

# MDO 混合域示波器 在物联网设计、研发与培训中的应用

## 应用文章

随着现代传感器技术和无线通信技术的发展，物联网已经开始进入人们的日常生活。以 RFID、ZigBee 技术和 NFC 近场通信等技术为代表的物联网应用，正在成为众多企业、高校研发和创新的方向。其中一个最重要的因素是如何测量系统中时间相关的时域和频域信号。

### 物联网行业的发展趋势与设计挑战

随着现代传感器技术和无线通信技术的发展，物联网已经开始进入人们的日常生活。以 RFID、ZigBee 技术和 NFC 近场通信等技术为代表的物联网应用，正在成为众多企业、高校研发和创新的方向。虽然针对这些技术，半导体厂商提供了各种专用芯片，甚至是集成度很高的解决方案，但在设计一个实际的物联网设备时，工程师仍然面临着很多挑战。其中一个最重要的因素是如何测量系统中时间相关的时域和频域信号。RFID 和 ZigBee 技术中应用到的 RF 信号虽然不是十分复杂，但信号的质量、功率和时序关系决定着系统能否正常工作。而这些 RF 参数本身不仅和射频发射 / 接收电路有关，还受到基带电路和控制电路的影响。内部寄存器的读写、电源的工况甚至是系统延迟时间的大小，都会决定整个系统的工作状态。传统的示波器或频谱分析仪是无法完成这种时间相关的时域和频域信号综合调试工作的。

### MDO 混合域示波器的创新设计理念

泰克 MDO4000B 系列混合域示波器独特的创新理念，为调试跨域的时频相关的系统提供了独一无二的工具。MDO4000B 在一台全功能的混合信号示波器的基础上，增加了一台 3GHz 或 6GHz 的频谱分析仪，可以完成普通频谱分析仪的各种频域测量功能。完全独立的示波器时域采集系统和频谱分析仪频域采集系统，既可以独立工作，也可以通过触发协同工作。通过移动频谱时间，用户可以在示波器采集到的时间窗口内，观测在射频通道采集到的任何一点的 RF 信号的频谱情况。MDO 还提供了 RF 信号的幅度、频率和相位相对于时间变化的调制域分析功能。这些独有的功能帮助

用户测量 RF 信号的各种调制信息。使用频谱分析仪的工程师经常面临的一个问题是如何准确地触发并捕获到关心的 RF 信号。由于传统的频谱分析仪触发功能很有限，用户很难做到这一点。MDO4000B 不但可以通过 RF 信号的各种特征进行触发，还可以使用示波器的触发系统，通过基带或控制信号完成 RF 信号的触发采集，这种功能极大地降低了调制物联网设备的难度。

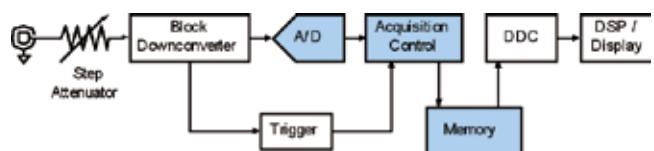


图 1. MDO4000B 结构框图

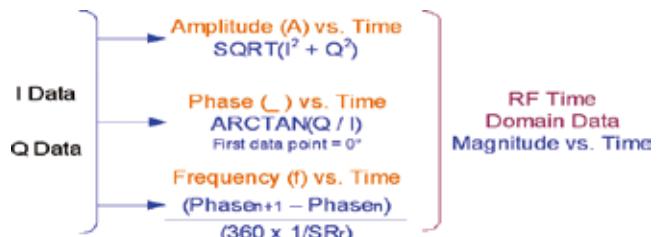


图 2. 通过 IQ 解调后的数据，MDO4000B 可以计算得到 RF 信号的调制域波形

在调试 RFID 系统时，工程师面临的一个重要的困难是如何测量标签的返回信号。由于标签返回信号的幅度很小，使用普通的示波器往往难以捕获这一信号，更不要说对其幅度和频率做进一步分析了。主要原因是普通示波器的动态范围只有 40dB，无法捕获微弱的标签信号。MDO4000B 具有 60dB 的动态范围，以及低至 -152dB/Hz 的底噪，能够很好地胜任同时捕获读写器信号和标签信号的任务。其独特的 AvsT 射频信号幅度的时域波形功能，甚至可以显示标签信号幅度变化过程。下面我们以一个 13.56MHz 的 RFID 读写器系统为例，介绍 MDO4000B 的跨域调试应用。（关于 MDO4000B 在 ZigBee 系统中的应用，另有专门文章介绍）。

# MDO 混合域示波器在物联网设计、研发与培训中的应用

## ▪ 应用文章

### 在 RFID 系统研发中 MDO 混合域示波器的应用

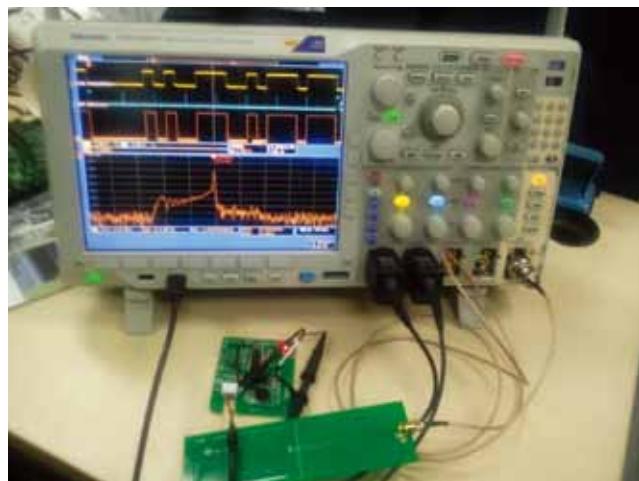


图 3. MDO4000BRFID 读写器测试环境，图中有专用天线工装



图 4. 采用 NXPLRC632 芯片的 RFID 读写器

### 测试 13.56MHzRFID 读写器的 RF 信号质量参数

13.56MHz 高频 RFID 系统是目前国内应用最为广泛，技术较为成熟的射频识别系统。相关的国际标准对射频发射频率、信道带宽、发射功率等参数都有明确的要求，特别是 RF 信号的幅度(功率)随时间变化的情况，标准有着严格的规定。以读写设备为例，读写设备发出的载波信号的幅度变化时间，必须符合 ISO18000-3 标准对于 t1-t4 的时间限制。

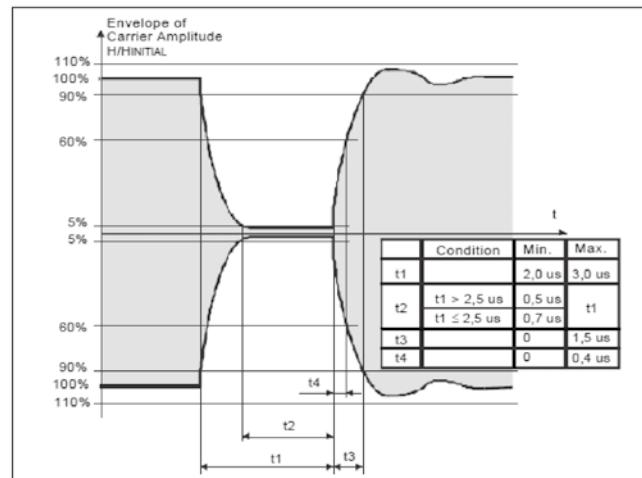


图 5. ISO18000-3 13.56MHz RFID 空中接口时间参数规范

通过使用 MDO4000B 独特的触发功能，用户可以轻松稳定捕获 RFID 的时域和频域信号。如图所示，由于载波信号幅度在变化，使用传统手段很难测量出 RF 信号从 90% 下降到 5% 的 T1 的时间长度。我们可以打开 AvsT 调制曲线，它代表了 RF 信号的幅度相对于时间变化的轨迹。通过自动测量或手动光标测量，我们可以轻松得到 T1 的准确时间。同理可以完成其他时间参数的测试。

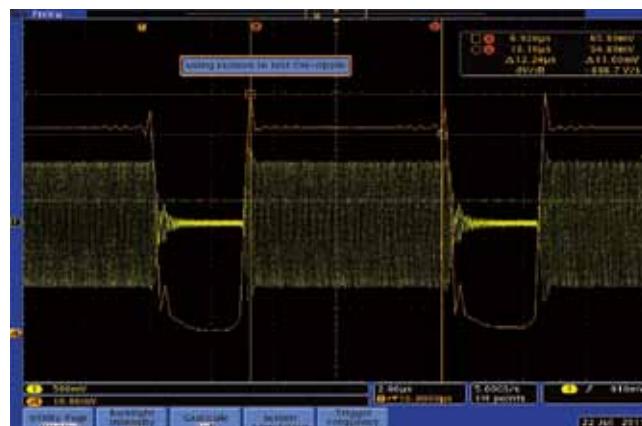


图 6. 13.56MHzRFID PCD 到 PICC 信号的时域和 AvsT 调制域波形

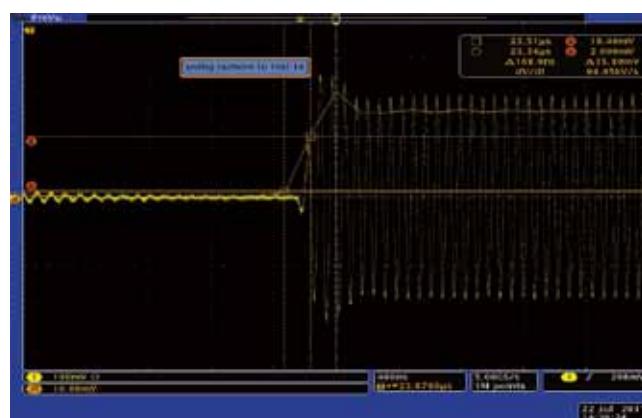


图 7. 测量 13.56MHz RFID PCD 到 PICC t4 时间



图 8. 测量 PCD 发射信号与标签返回信号间的延迟时间

### 测试 PCD 到 PICC 的读写时间



图 9. 13.56MHz RFID 射频信号的时域波形、调制域波形与频谱显示

另一个需要严格保证的时间是从读写器发出读卡信号后到标签返回信号的时间。过长或过短的时间都会被认作读写失败。使用传统仪器测量这些信号的难度很大。MDO4000B 可以将 RF 信号的 AvsT 的轨迹完整展示的屏幕中，用户只需用光标定位到相应位置，即可得到这一延迟时间。

使用 ASK 调制方式的 RFID 系统是通过副载波传输数据信息的。在上图的频谱部分，我们可以清楚地看到射频信号的载波是 13.56MHz，副载波信号为  $\pm 800\text{kHz}$  左右。符合相关规定的要求。如果需要测量射频信号的射频参数，如信道功率、邻道功率比或占用带宽等，通过选择 MDO4000B 的自动测量功能，可以在屏幕中直接显示这些测量结果。

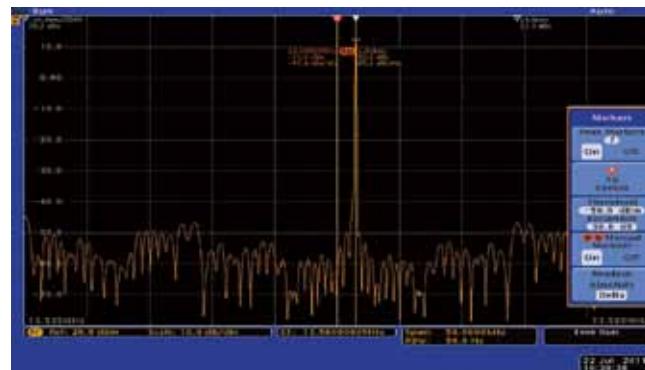


图 10. 发射频点误差测量

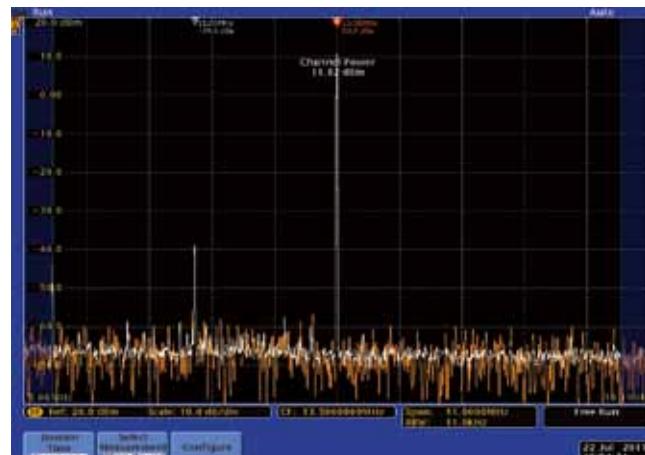


图 11. 信道功率测量

# MDO 混合域示波器在物联网设计、研发与培训中的应用

## ▪ 应用文章

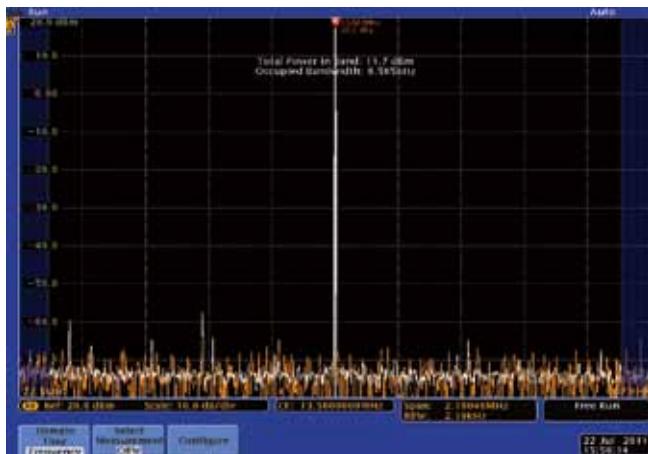


图 12. 占用带宽测量

如果设计人员希望了解 RFID 系统传输的数据情况，MDO4000B 同样可以提供强有力的支持。MDO4000B 可以提供 RF 信号的 IQ 数据。将这些数据导入泰克的 RSAVu 软件后，可以完成 RFID 数据的解码、射频指标计算等工作。如下图所示，使用 RSAVu 软件读取 MDO4000B 提供的 .TIQ 数据，软件可以计算得出 RF 信号的幅度时域波形，计算得出 EVM、调制深度、调制系数、频率偏差、码速率等参数。并可以将这些 RF 信号代表的数据解码显示出来。简化了设计人员的调试难度。

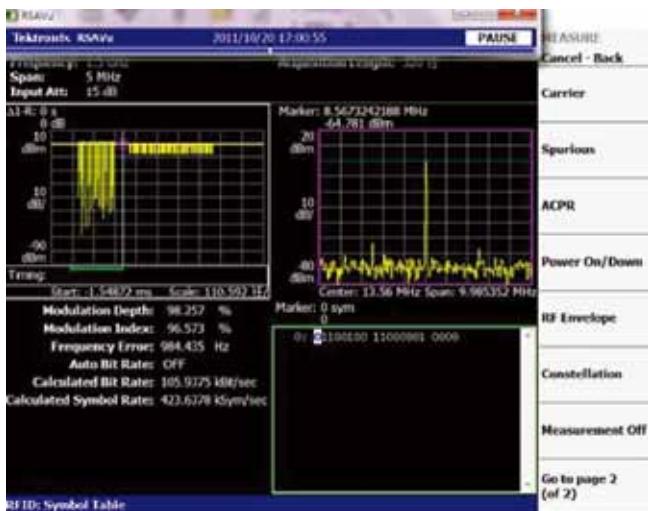


图 13. RSAVu 自动测试和解码功能

## MDO 的系统级调试和分析功能

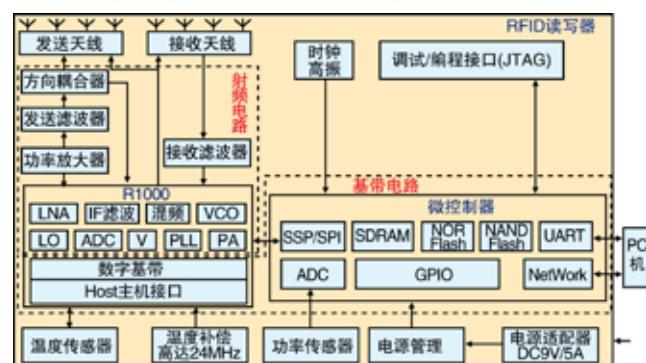


图 14. RFID 读写器功能框图

RFID 读写器是一个包含了基带微控制器、RF 发射和接收模块以及电源和控制总线的复杂的射频嵌入式系统。基带控制信号和系统内部寄存器的状态直接影响系统的工作状态。以我们测试的读写器为例，NXP CLRC632 读写控制芯片包含了压控振荡器、锁相电路、编码、解码、混频和发射 / 接收功能，芯片的工作受到单片机芯片 STC 90c58RD+ 的控制。

## 测试系统控制信号与 TX 和 RX 信号的时序关系

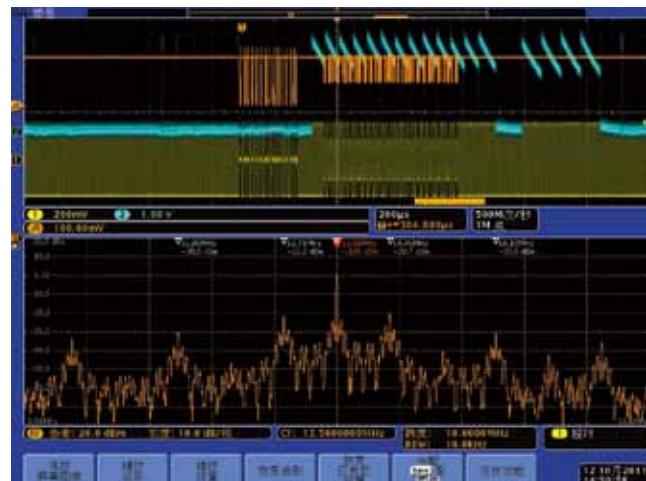


图 15. Rx 信号与射频信号的时域关系

NXP CLPC632 射频芯片的相关管脚可以测量得到射频发射的控制信号，如上图所示的 CH2 蓝色波形，我们可以将这些控制信号与 RF 信号的时域波形，以及 RF 信号的 AvsT 波形同时测量，这样我们就可以简便地观察到各种控制指令对射频发射的影响。



图 16. 通过 SPI 总线捕获寄存器状态数据

单片机芯片与读写控制芯片之间通过 SPI 总线通信。读写控制芯片的实际工作功能，通过更改内部寄存器的数值加以管理。如：地址 14 的寄存器为 codercontrol 寄存器，控制编码时钟和模式。当该寄存器的第三位至第五位的值为 000 时，则编码速率为 848KB，当数值为 011 时，则为一个典型的 ISO1443A 编码标准，码速率为 106KB，数值为 100 时为 ISO1443 TYPE B 的编码速率。这调试实战中，如果我们发现频谱副载波信号的频率与我们设计的传输码速率不一致时，我们可以通过捕获相应地址的 SPI 总线数据，查看相应的寄存器的数值，确定出现此类问题的原因。Codercontrol 寄存器的 0-2 位，控制的是传输数据的编码形式。如果在设计调试中发现有数据通信不能建立的问题，可以检查这三位的数值，核查实际的编码形式是否正确。“000”代表 ISO14443-B 的 NRZ 非归零编码，“001”表示 ISO14443A 的 Miller 编码，而“110”和“111”则表示 ISO15693 标准对应的编码形式。

## 总结

MDO4000B 混合信号示波器独有的时间相关的跨越分析功能，为以 RFID 为代表的物联网设备的研制和调试提供了有力的工具。使用 MDO4000B 不但能够轻松测量信号的模拟波形、频谱状况和各种频域参数，更可以通过 AvsT、FvsT 和  $\Phi$  vsT 这些调制域轨迹，简便地验证产品是否符合国际和行业标准的规定。更重要的是，由于将模拟信号、数字信号和总线信号，与射频信号在时间上关联起来，我们既可以通过这些信号时序关系，验证系统实际工作的过程，也可以通过对总线信号、寄存器数据的分析，查找除产生故障的原因。目前 MDO4000B 是市场中唯一一种能够提供此类功能的测试仪器。我们希望 MDO4000B 能够加速物联网产品的设计，为整个产业的发展贡献力量。

## 典型配置：

MDO4054-3 混合信号示波器 (如果设计 2.4G RFID 系统，建议选择 MDO4104-6)

DPO4EMBD 总线分析模块 ( $I^2C$ +SPI 总线)

MDO4TRG 高级射频触发模块

专用标签天线工装

泰克近场探头套件 (型号：119414600, 100KHz-1GHz)

- 6cm 环形磁场探头
- 3cm 环形磁场探头
- 1cm 环形磁场探头
- 3.5cm 球形电场探头
- 0.3cm 短杆电场探头
- 20cm 加长把手



BNC 电缆

BNC 三通适配器