根据用户特定测试要求执行其他测试。在多数情况下，使用频谱分析仪进行选频功率测量。考虑到上述要求，Keysight N9320B 射频频谱分析仪是消费类电子产品制造的理想工具。如下：图 1



图 1.测量 ASK/FSK 发射机的典型系统设置

## 2. 车载控制器



接收机测试站通过比较解调基带信号与参考基带信号来表征接收机灵敏度。图 2

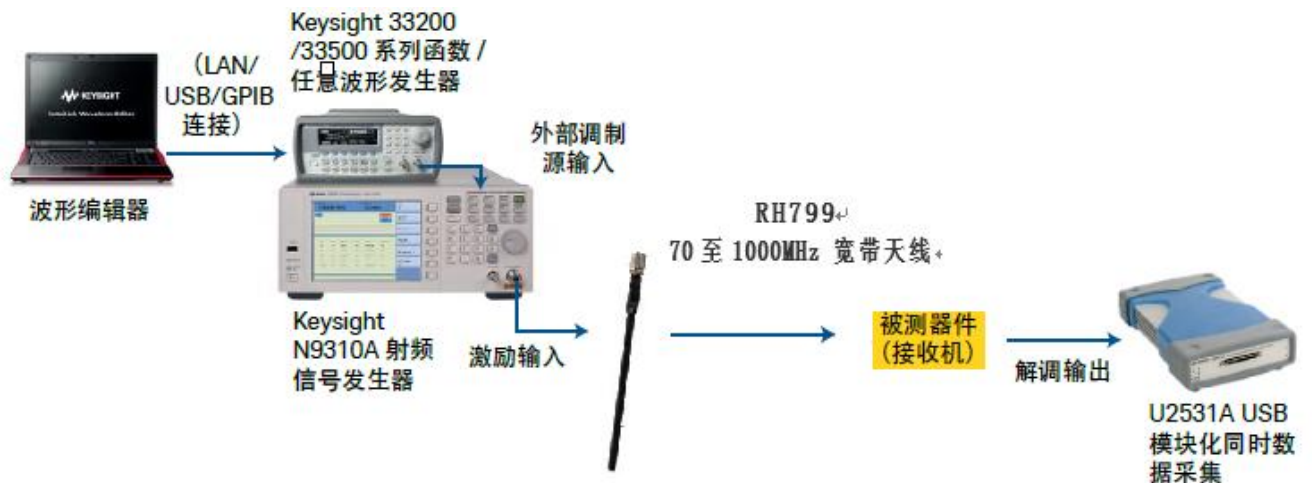


图 2.测量 ASK/FSK 接收机的典型系统设置

### 接收机测试解决方案

Keysight N9310A 射频信号发生器  
选件 001 - 10 MHz 外部时基  
Intuilink 波形编辑器或 33503A BenchLink  
Waveform Builder Pro 软件  
Keysight U2531A USB 数据采集模块

### 用途

接收机表征  
灵活的波形生成  
在 PC 上生成波形  
同时数据采集

## 演示设置

要表征无线接收机，您需要使用信号发生器输出激励信号。**Keysight N9310A** 信号发生器和 **33200/33500** 系列函数/任意波形发生器以及基于 **PC** 的波形编辑器软件共同构建一个低成本接收机测试站，适用于表征 **ASK/FSK** 无线设备。频谱分析仪（例如 **N9320B**）通常用于表征无线发射机的射频性能。

- 波形编辑器软件提供标准波形库和灵活模式，可生成用于 **33200/33500A** 系列任意波形发生器的定制波形，无需花费数小时进行编程
- **33220A** 使用波形库信息生成 **FSK** 基带信号，并对 **N9310A** 射频信号发生器输出外部调制源
- **N9310A** 输出 **FSK** 调制射频信号，用于被测器件接收机表征
- **N9320B** 接收 **FSK** 信号，然后在被测器件发射机中显示这个信号

仪器设置方式参见图 3：

- 通过 **LAN/USB/GPIB** 接口将 **33220A** 和 **PC** 连接
- 并将 **33220A** 输出通过 **BNC** 电缆连接到 **N9310A** 射频信号发生器的外部调制输入连接器
- 使用射频电缆（**N-N** 型，阳头）将 **N9310A** 输出连接到 **N9320B** 频谱分析仪



图 3.FSK 信号生成和测量的设备配置

我们将在本演示中生成一个具有下列属性的 **FSK** 信号：

- 载频为 **433.92 MHz**，载频幅度为 **-20 dBm**（胎压测试系统一般工作于 **300MHz-450MHz**）
- **FSK** 符号率为 **4 ksps**，峰峰值频偏为 **50 kHz**
- 基带波形码型为 **1110000110**

## 开始演示

注：在下面的操作中，[ ] 中的按键为 N9310A/N9320B 前面板上的硬键，{ } 为功能键。

### 第一步：设置波形编辑器软件

1. 在 PC 上运行 Keysight IntuiLink 波形编辑器软件或 33503A BenchLinkWaveform Builder Pro 软件。（本示例采用徒手绘图模式来绘制波形。您也可以从帮助菜单中选择其他的绘制方法。）
2. 绘制基带码型：1110000110。
3. 将波形发送到 33200/33500 函数/任意波形发生器：

图 4. 选择徒手画图模式

图 5. 绘制基带码型 1110000110

图 6. 点击“发送波形到任意波形发生器”

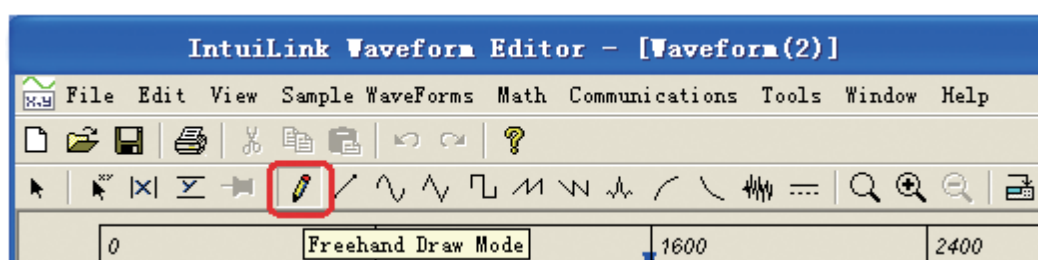


图 4. 选择徒手画图模式

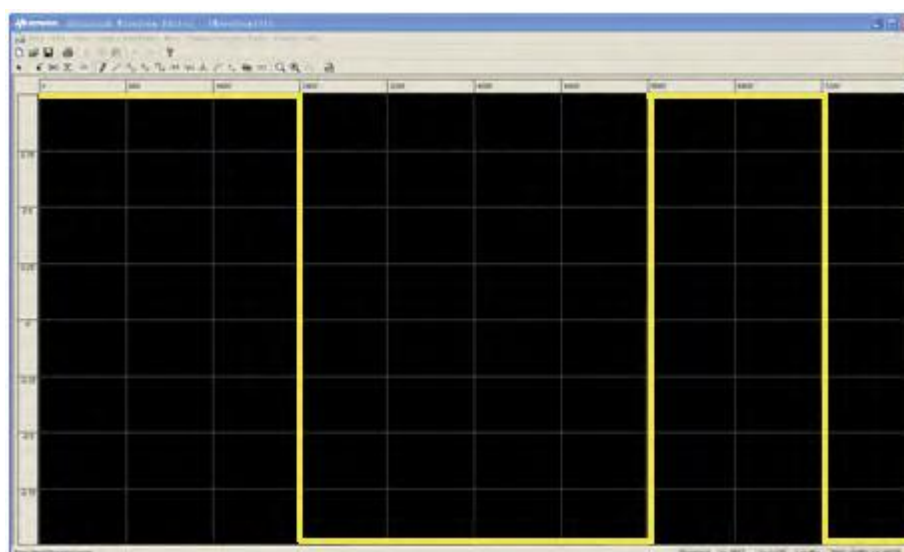


图 5. 绘制基带码型 1110000110

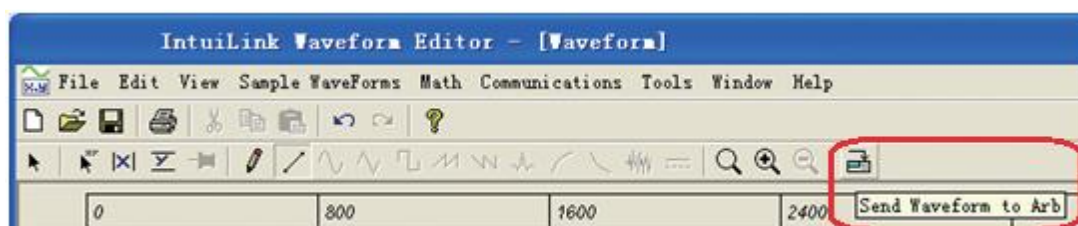


图 6. 点击“发送波形到任意波形发生器”

3.1 软件弹出“搜索总线（Searching Busses）”对话框窗口，表明正在搜索连接到 PC 的仪器。

3.2 搜索完毕后弹出“连接对话框（Connection Dialog）”窗口：

- 从左侧的“选择地址（Select Address(es)）”中选择正确的仪器地址
- 在右侧的“电脑已经识别的仪器（Identified Instruments on My Computer）”区域就会显示选中仪器的具体信息
- 点击“连接（Connect）”

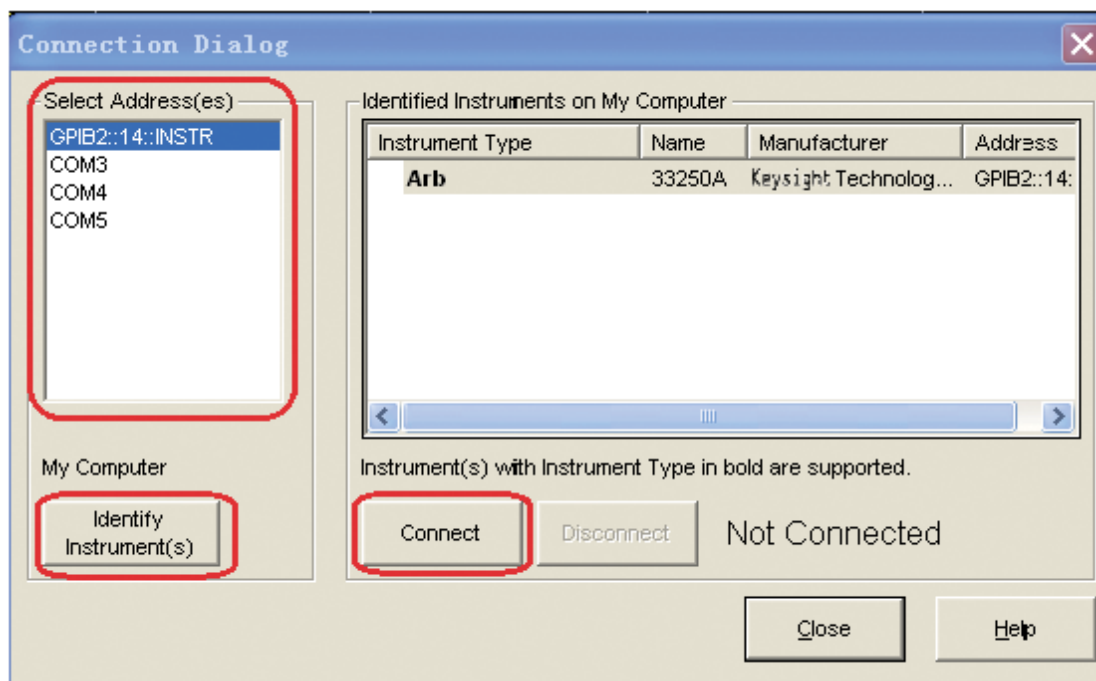
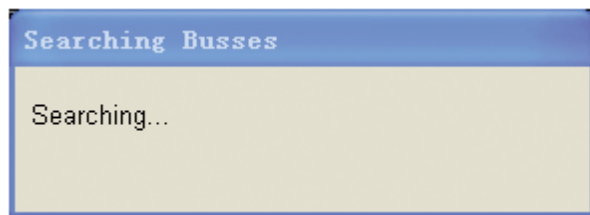


图 7. 搜索总线对话框

3.3 建立连接以后，弹出“发送任意波形 (Send Arbitrary Waveform)”对话框，用于编辑基带波形参数：

- 频率(kHz) =  $1/[(1/\text{符号率}) \times \text{符号长度}] = 1/[(1/4) \times 10] = 0.4 \text{ kHz}$
- 幅度(Vp-p) = 50 kHz = N9310A 的偏置  $\times$  (外部调制源幅度(Vpp)/1 Vp-p)，因此，幅度(Vp-p)可以设置为 1 Vp-p
- 点击“发送 (Send)”，将波形传输到函数/任意波形发生器

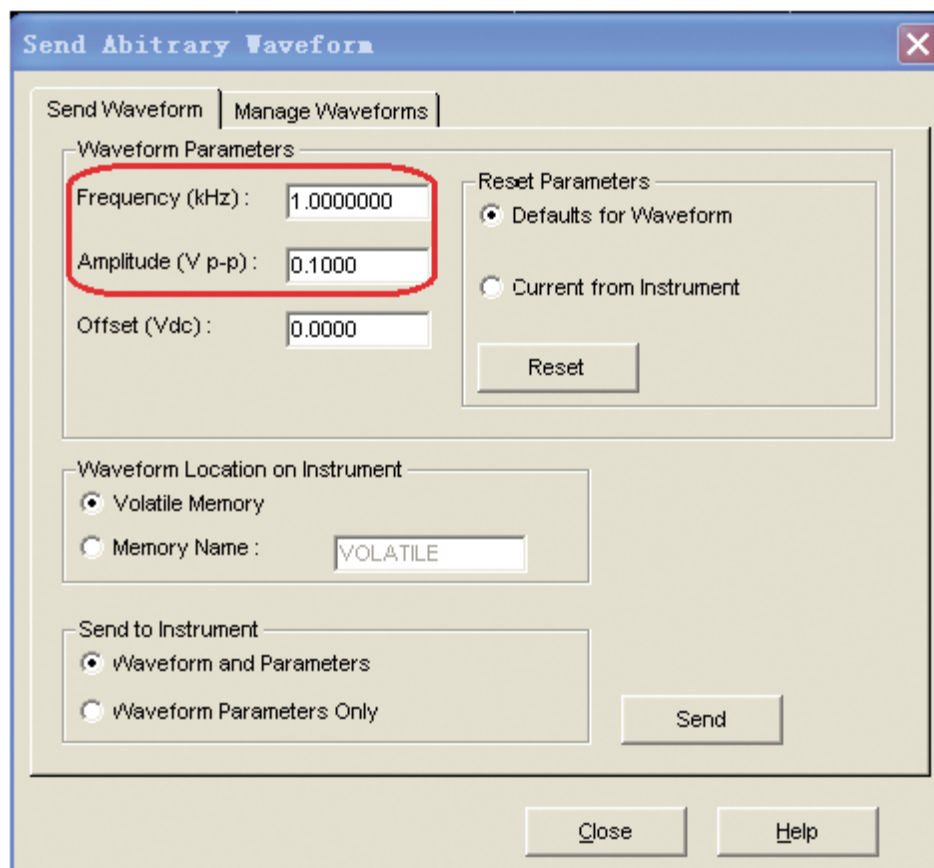


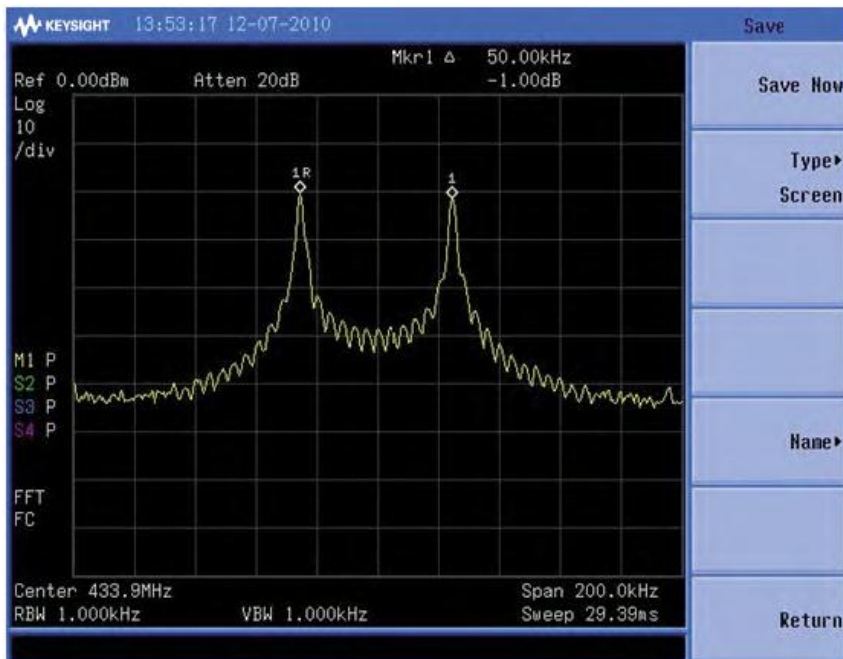
图 8. 选择仪器地址，点击“连接”

**第二步：设置 N9310A 射频信号发生器以进行 FSK 调制**

1. 依序按下[频率 (Frequency) ] > [433.92] > {MHz}, 设置载频为 433.92 MHz
2. 依序按下[幅度 (Amplitude) ] > [-20] > {dBm}, 设置幅度为 -20 dBm
3. 依序按下[FM] > {FM 偏差 (FM Deviation) } > [25] > {kHz}, 设置 FM 偏差为 25 kHz
4. 按下{FM 源 (FM Source) } > {EXT}, 启用外部调制源
5. 按下{FM 接通 (FM On) }, 打开 FM 调制
6. 按下[射频通/断 (RF On/Off) ], 打开射频输出

**第三步：设置 N9320B 射频频谱分析仪以查看和验证 FSK 信号**

1. 在频谱分析仪模式中查看 FSK 信号：
  - 依序按下[频率 (Frequency) ] > [433.92] > {MHz}, 设置中心频率为 433.92 MHz
  - 依序按下[扫宽 (SPAN) ] > [200] > {kHz}, 设置扫宽为 200 kHz
  - 依序按下[查看/迹线 (View/Trace) ] > {最大保持 (Max Hold) }, 显示最大迹线值
  - 按下[峰值搜索 (Peak Search) ], 在信号最高电平上 (载波中心频率) 放入一个游标
  - 按下[游标 (Marker) ] > {Delta} > {Delta}; [峰值搜索 (Peak Search) ] > {下 - 峰值 (Next Peak) }, 设置游标频偏您也可以利用 N9320B 频谱分析仪的 FSK 解调功能, 直接查看解调标度 (需要在 N9320B 上启用选件 DMA)。



您也可以利用 N9320B 频谱分析仪的 FSK 解调功能, 直接查看解调标度 (需要在 N9320B 上启用选件 DMA)。

图 10. 在频谱分析仪模式中查看 FSK 信号



## 2. 在 FSK 解调模式中验证 FSK 信号:

- 按下 N9320B 前面板上的[模式 (Mode)]旋钮, 使用该旋钮选择 FSK 调制分析模式, 然后按下[输入 (Enter)]
- 依序按下[载频 (Carrier Freq)] > [433.92] > {MHz}, 设置中心频率为 433.92 MHz
- 依序按下[符号率 (Symbol Rate)] > [4] > {ksps}, 设置符号率为 4 ksps
- 依序按下[滤波器设置 (Filter Setup)] > [参考滤波器 (Ref Filter)] > [关闭 (Off)], 关闭滤波器。(本示例必须关闭测量滤波器和参考滤波器)
- 上述所有操作都支持手动操作或使用 SCPI 命令远程控制

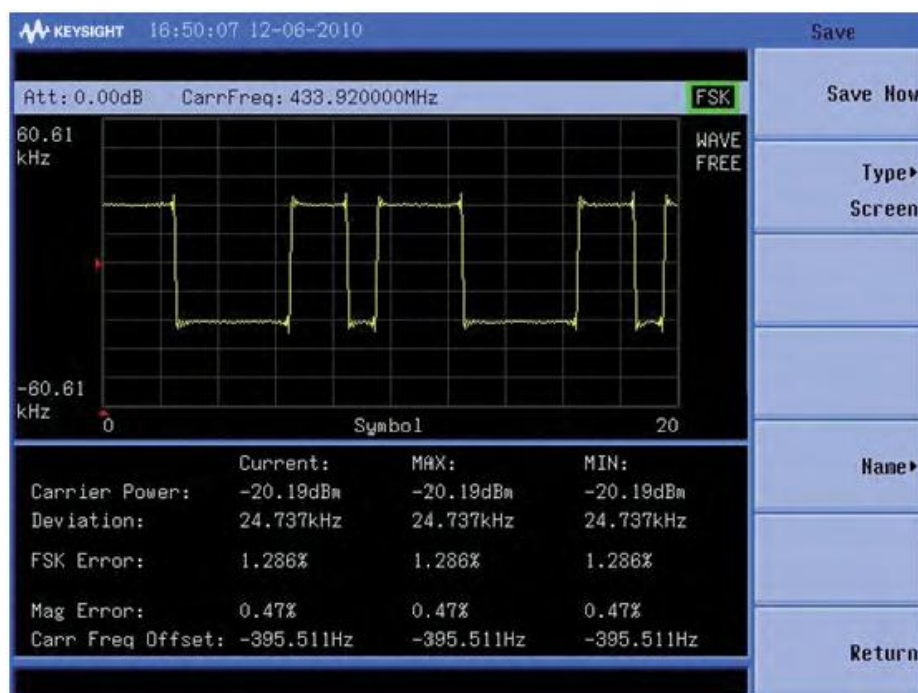


图 11. FSK 解调——波形视图

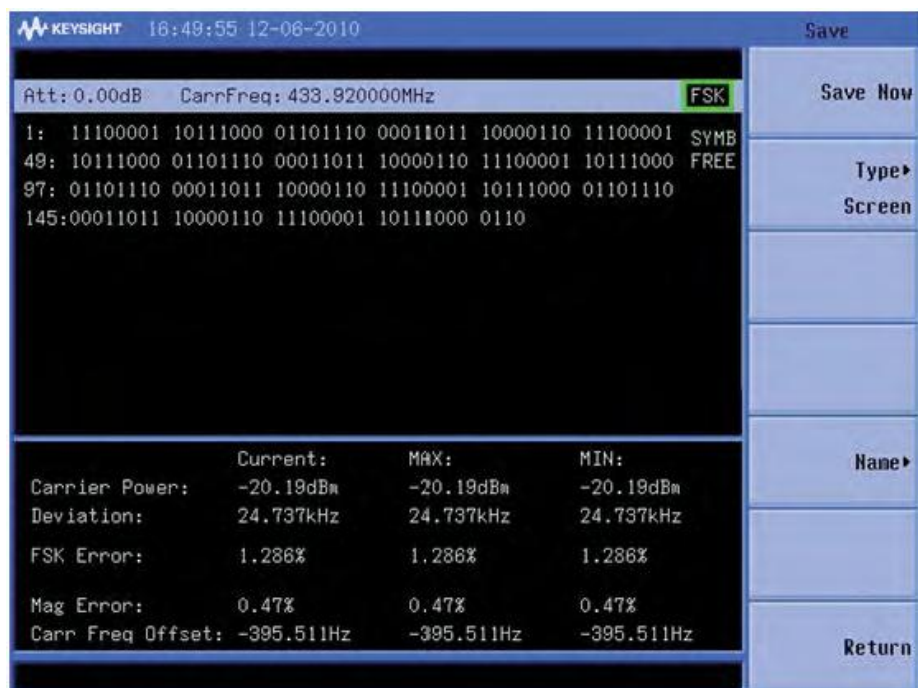
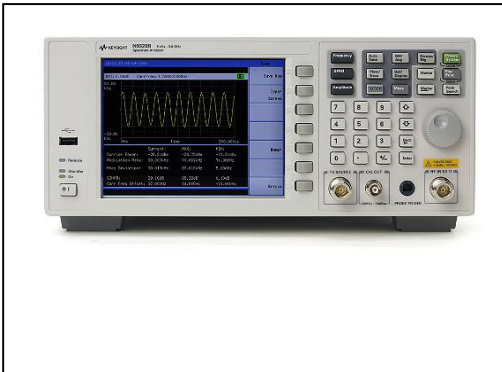


图 12. FSK 解调——符号视图

## 关于是德科技基础射频仪器



### N9320B 射频频谱分析仪

无论您的应用领域是电子制造、工作台维修、射频教育，还是研发项目，您都需要一款价格经济的、能提供必要功能和性能的频谱分析仪。N9320B 恰好可满足您的需求。

- 频率范围：9 kHz 至 3 GHz
- 参考稳定性：<  $\pm 1$ ppm/年
- 显示平均噪声电平：-148 dBm（启用可选的前置放大器）
- 分辨率带宽：10 Hz 至 1 MHz
- 扫描速度：在非零扫描时，扫描最短耗时为 10 ms
- 幅度精度：典型值  $\pm 0.5$  dB
- 连通性：LAN、USB、GPIB
- 调制分析：AM/FM、ASK/FSK 解调标度

### N9310A 射频信号发生器

N9310A 是对现代消费类产品（例如无绳电话、数字无线产品、模块和通用无线设备）进行电子制造测试的理想选择。它具有您所需的全部功能和可靠性，为您提供心动的价格。

- 频率范围：9 kHz 至 3 GHz
- 参考稳定性：<  $\pm 1$ ppm/年
- 输出幅度范围：-127 至 +13 dBm
- 幅度精度：<  $\pm 1$  dB
- 切换时间：< 10 ms
- 模拟调制：AM、FM、 $\Phi$ M、相位调制
- 连通性：USB



### RH799 伸缩式天线（70 MHz 至 1000 MHz）

伸缩式天线使您可以拾取来自任何方向上的信号。它是一款全向天线

- 长度：113.5 cm（全长），19.5 cm（缩短），10 节
- 增益：2.15 dBi
- 最大额定功率：10 W FM
- 阻抗：50  $\Omega$
- 连接器：BNC-P
- 适配器：N 型（阳头）至 BNC（j）
- 类型： $\frac{1}{4}$  波形（70 至 300 MHz）、180 度斜角可调，包含具有伸缩式天线



### U2531A USB 同时采样多功能数据采集设备

U2531A 兼容多种应用软件开发环境, 例如 Keysight VEE、NI LabVIEW 和 Microsoft® Visual Studio®, 可为用户提供更多选择。对于需要高通道采样率的应用 (例如瞬时信号分析或相位敏感应用中的同时数据采集), U2531A 是理想的选择。

- 同时采样率高达 2MSa/s/ch
- 4 个模拟输入通道, 分辨率为 14 比特
- 2 个模拟输出通道
- 24 位可编程数字输入/输出
- 高速 USB 2.0 (480 MBit/s), 符合 TMC 488.2 标准

可以独立使用或作为模块化单元使用即插即用式安装和配置简单易用的捆绑软件与多种 ADE 兼容 (包括 Keysight VEE、LabVIEW 和 Microsoft® Visual Studio®)



### Keysight 33200/33500 系列函数/任意波形发生器

能够提供种类繁多的发生器, 来生成您所需要的任何信号。



## 引用标准

|               |  |
|---------------|--|
| QC/T 413-2002 | 汽车电气设备基本技术条件                               |
| GB/T 2423     | 电工电子产品环境试验                                 |
| GB 13838-92   | 声音和电视广播接收机及有关设备辐射抗扰度特性允许值和测量法              |
| GB 9384-1997  | 广播收音机、广播电视接收机、磁带音机声频功率放大器(扩音机)的环境试验要求和试验方法 |
| GB/T 17619    | 机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值的测量方法                   |
| GB/T 18655    | 用于保护车载接收机的无线电骚扰特性的限值和测量方法                  |

被动进入被动启动(Passive entry Passive start, PEPS)是一种安全系统,它允许用户在不按钥匙卡上的任何按钮的情况下解锁自己的汽车,或者在没有物理钥匙的情况下启动汽车。该系统最初是为了提高用户的方便性而引入的,这样司机在进入或启动汽车时就不必搜索钥匙卡。然而,当发现该系统易受中继攻击时,问题很快浮出水面。攻击者可以在钥匙和汽车之间传递信息,使汽车能够被打开和启动,即使汽车钥匙在物理上可能离汽车有 100 米远。先进的安全技术,如内置的固定器,在这种情况下是无效的,因为通信是在汽车和它的真正的关键之间传输和接收。

窄带 pep 在响应偏差方面表现出很大的变化—从几 us 到 200-300 us,使得仅增加几百 ns 延迟就很难检测到远程中继攻击。基于这个原因,超宽带(UWB)技术作为一项长期对策,正被引入到 PEPS 安全系统中。UWB 信号的宽频宽超过 500mhz,属于窄脉冲,通常小于 2ns,上升和下降的幅度都很大。这使他们高度免疫对距离检测准确可靠的干扰。制造商可以用超宽频系统来定义一个非常精确的区域——只有当驾驶员真正靠近他的车辆时,才能触发开门信号,以防止任何未经授权的车门释放信号。

在典型的操作中,车内的 PEPS 电子控制单元(ECU)定期发送超宽频信标消息,以检测车钥匙的存在,以便授予或拒绝访问。当轿厢键检测到这个从轿厢发出的超宽频信息时,它将激活内部微控制器并解释接收到的信号。在计算接收到的信号后,智能密钥将响应超宽频频谱内的 PEPS。由于 PEPS 与对应的密钥之间存在双向通信,因此,PEPS 的功能在于对来自智能密钥的代码进行正确的检测和转换,以及将来自 PEPS 的信标信号传输给智能密钥。本文讨论了一个典型的 PEPS 系统,即被测设备(DUT),利用一个智能密钥或信号发生器来模拟超宽频通信的关键测试。数字 1 提供了用于 PEPS 系统功能检查的测试器设置的概述。“接收测试”和“灵敏度测试”是接收来自智能钥匙 fon 码侦测的超宽频讯息,以验证 PEPS 接收测试功能的测试。同时,通过对超宽频发射机发射信号的分析,验证了该发射机的鲁棒性。最后,还有“测距测试”选项——如果算法在设计阶段能够得到保证,那么在生产线的功能测试结束时,距离检测可能是必要的,也可能不是。同时,一些常见的功能测试,如电池电压输入,空闲或工作模式下的电流提取,可能需要,这些可以进行与一个数字万用表(DMM)。

接收机测试需要一个能够产生智能密钥信号的仿真器,以验证 PEPS DUT 的机载 UWB 接收电路。一种基于脉冲的超宽带,使用组合突发位置调制(BPM)和二进制相移键控(BPSK)调制到 500 MHz 带宽以上获得了抗多径干扰的能力。你可以考虑矢量射频(RF)信号发生器,或市场上的高速宽带任意波形发生器,可用于产生多波段超宽带信号。然而,对于生产线测试来说,高精度可能不是绝对的要求,因为为了功能检查的目的,您只需要一个可以与 PEPS 通信的智能密钥。因此,制造商通常开发一个低成本的特殊模块,可以模拟智能钥匙 UWB 功能。特殊的模块设计工作在 DUT 的工作频率,并可编程模仿智能钥匙配对到 DUT。当该命令被触发时,特殊模块通过放置在距离被 DUT 相当距离处的传输天线来传输 UWB 密钥信号。传输的信号是用户定义的特定 UWB 消息。然后 DUT 接收并比较消息的内容,交叉检查以确保没有为接收方的功能验证找到错误代码

本测试的目的是验证被测设备接收电路的灵敏度水平。灵敏度可以翻译为性能与智能键和 PEPS 之间的工作距离,这最终有助于估计 PEPS 的工作区域。在本测试中,可编程衰减器串联放置在智能密钥模块和传输天线之间,以调节来自智能密钥传输的功率电平。通过在测试开始时设置最大的衰减级别来执行接收测试,以验证从智能密钥发送的消息是否在最弱的信号强度下成功检索到。在检索到发送的消息之前,该序列将随着衰减级别的降低而重复。衰减器分贝水平将指示的 DUT 灵敏度水平。图 2 说明了这种灵敏度要求的顺序。为了获得更精确的结果,必须在灵敏度测试中考虑射频电缆损耗、衰减器插入损耗以及传输天线到 DUT 的距离。Keysight 提供广泛的可编程衰减器, PX 卡类型(M9168C)和 Ixi 兼容(J7211B)衰减器控制单元,频率范围从直流到 18ghz,适合于 PEPS UWB 应用。该解决方案还提供了极好的 atness 跨频率,衰减低至 1 分贝的步骤,以提高测量灵敏度。

发射功率,其中心频率和占用的带宽是传输测试,验证了 DUT 的超宽带发射机的功能。测试测量发射机的射频信号质量,确保发射机符合对 PEPS 操作至关重要的规范。为了获得这些测试参数,您将需要一个能够跨频率测量单个光谱成分的信号分析仪。在这个测试中, DUT 被配置成连续发射模式,没有 UWB 信号的下降,确保信号分析仪准确地测量信号。图 3 显示了从信号分析仪发射的超宽带信号的屏幕截图,显示

了从开始频率到停止频率跨越超宽带的总功率、占用的带宽及其设计在 3993.6MHz 的中心频率的综合功率。与在低频(LF)和超高频(UHF)频谱上操作射频信号的窄带脉冲功率放大器不同，超宽频 PEPS ECU 在超过 3ghz 的高频超宽频频谱上，通过射频信号与它的智能密钥进行通信。Keysight 提供了一个负担得起的 N9000A CXA x 系列信号分析仪，充分提供有效的功能验证在生产线上。CXA 的频率范围从 9khz 到 7.5 GHz 或 9 kHz 至 13.6 GHz 是测量 UWB PEPS 发射机频谱的极佳选择。

不等测试测距测试是验证超宽带协议的距离检测准确性的测试。通常，PEPS 设计器嵌入飞行时间(TOF)测量技术来计算从智能密钥传输的超宽带脉冲的距离。获取的距离存储在 DUT 内存中，因此对测距功能的验证依赖于测试系统与 DUT 通信的能力。汽车 ECUs 中最常用的串行接口是 ISO-11898 控制器区域网络(CAN)总线协议，即本地互连网络(LIN)。上面讨论的所有需要通信的测试都是通过专用的 DUT 通信链路建立的。作为解决方案提供商，Keysight 与系统集成商合作，提供使用 Keysight 软件平台的汽车通信设备，具有预先集成的硬件库，而不影响质量和性能。总结网络攻击对汽车无线生态系统构成了严重威胁。Keysight 致力于与汽车制造商合作，继续开发新技术的测试解决方案，以增强汽车的安全系统。