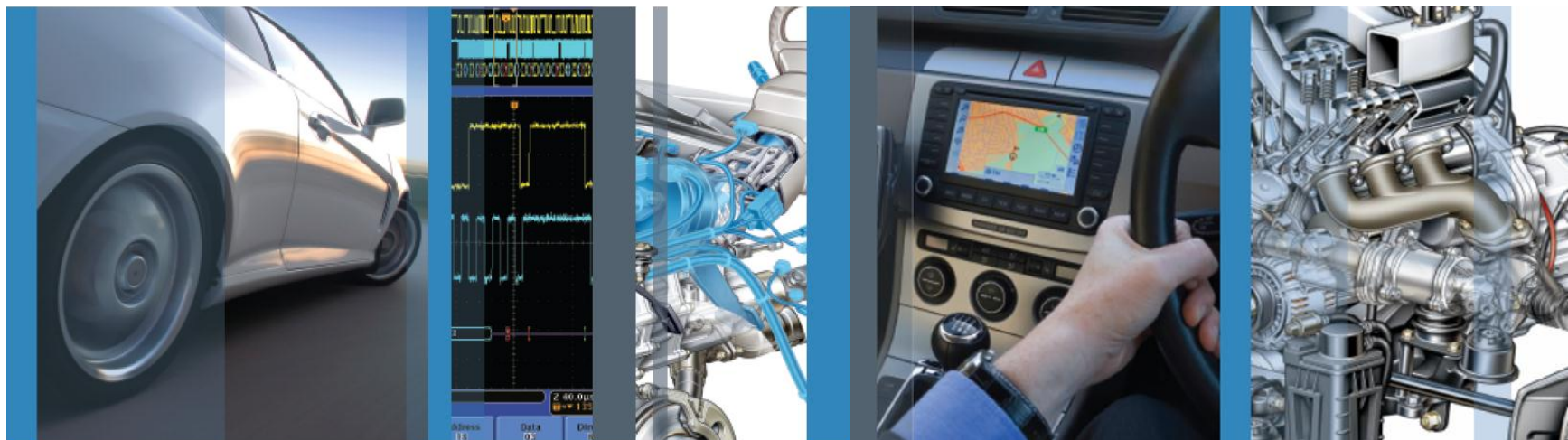


汽车电子及电动汽车测试解决方案



泰克科技
曹刚

Tektronix[®]

大纲

■ 概述

- 汽车电子和电动汽车的特点
- 设计和测试挑战

■ 汽车电子/电动汽车测试测量技术

- 网络（总线）测试
- 动力系统测试
- 车身电子测试
- 车载电器测试
- 特殊器件分析



■ 泰克的方案

概述



未来汽车电子化将呈现趋势

- 功能集成化，如车身控制模块，将取代诸如中控门锁、防盗、雨刮、空调、座椅调节等单项控制系统
 - 数字控制取代模拟控制
 - 多微处理器协同工作，以实现既有独立运行、又有协同功能的数据共享和灵活组成的优势
 - 无线与有线技术相结合，实现车内车外信息传输智能化、高速化
 - 硬件通用化、高速化，软件专业化，以软件功能提升硬件功能
-
- 中国目前发展前景较大的汽车电子产品市场
 - 汽车车载娱乐
 - 导航信息系统
 - 车身电子系统
 - 汽车安全系统

汽车电子的主要产品

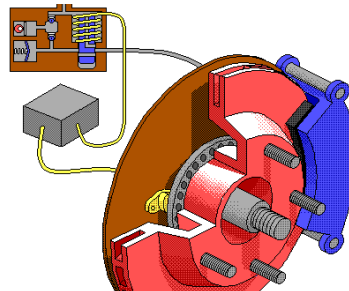
车用电子部件



发动机电器件



底盘电子装置



车身电子器件



前装市场

通讯导航系统



娱乐安全设备



车用检测设备



电动汽车系统



后装市场

汽车电子嵌入式系统设计调试的挑战

■ 混合信号设计

- 绝大部分嵌入式系统设计采用混合技术
- 工程师不能预测将出现哪种漏洞（模拟和数字）

■ 多条总线相关

- 硬件和软件工程师通常会追踪硬件中的代码执行工作
- 需要监测微处理器的地址总线和多条串行总线
- 如果没有通用16个数字通道，解决问题所需的时间很长

■ 性能需求

- 市面上常用技术的性能不断提高
- 60MHz和100MHz已无法满足当前需求

■ 长捕获时间

- 从并行技术转向为串行技术时需要捕获更多的时间来调试设计
- 典型的并行总线读写操作一般只发生在几个时钟周期内
- 串行总线上的同一业务则要求长得多的捕获时间窗口
- 需要充足的定时分辨率才能解码分析

■ 定时分析

- 定时测量是数字设计工程师进行的最常见的测量
- 余量测试是检验时间关系最常见的原因
- 建立/保持时间测量
 - 建立/保持时间违规的原因很多，如系统极限、端接不当或串扰等
 - 很难确定在哪个位上发生违规，工程师需要能够监测整个总线
 - 工程师希望足够的分辨率测量和分析违规

■ 毛刺

- 毛刺是工程师棘手的一个常见问题
- 毛刺很难触发采集
- 工程师希望使用工具简便的找到毛刺

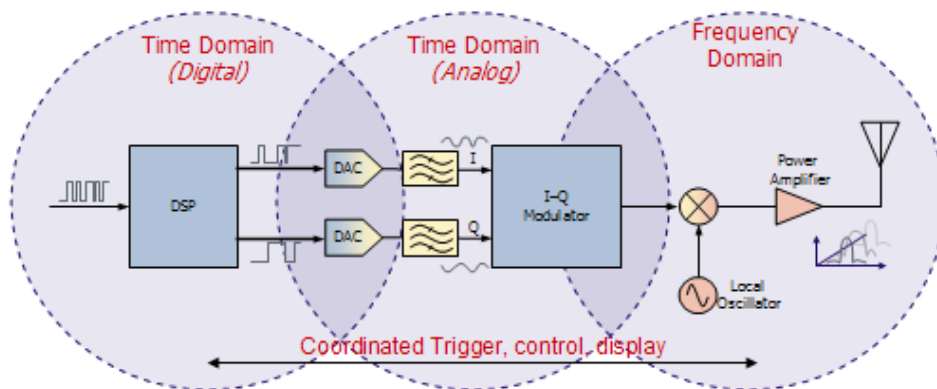
混合动力、电动汽车采用的技术

- 电力电子技术
 - 半导体器件 (IGBT)
 - 驱动控制理论和技术
- 半导体(LED)照明技术
 - LED光源超长寿命、结构坚固
 - 响应速度快、易实现调光和智能控制
 - 耐开关冲击，适用于频繁开关场合
 - 高效节能、没有污染，绿色环保。
- 信息技术
 - 微处理器控制
 - 总线技术
 - 网络技术
- 控制理论
- 电池技术



无处不在的无线通信

- 无线通信技术在数据传输方面的爆炸式增长，快速进入并取代了传统的有线通信市场
- 无线通信会涉及数字信号，模拟信号和射频信号测试



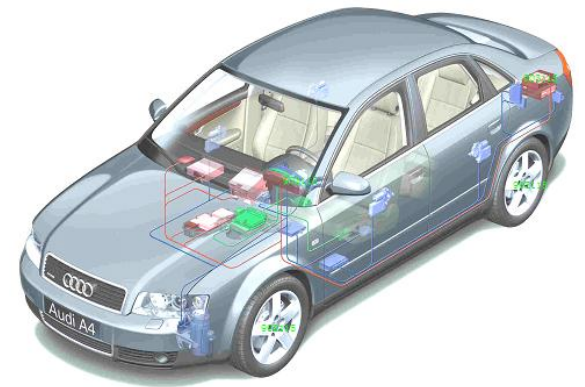
真正需要的是专门设计的能够同时在三种域中完成测试的工具。

汽车网络 (总线)测试

drive train control
body control
x-by-wire control



汽车网络技术的发展



汽车电子技术的发展粗略划分为几个阶段

•1965~1980年零部件层次的汽车电器时代

- 汽车发电机晶体管电压调节器和晶体管点火装置等开始装备汽车，而且电子控制装置又逐步实现了由分立元件向集成化的过渡。

•1980~1995年子系统层次的汽车电脑控制时代

- 单片机（微处理器）在汽车上得到广泛应用，以单片机为控制核心，以实现特定控制内容或功能为基本目的的各种电子控制系统得到了迅速发展。

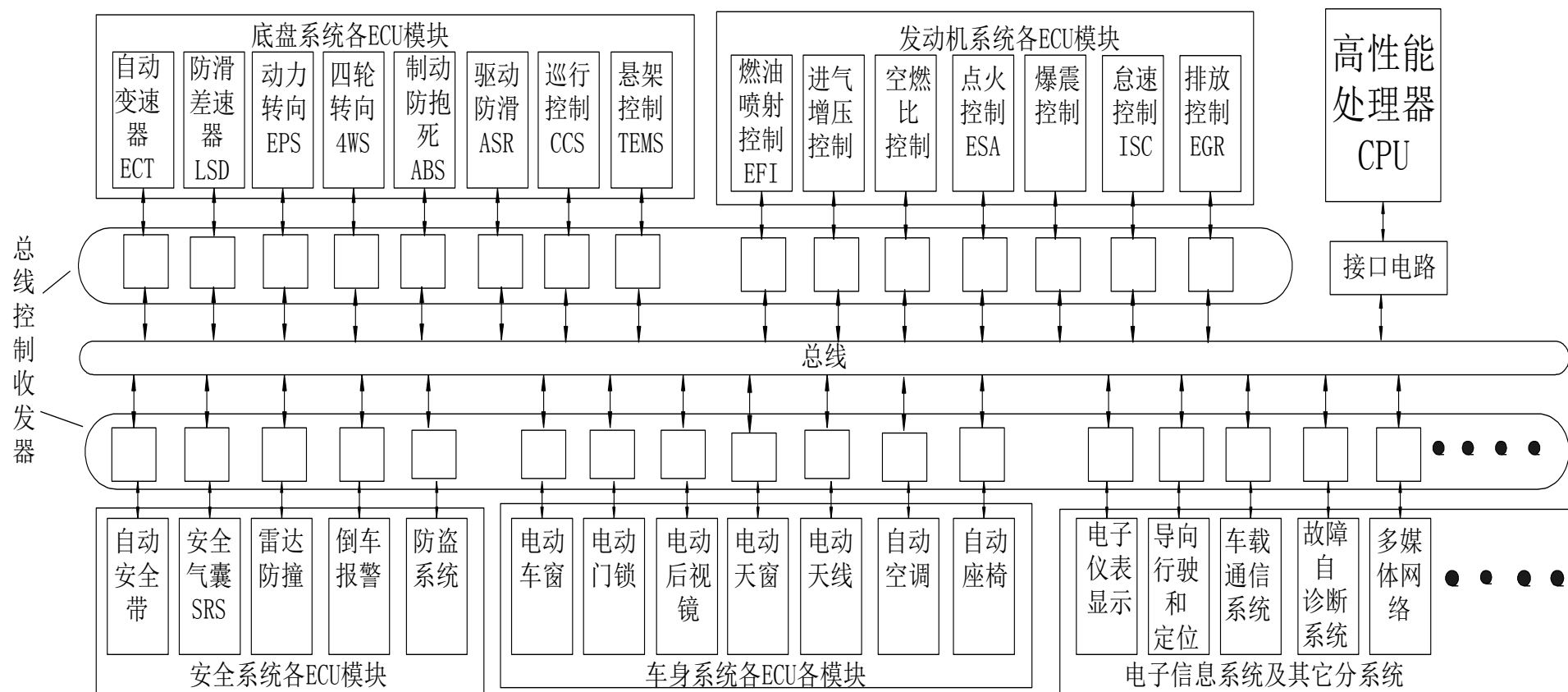
•1995~2010年整车联网层次的汽车网络化时代

- 整车电气系统被连成一个多ECU、多节点的有机的整体，使得其性能也更加完善。
- 世界主要汽车制造商生产的多数汽车上均采用了以CAN、LIN、MOST、DDB等为代表的网络控制技术，将车辆控制系统简化为节点模块化

汽车网络技术的应用

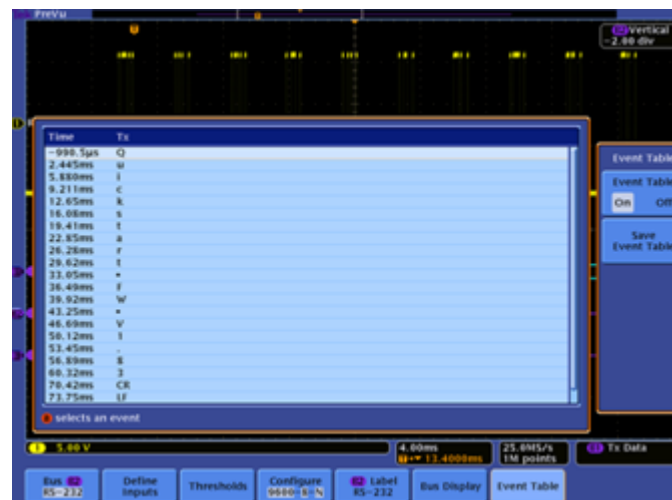
- 采用汽车网络技术的优点
 - **减轻整车自重**。减少电线用量，耗铜量下降，整车自重得以降低。同时，全车线束变细，也为安装其它新的部件预留了空间。
 - **降低生产成本**。除了电线用量减少、耗铜量下降带来的成本降低之外，网络技术所秉持的“信息共享、一线多能”也充分发挥了每一条电线的作用，现实了“物尽其用”。
 - **提高工作可靠性**。电线数量的减少，也使汽车电气系统的线束插接器数量大大减少，由线束和插接器引发的断路、短路、接触不良等故障的发生率也大大降低，整车电气系统的工作可靠性得以提高。
 - **便于后续开发**。采用开放式的汽车网络技术，为后续技术的开发留有充分的余地。以后，随着技术的不断进步，新的电子控制系统可以很方便地融入到已有的系统之中，而不必对现有系统作太大的改动。

基于CAN总线的汽车内各模块的联接图



串行总线数据挑战：解码

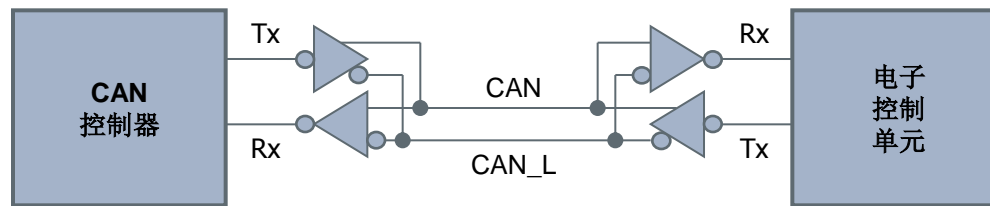
- 可以使用示波器手动解码串行总线波形，但过程繁琐、容易出错
- 硬件工程师需要检验连接和充足的信号完整性，以便总线正确传送数据
- 软件/固件工程师需要检验总线消息的发送方式符合预期
- 系统工程师需要检验系统组件的工作方式符合设计
- 所有工程师都需要简单、易用、完整、经济的解决方案



RS-232解码格式

CAN (控制器局域网) 总线

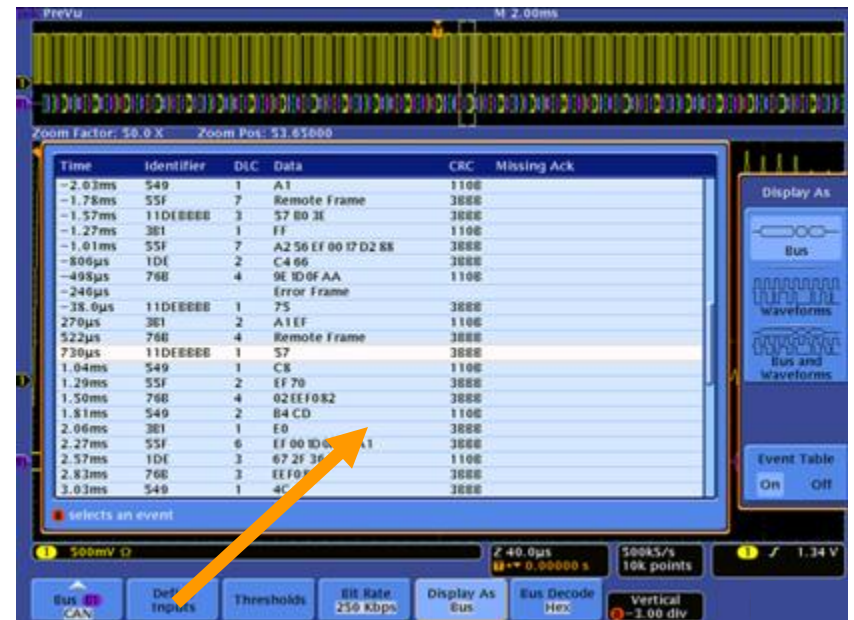
- 用于汽车、工业自动化和医疗器械中的系统到系统通信
- 串行异步、多主设备、分层通信网络
- 10 kbps - 1 Mbps的数据速率
- 完善的错误检测和错误处理机械
- 灵活的信令支持，低成本实现方案
- 物理总线采用单线和双线拓扑，具有容错能力



CAN物理层

泰克示波器MSO/DPO系列CAN解决方案

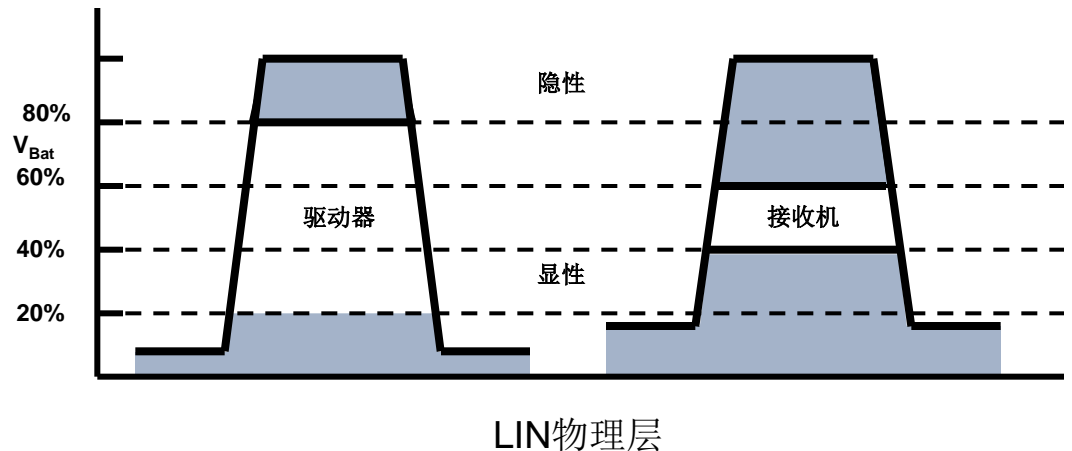
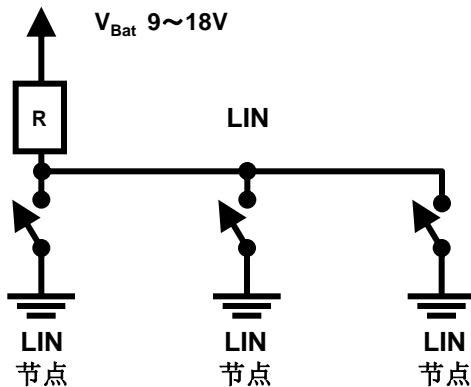
搜索和标记功能



事件表显示解码后的带有时间标记的CAN消息帧

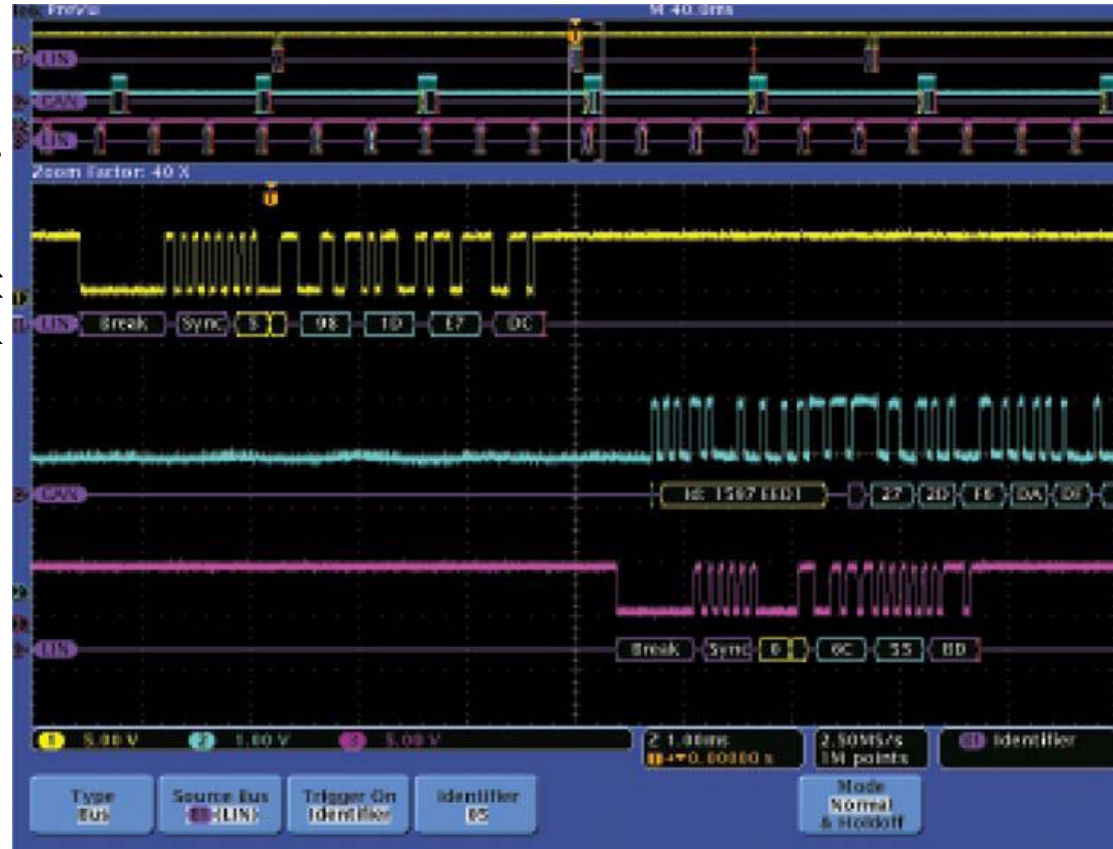
LIN (本地互连网络) 总线

- LIN通信基于UART/SCI，数据使用8位字节发送，其中带有开始位、结束位和无奇偶性。
- 数据速率范围为1kbps - 20kbps
- LIN帧由两个主要部分组成：包头和响应。包头由主设备发送，响应则由从设备发送



汽车电路中的CAN/LIN调试

- 我们在调试汽车电动车窗系统
- 想知道在司机按下按钮到实际车窗开始动作需要多长时间？
- 还需要同时关注汽车CAN/LIN总线传递的命令是否正常



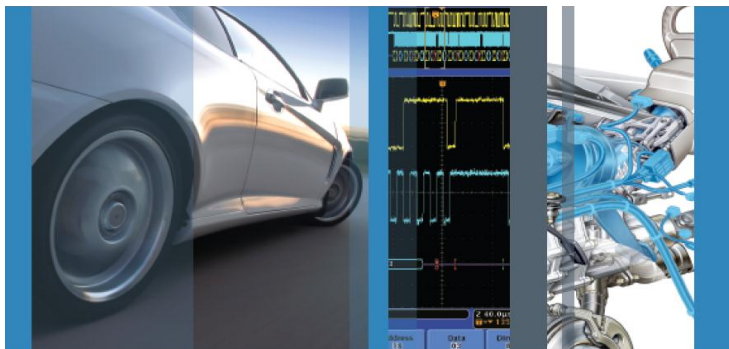
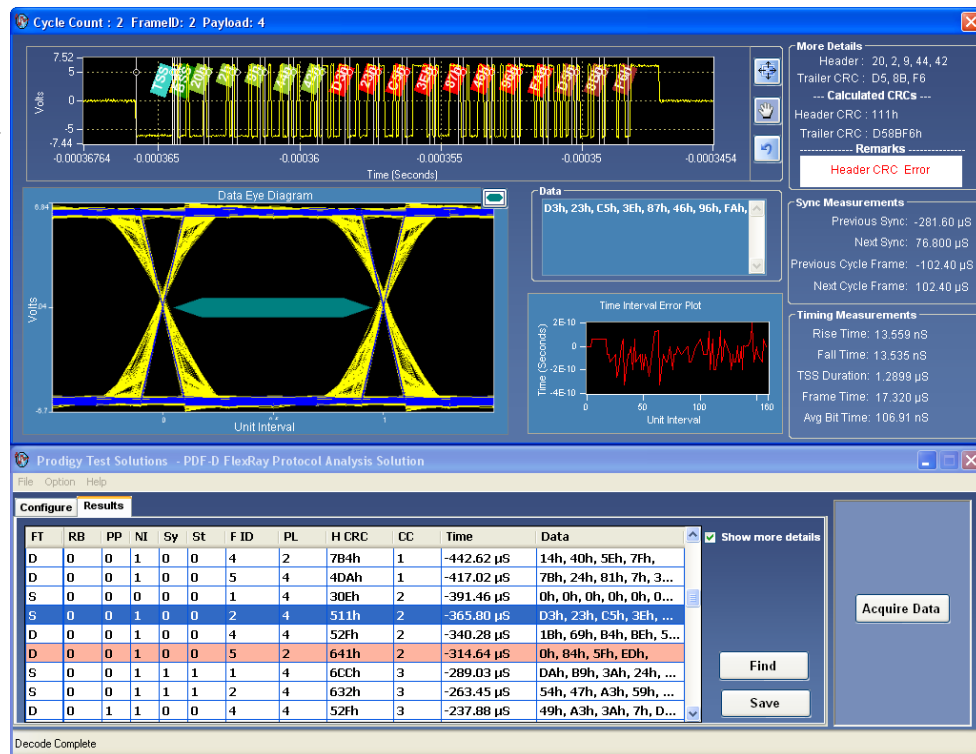
泰克示波器MSO/DPO系列FlexRay解决方案

FlexRay总线TSS (传输开始顺序)触发
DPO/MSO4000系列,
它发起建立网络连接,
后面跟着帧号(02)、包头
CRC和净荷(数据)。



FlexRay 物理层分析软件

- DPO4AUTOMAX全面支持物理层分析软件
- 通过USB或以太网与外部计算机一起运行
- 提供完整的一套工具评估物理层性能
 - 眼图分析
 - 同步测量
 - 定时测量
 - 时间间隔误差 (TIE)



动力系统

hybrid motor
electronic power steering
HID headlight lamps



发动机电控单元系统



点火线圈



碳罐控制阀



相位传感器



温度传感器



爆震传感器



空气质量流量计



电子控制器



进气模块总成



电子节气门体 电子油门踏板



喷油器



高压直喷喷油器



压力调节器



油泵支架总成



电动燃油泵



高压油泵



氧传感器



速度传感器



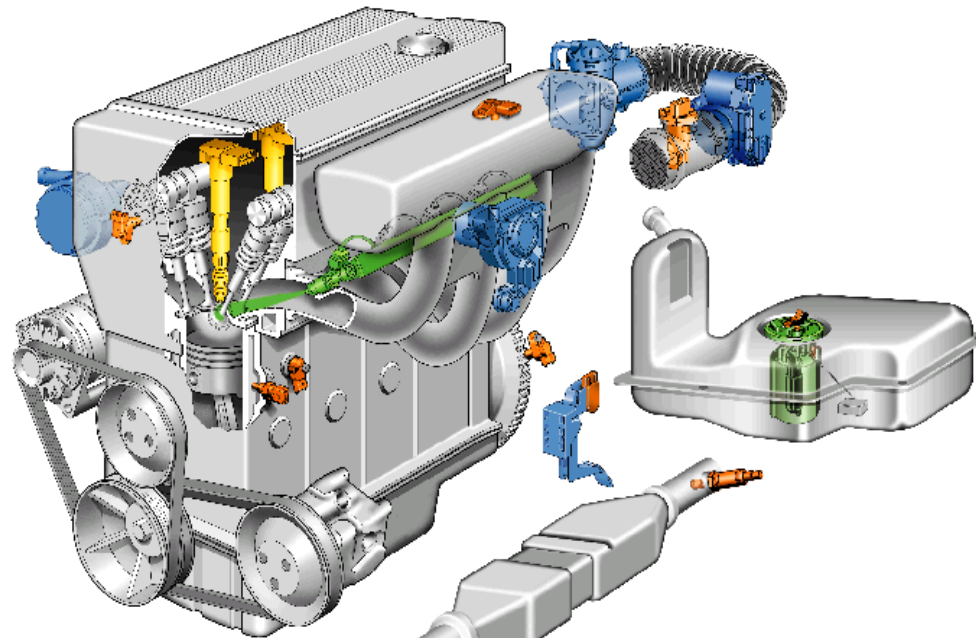
节气门位置传感器



压力传感器

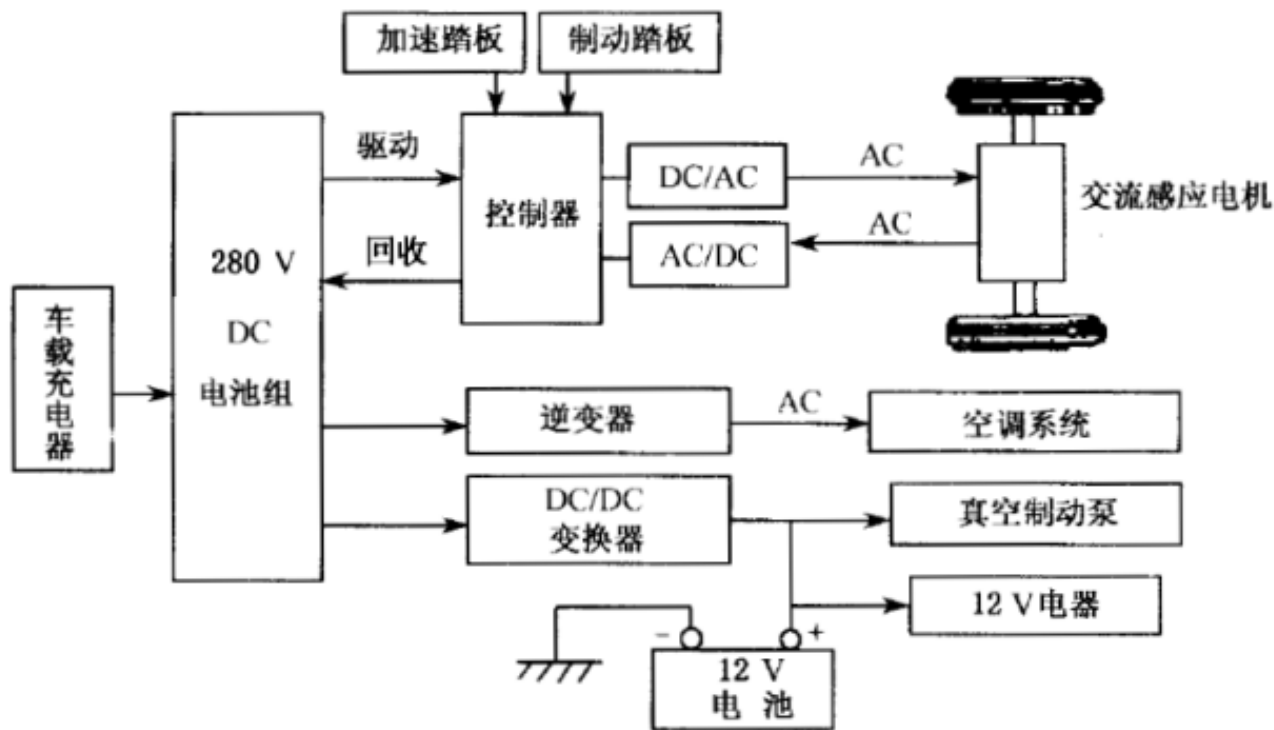


燃油分配管总成



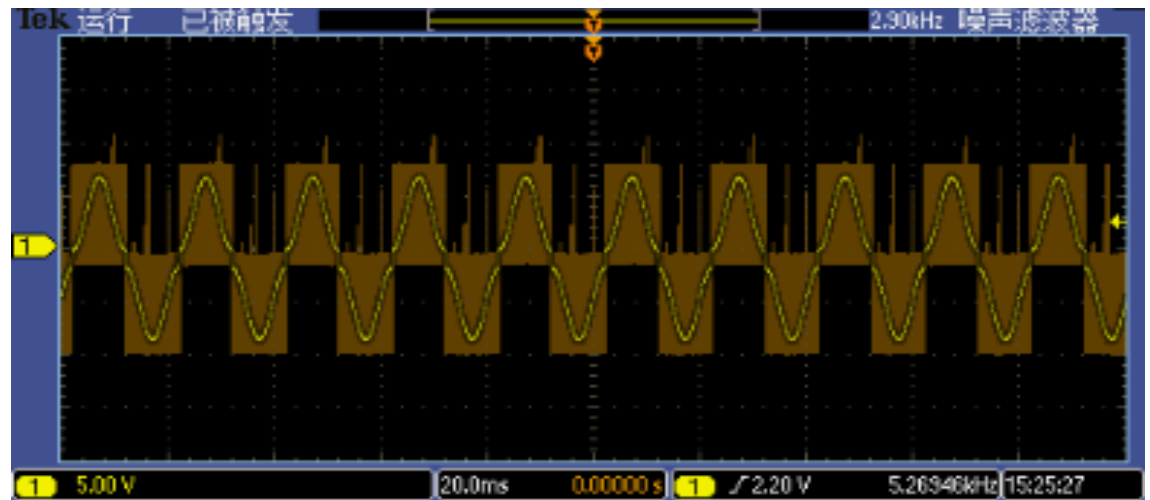
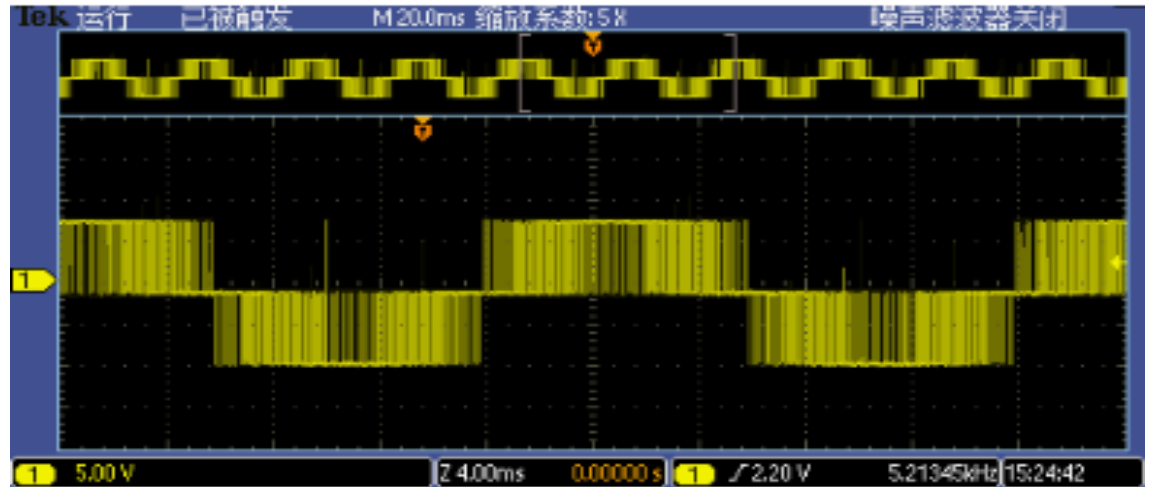
驱动马达测试

- 电动汽车驱动电机是所有电动汽车必不可少的关键部件。目前使用较多的有直流有刷、永磁无刷、交流感应和开关磁阻等四种电机



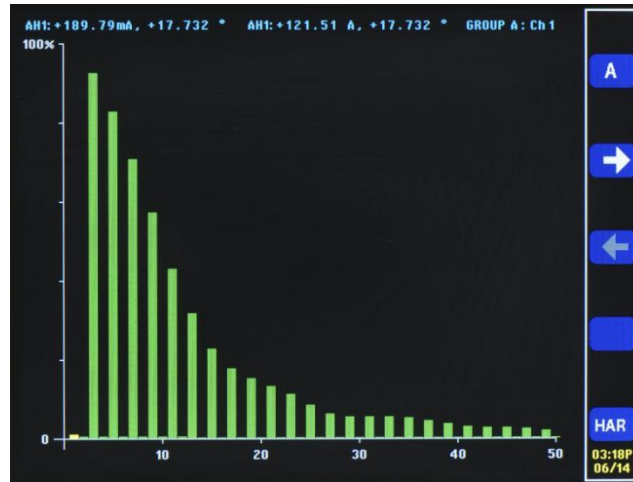
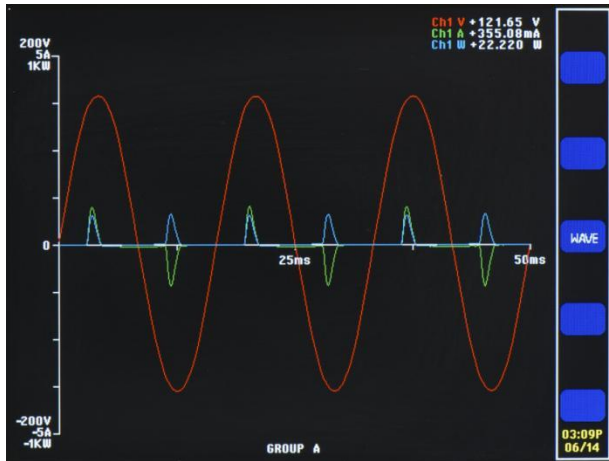
驱动马达波形测试：PWM调制测试（FilterVu功能）

- 工程师需要测量变频输出电压与PWM信号是否一致
- 泰克示波器独特的FilterVu功能可以滤掉输出电压信号的PWM方波波形，显示出PWM变化趋势



功率参数的测量——PA系列功率分析仪

- V_{RMS} , A_{RMS} , W, VA, VAR, PF, 频率, 相位角
- 谐波最高 100th (标配)
- 转换效率
- 浪涌电流
- 波形, 数据列表和能量积分模式



GROUP A Ch1		
Vrms	121.65	V
Arms	355.09	mA
Watt	22.220	W
Freq	60.015	Hz
PF	0.5144	
Acf	3.6499	

PA4000 功率分析仪

精确的测试测量 —— 我们的独特优势



强大的测量精度

GROUP A Ch1	GROUP B Ch2	GROUP C Ch3	GROUP D Ch4
Vrms 119.12 V	Vrms 0.0000 V	Vrms 0.0000 V	Vrms 0.0000 V
Arms 335.42 mA	Arms 0.0000 mA	Arms 0.0000 mA	Arms 0.0000 mA
Watt 21.801 W	Watt 0.0000 W	Watt 0.0000 W	Watt 0.0000 W
Freq 60.033 Hz	Freq 0.0000 Hz	Freq 0.0000 Hz	Freq 0.0000 Hz
PF 0.5457	PF 0.0000	PF 0.0000	PF 0.0000
Acf 5.3700			
Vcf 1.3910			
VA 39.954 VA			
VAh 33.481 VAh			

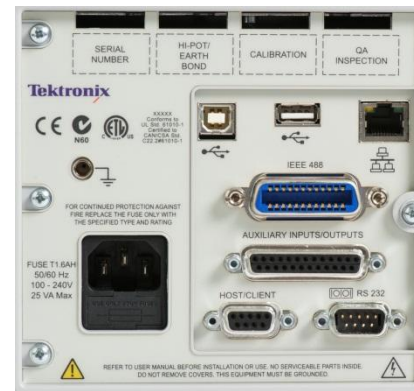
- 精准的测量精度: 0.04% 电压电流的基本精度
- 专利的螺旋式电流分流器
- 峰值因数高达10 的高精度测量结果

强大的功能



- 电流30A/1A 双shunt 标配
- PWM驱动, 镇流器, 待机功耗等多种测量模式
- 谐波测试功能标配, 有间谐波测量

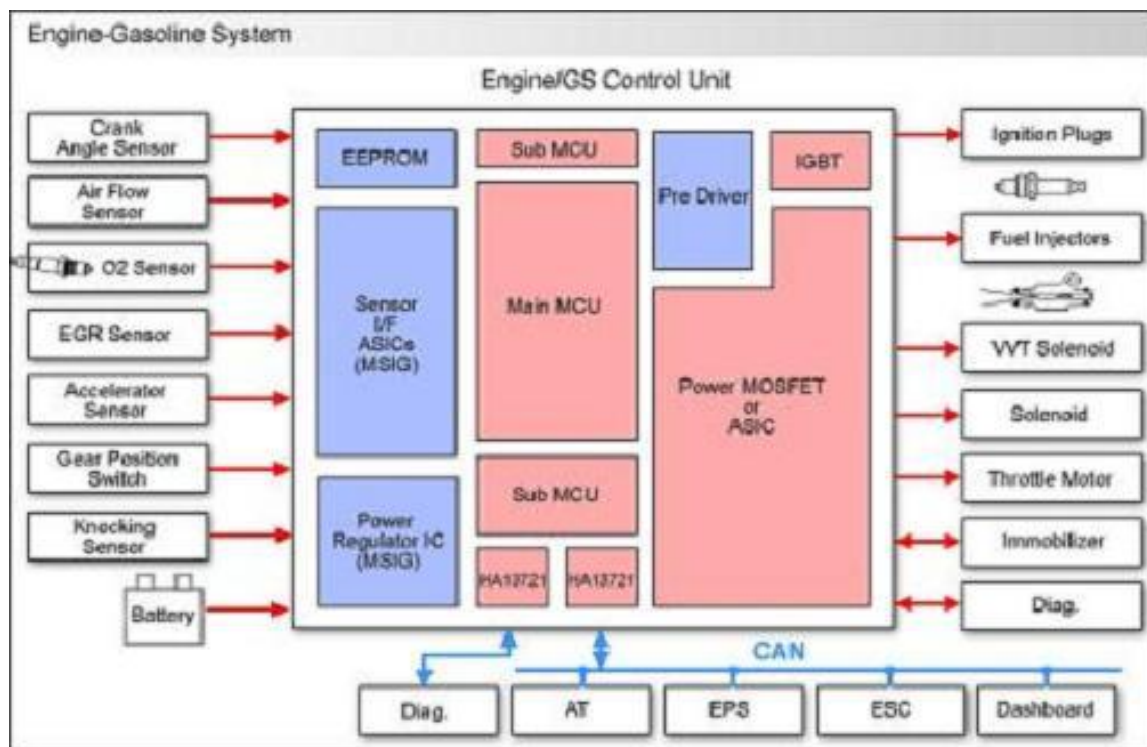
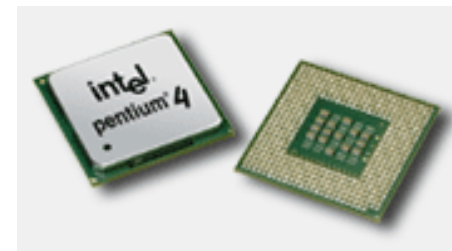
丰富的接口



- USB, LAN, 和RS-232 标配 (GPIB) 选配
- 远程控制软件标配
- 功率及谐波同时测量, 无需切换

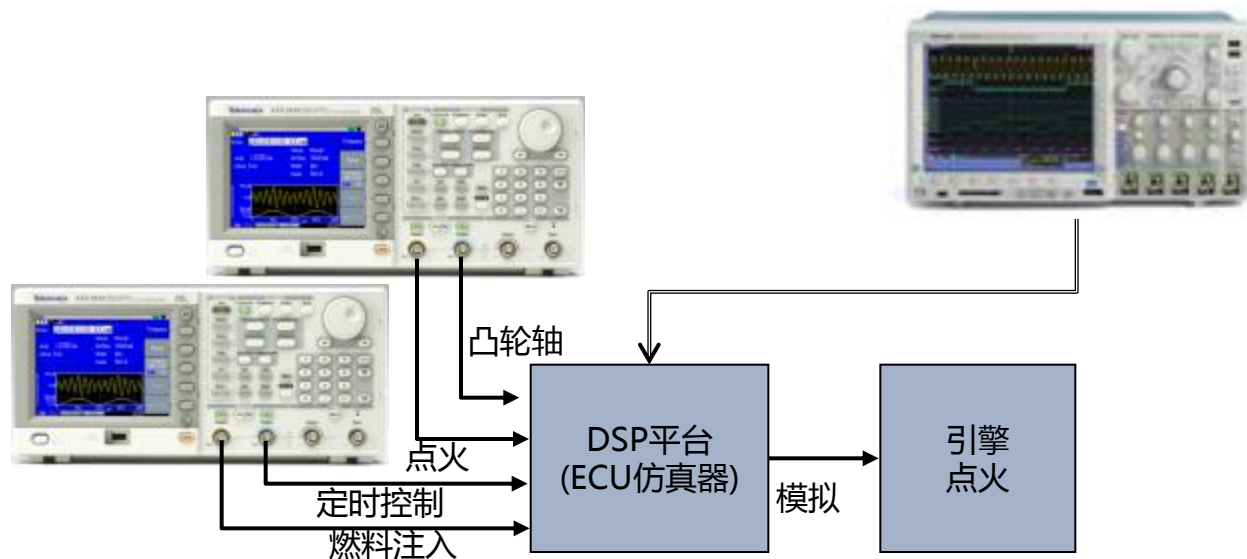
ECU测试——汽车中的电子控制单元

- 汽车电子控制单元ECU
 - 是带单片机的嵌入式系统
 - 具有处理器、I/O设备和存储器
 - 独立控制汽车的某一系统或几个系统
 - 通过数字总线连接在一起，形成一个复杂的计算机局域网



ECU测试—复杂的测试挑战

- ECU系统设计与调试
 - 捕获模拟信号、数字信号和总线信号
 - 分析DSP或FPGA内部的逻辑和数字定时问题
 - TLA逻辑分析仪或MSO混合信号示波器
 - 传感器、执行器模拟和仿真
 - AFG任意波形发生器
 - 系统级的综合调试
 - CAN/LIN总线触发、解码



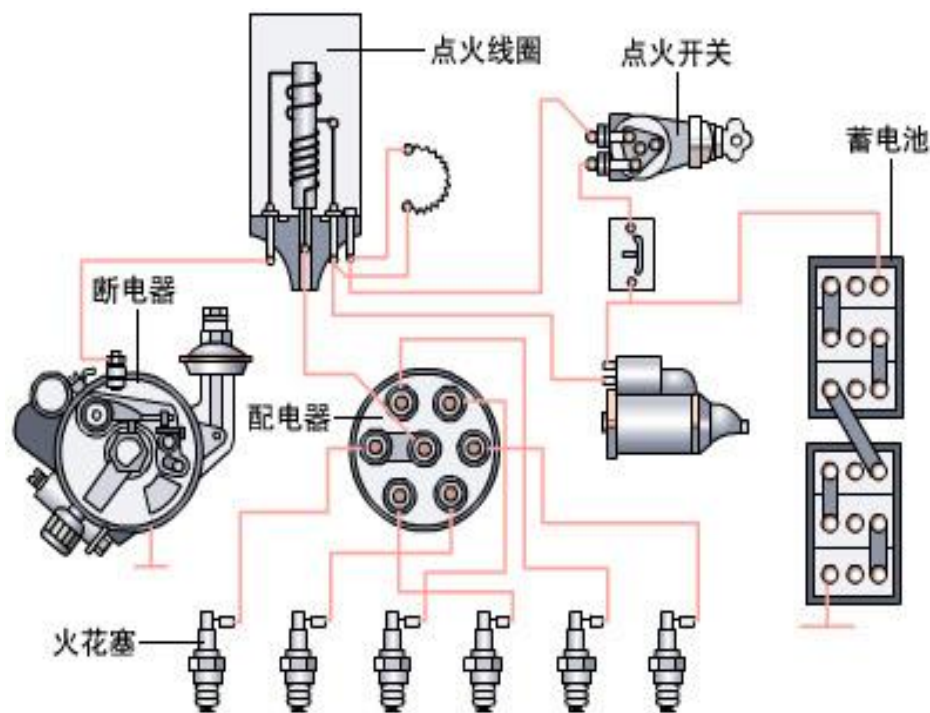
点火系统测试

■ 测试挑战

- 瞬间高压，可达几千至一两万伏
 - 高压探头、差分探头
- 隔离通道测试
 - 避免通道间的串扰
- 高强度的电磁干扰
 - 破坏仪器的工作环境

■ 点火系统的发展

- 机械开关
- 分电器多点继电器
- 高压达林顿管
- 智能IGBT

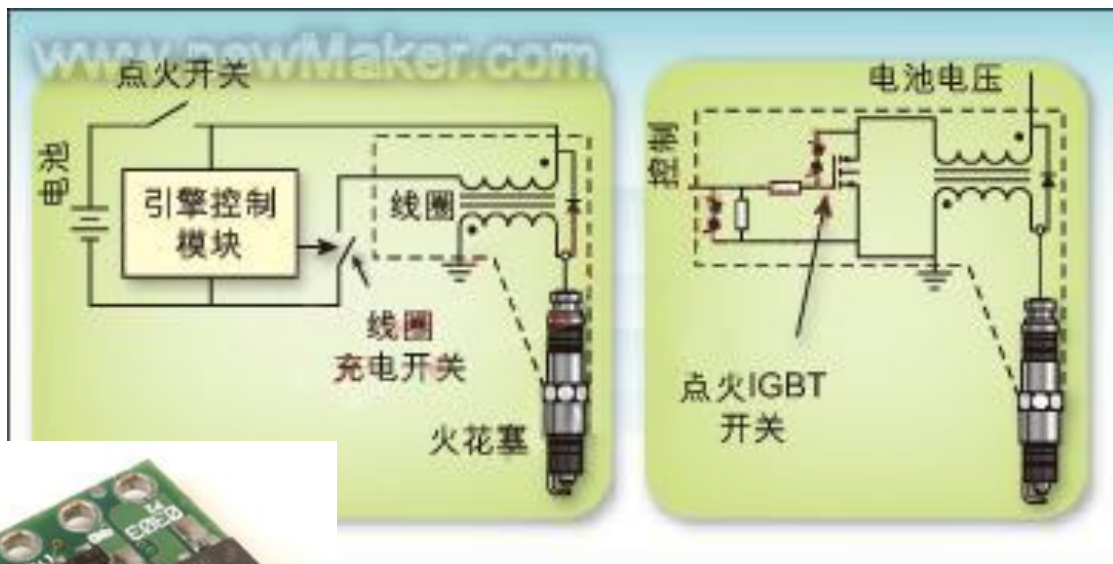


传统点火系统的组成

点火系统测试

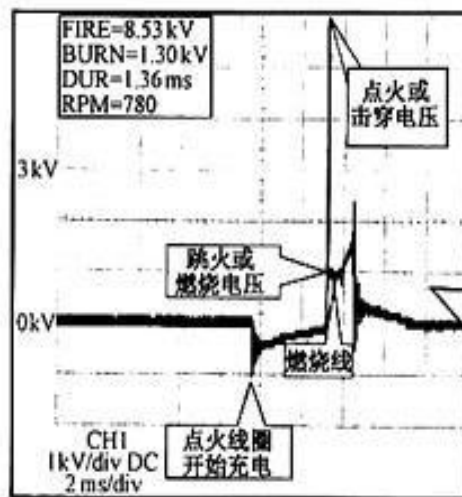
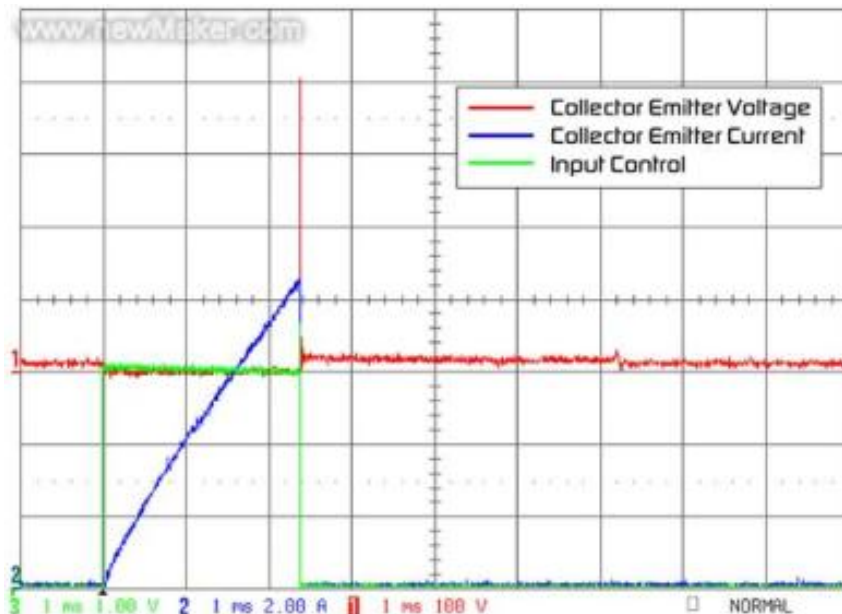
■ IGBT点火系统的特点

- 1. 大电流下的饱和压降低;
- 2. 构建能处理高压线圈(400~600V)的电路;
- 3. 简化的MOS驱动能力;
- 4. 在线圈异常工作时能承受高能耗



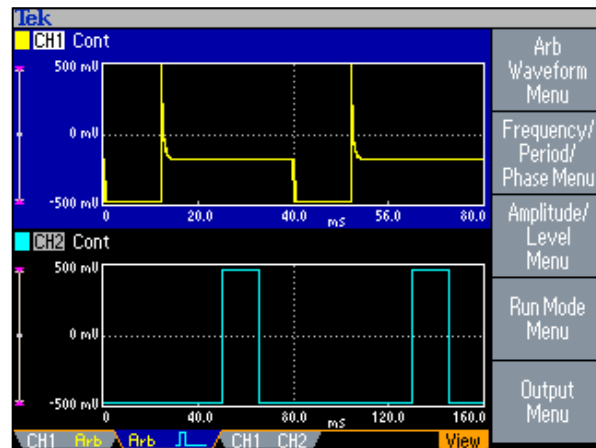
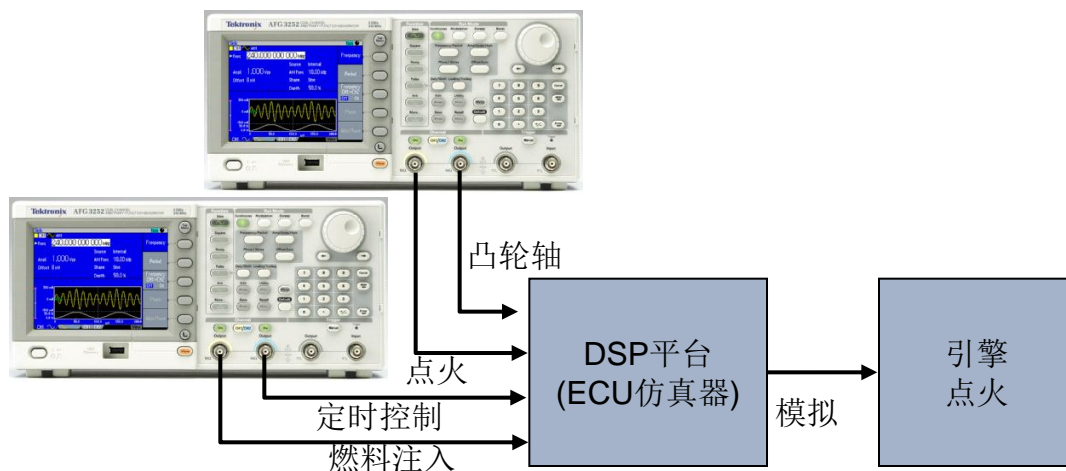
点火系统测试

- 泰克推荐测试方案
 - 长存储示波器
 - DPO/MSO系列
 - 高压探头
 - P6015A
 - 高压差分探头
 - 共模抑制比高达-80dB
 - 电流探头
 - TCP系列
 - DC/AC, 纯AC探头
 - 隔离通道示波器
 - TPS2000B系列



怠速状态波形：单缸点火波形显示可以一缸一缸地观察不同点，进而帮助确定混合气的空燃比、发动机机械部分或次级点火的故障。

测试和优化引擎控制单元



■ 用途

- 仿真各种汽车传感器信号, 如压力, 温度, 速度, 旋转和角度位置, 对汽车应用中的引擎控制单元(ECU)进行功能测试和优化。

■ 使用AFG302xC的好处

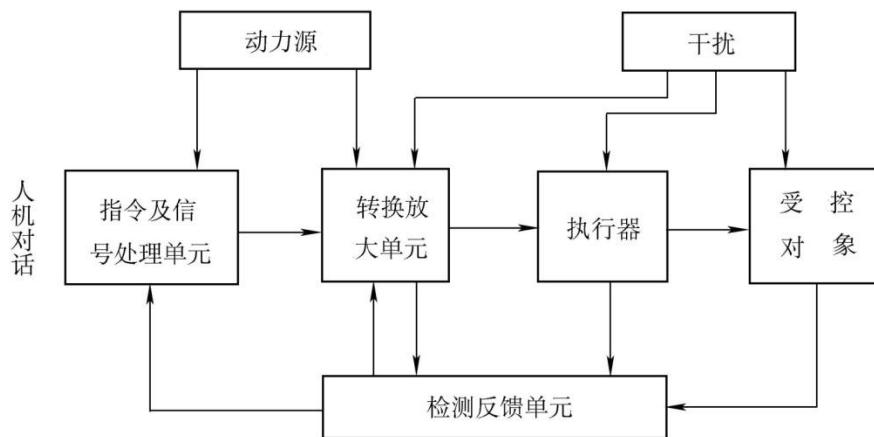
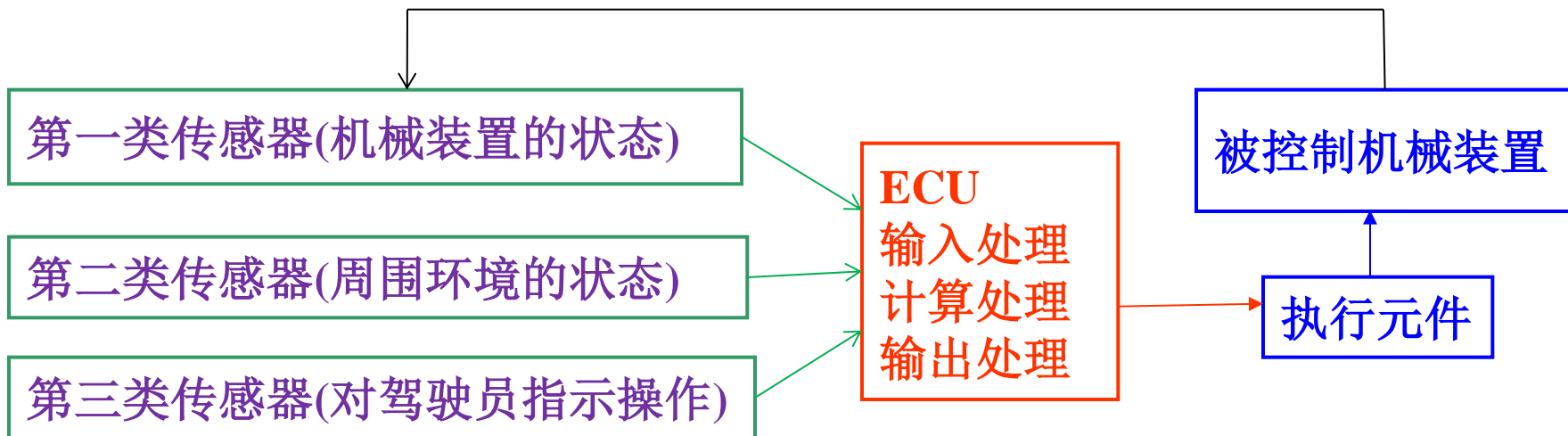
- 大型显示器一目了然地确认所有设置。可以作为Vpp/Offset或High/Low值输入幅度值。使用ArbExpress创建传感器信号。高达20 Vpp的幅度不需要使用外部放大器。

车身电子系统



汽车电子控制系统基本组成

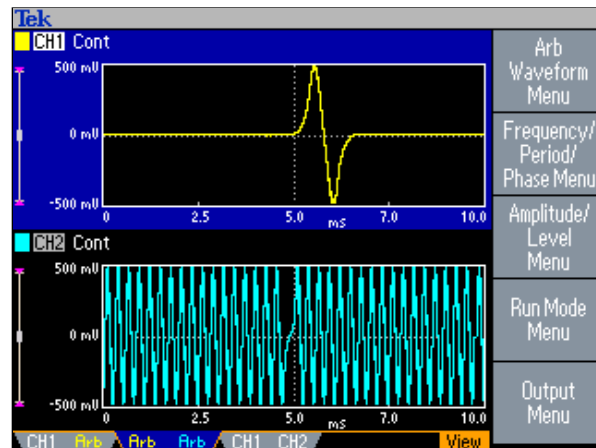
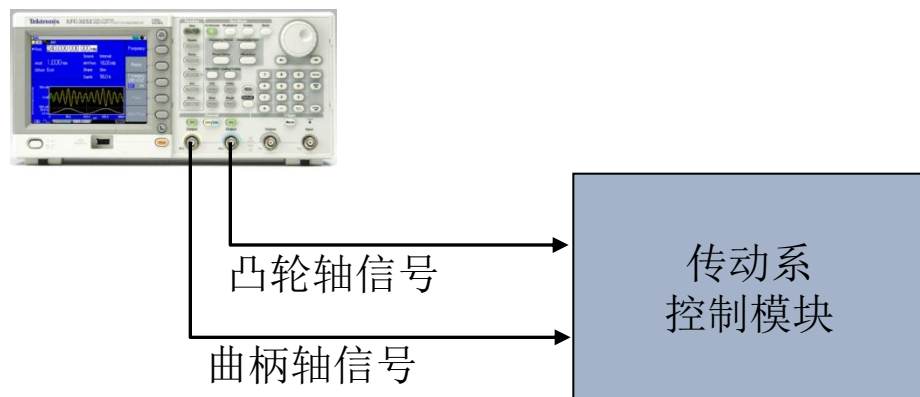
汽车电子控制系统一般由传感器、控制单元和执行元件三大部分组成。



汽车常用传感器

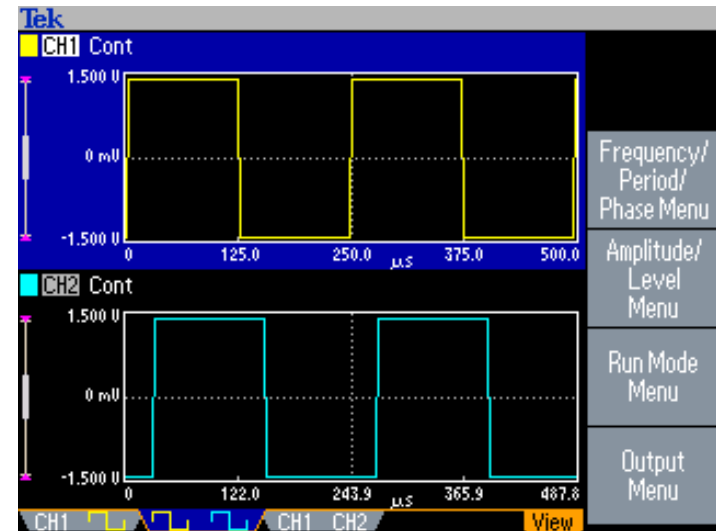
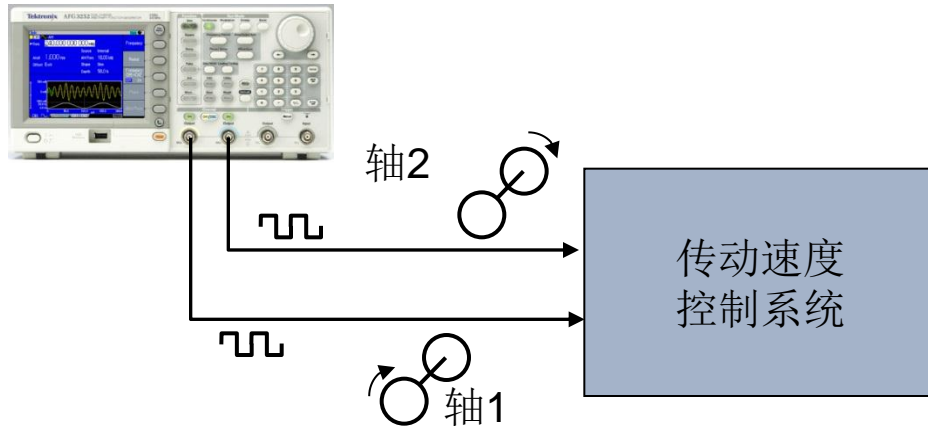
基本被测量		派生被测量	汽车用传感器检测量或检测对象
位移	线位移	长度、厚度、振动	车辆高度
	角位移	旋转角、偏转角、角振动	节气门开度、废气再循环阀开度
速度	线速度	速度、振动、流量	车速、吸入空气量、燃料流量、废气再循环量、
	角速度	转速、角振动	凸轮轴转速、曲轴转速、转向盘转角、车轮速度
加速度	线加速度	振动、冲击、质量	加速度
	角加速度	角振动、转矩、转动惯量	
力	压力	重量、应力、力矩	进气歧管压力、大气压力、燃烧压力、发动机机油压力、自动变速器油压、制动压力、各种泵压、轮胎压力
时间	频率	周期、计数、统计分布	
温度		热容、气体速度、涡流	冷却液、排出气体、吸入空气、发动机机油、自动变速器油。
光		光通量与密度、光谱分布	日照、光照
湿度		水气、水分、露点	湿度

仿真汽车传感器信号



- 用途
 - 仿真曲柄轴, 凸轮轴, 车轮, 碰撞和其它汽车引擎传感器信号。
- 使用AFG3xx2C的好处
 - 双通道。
 - ArbExpress提供了强大的波形创建和编辑功能。
 - 简便易用, 仪器体积小。

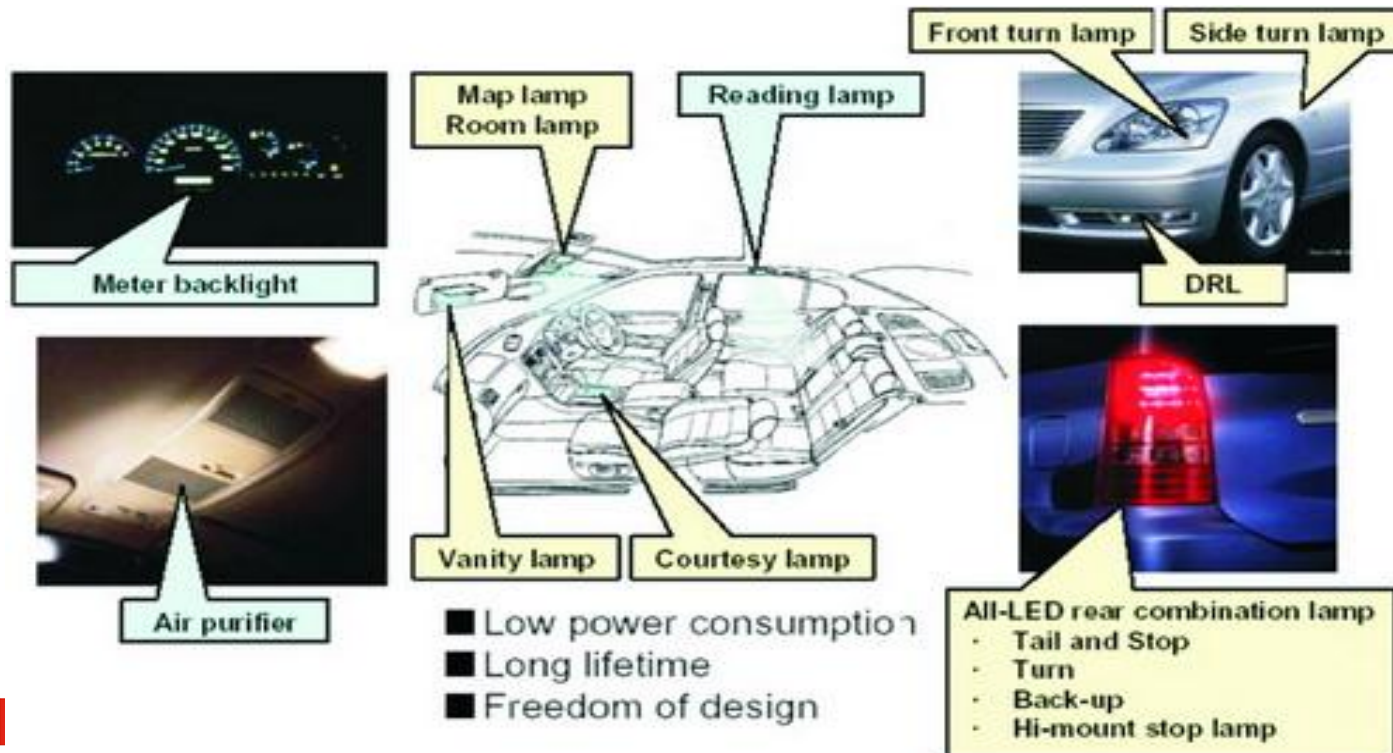
测试传动速度控制系统



- 用途
 - 测试和维护传动速度控制系统。
- 使用AFG3022C的好处 / AFG3011
 - 生成双同步信号或独立信号(AFG3022C)
 - $>10 V_{pp}$ 幅度(AFG3011)

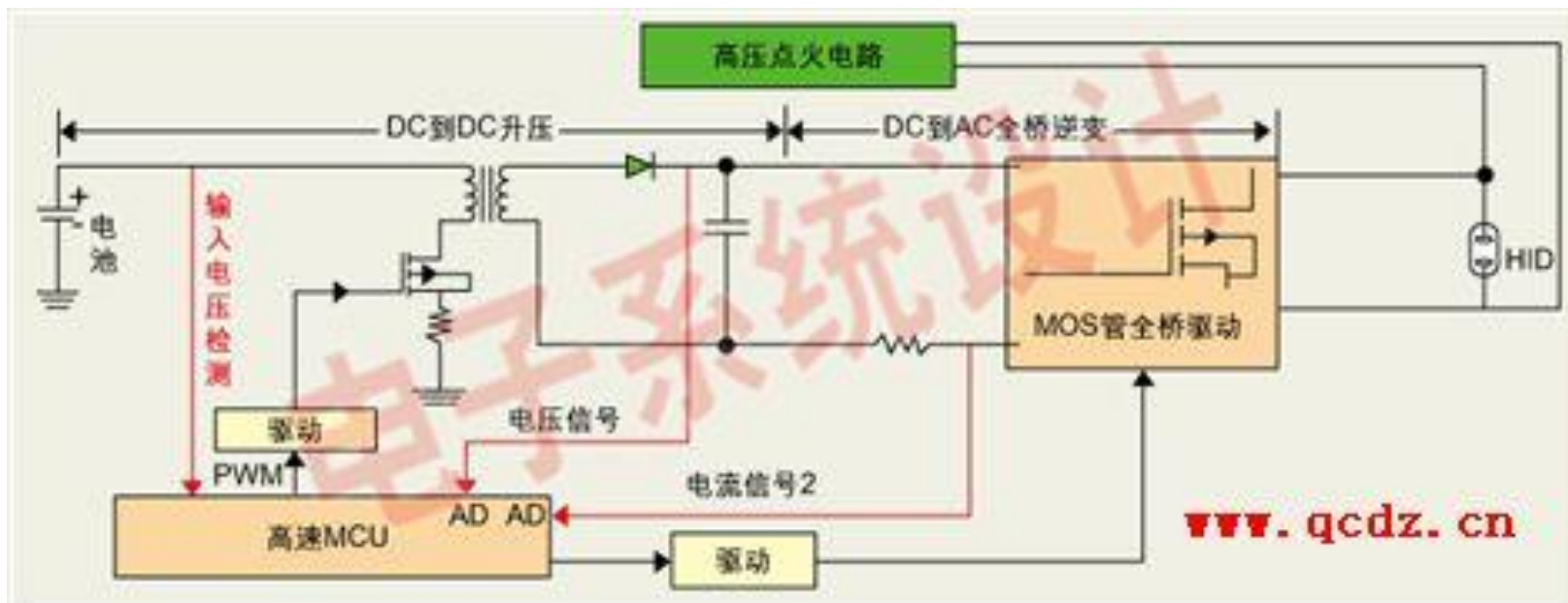
车辆照明系统测试—照明系统发展趋势

- HID前车灯的广泛应用
 - 较普通卤素灯泡三倍亮度输出，色温度舒适度高
 - 数倍产品寿命，减半的电力消耗
- LED照明的应用
 - 体积小、寿命长、反应快
 - 从指示型照明向前大灯发展



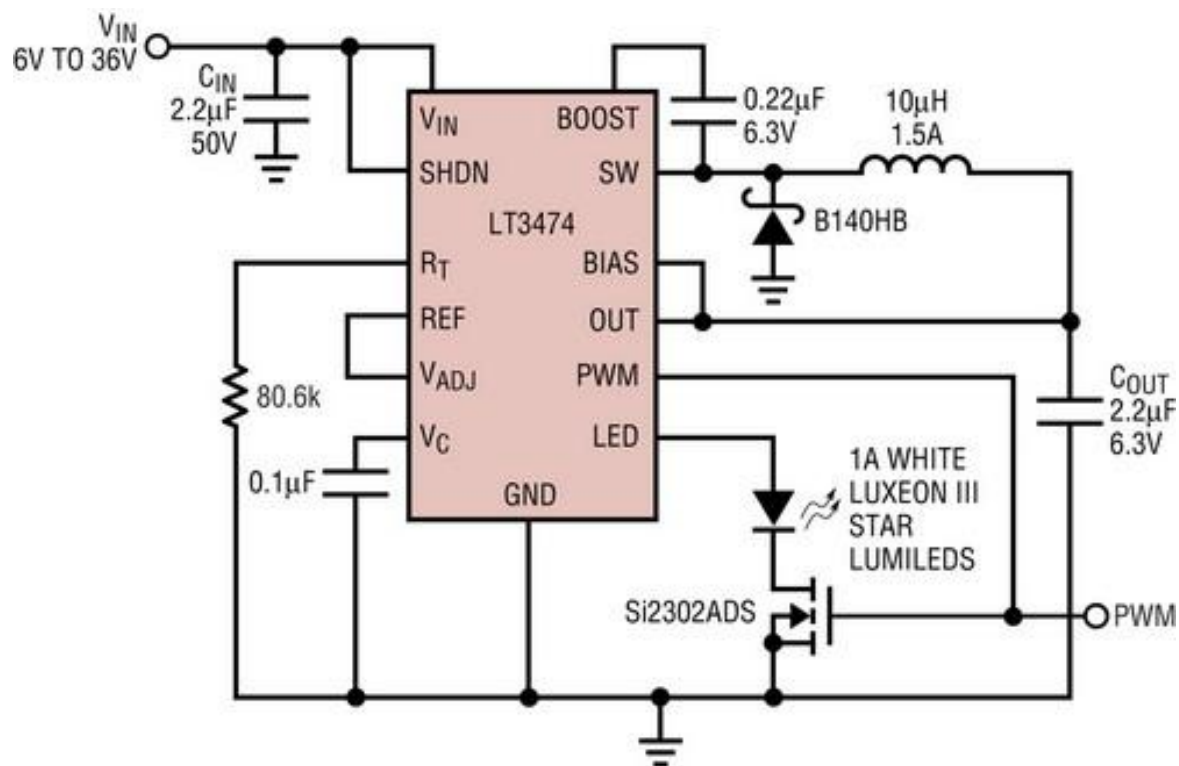
车辆照明系统—HID前大灯、电源管理测试

- 类似普通照明电源测试
- 测试高压发弧点亮脉冲



车辆照明系统—LED车灯测试

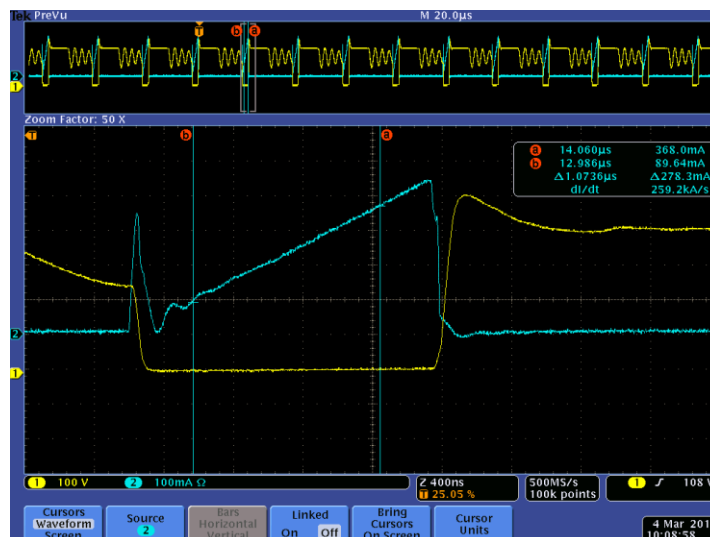
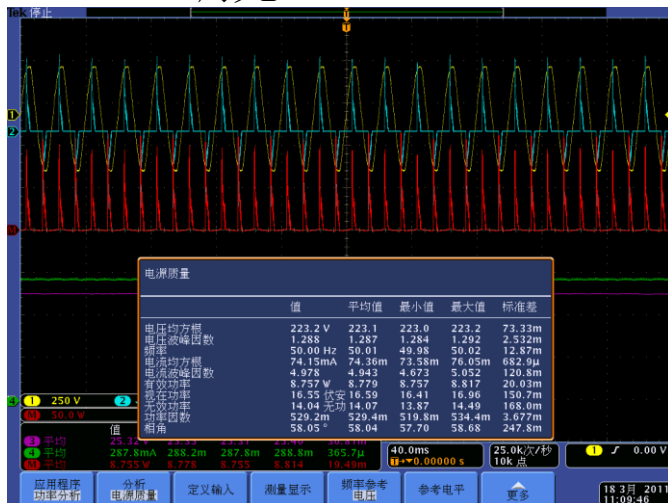
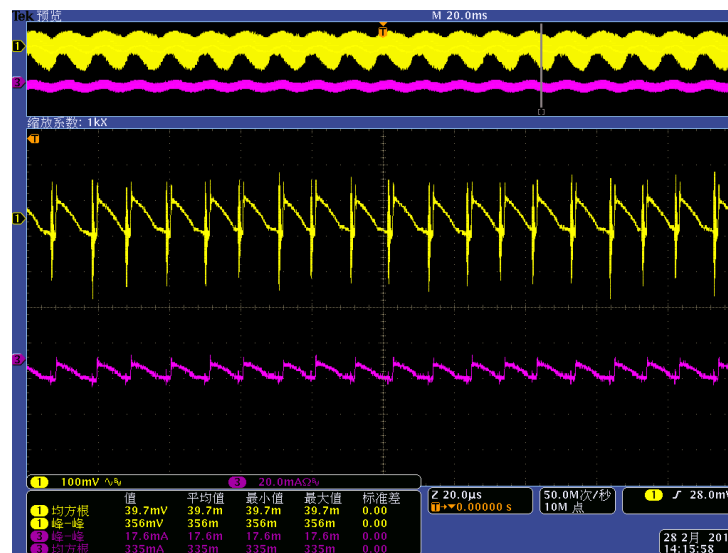
- 恒流驱动
 - 高亮度白光LED需要超过1A驱动电流
- DC/DC型恒流电源



车辆照明系统—LED车灯测试

■ 泰克LED照明测试方案

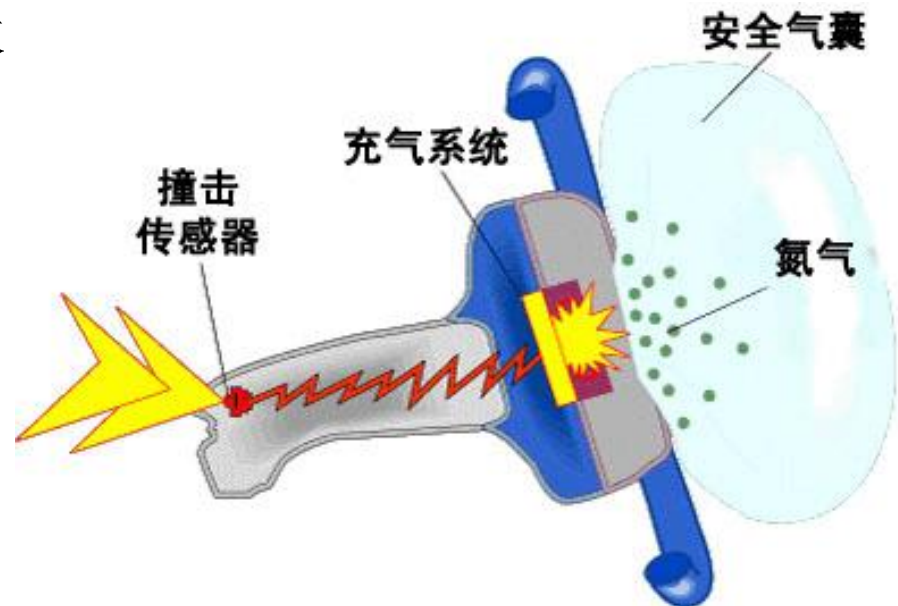
- 电源品质测试
- 恒流驱动电流纹波测试
- 功率器件测试
 - 开关损耗
 - 安全工作区
 - Dv/dt , di/dt
- 输出功率
- 转换效率
- PWM调光



安全气囊测试

- 安全气囊系统中电子设备的特殊要求

- 高精度
- 高可靠性
- 抗干扰能力强



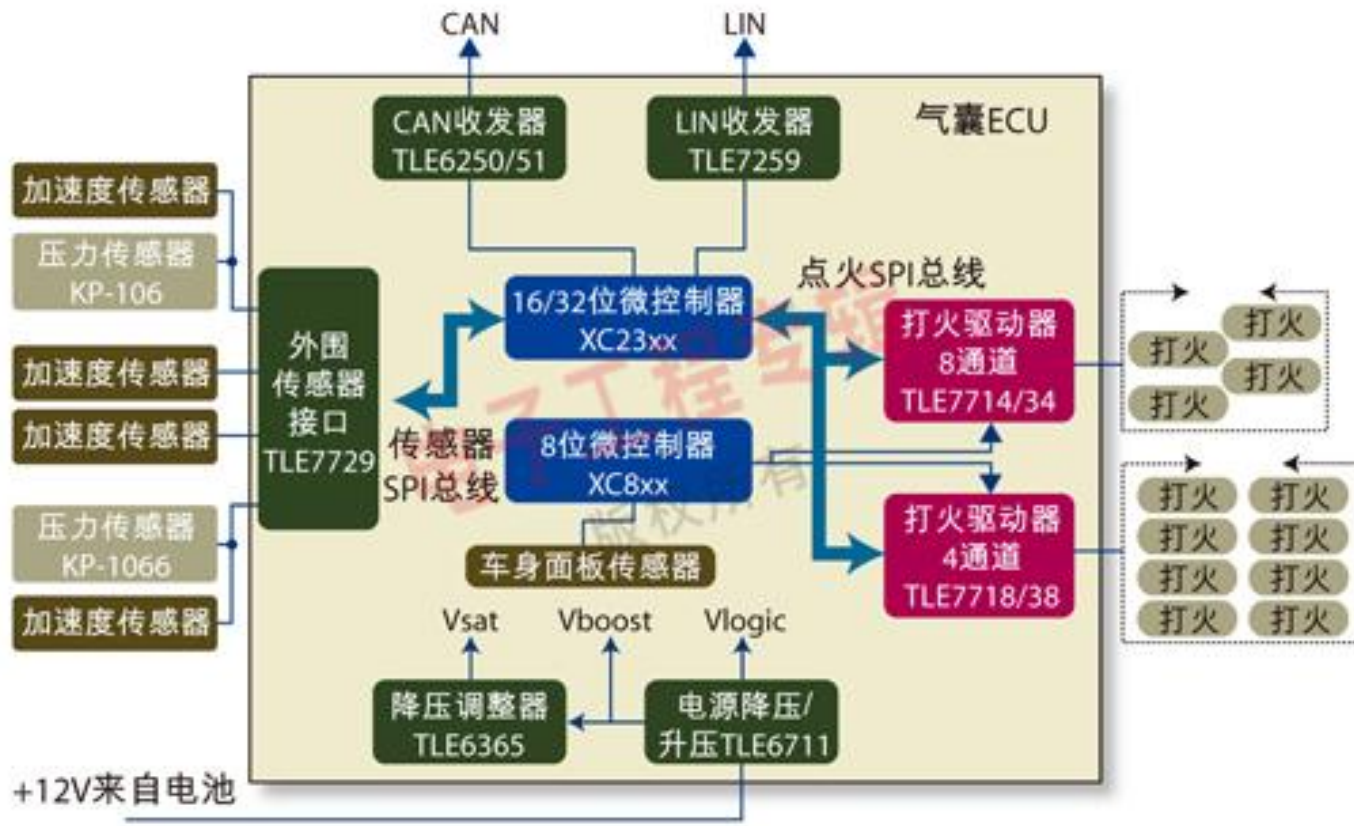
- 安全气囊点火控制要求

- 准确的点火、防止误点、漏点和迟点
- 5 μ s-30ms的准确

安全气囊测试

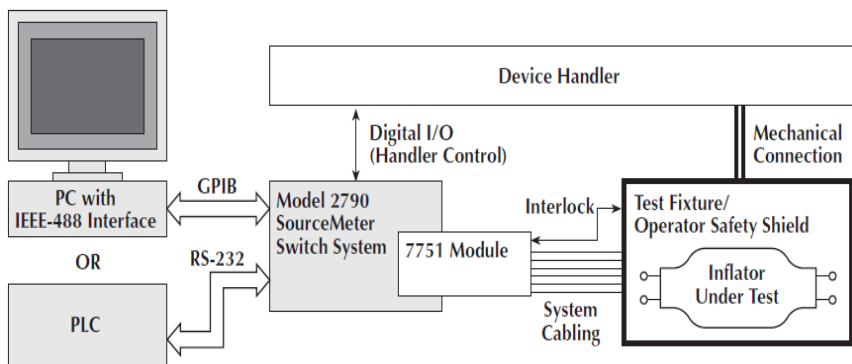
■ 测试挑战

- 加速度和碰撞传感器模拟
- 碰撞与气囊触发时间测试
- ECU工作流程验证，防止误触发和漏触发
- ECU与其他子系统的系统功能验证



安全气囊测试-2790数字源表开关系统

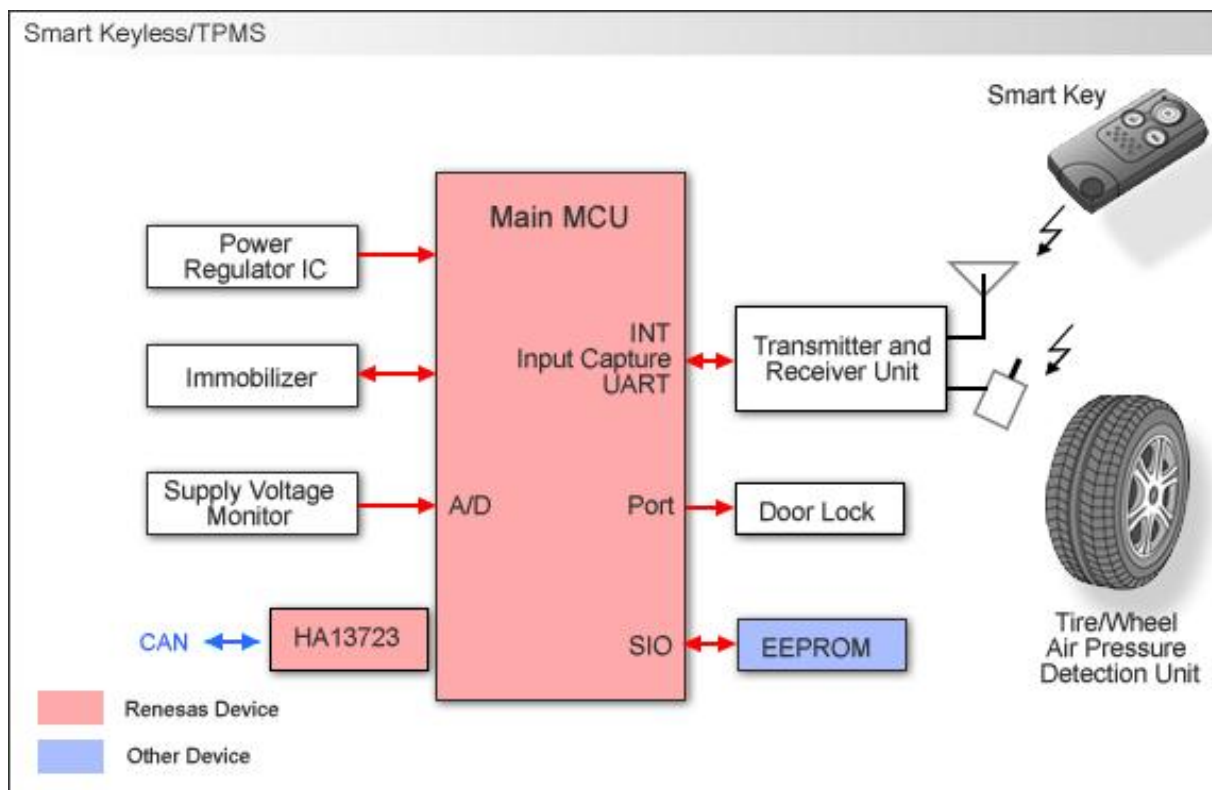
- 安全气囊充气机的电气检查以及其他汽车电子测试
 - 汽车安全气囊充气机/模块电气功能测试
 - 汽车座椅和航空电子中受压线、高压、绝缘电阻测试
 - 多针接头/导线连通性和漏电阻测量
 - 多触点/开关小功率电路连通性和漏电流测试



型号	模块	特性
2790-H 型	单模块系统	低、高电压/电阻测量应用
2790-L 型	单模块系统	低压/电阻可编程电流测量应用
2790-HH 型	双模块系统	低、高电压/电阻应用
2790-HL 型	双模块系统	高、低电压/电阻分离测量应用
2790-A 型	单模块系统	1MΩ单模块系统, 低、高电压/电阻应用
7702	模块	40通道/带螺旋端口的差分多路复用模块
7751	模块	高压源/开关模块
7752	模块	低压电流源单电源/开关模块
7753	模块	1MΩ高压源/开关模块

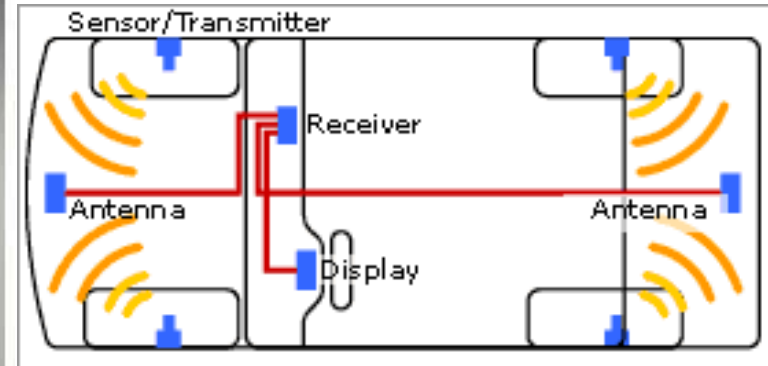
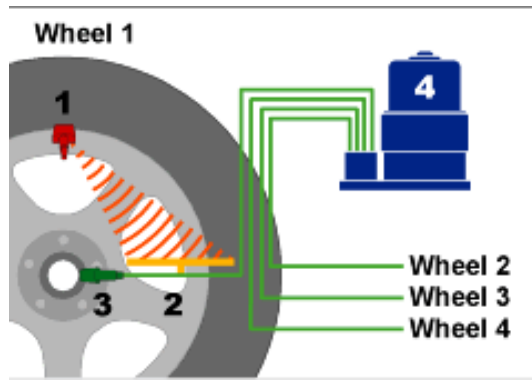
倒车雷达/TPMS测试

- 数字电路、ECU和RF信号的综合调试
- 模拟射频频基带信号
- 总线解码和触发，分析系统工作时序

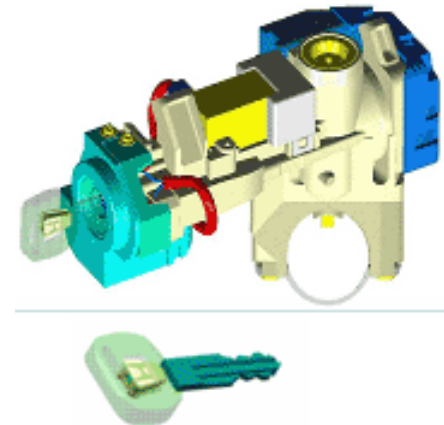


TPMS 胎压检测系统测试

- 轮胎压力监测系统 - Tire Pressure Monitoring System



- 防盗器和无键进入系统



MDO 混合域分析仪——示波器、频谱仪的新选择，提供更多价值！

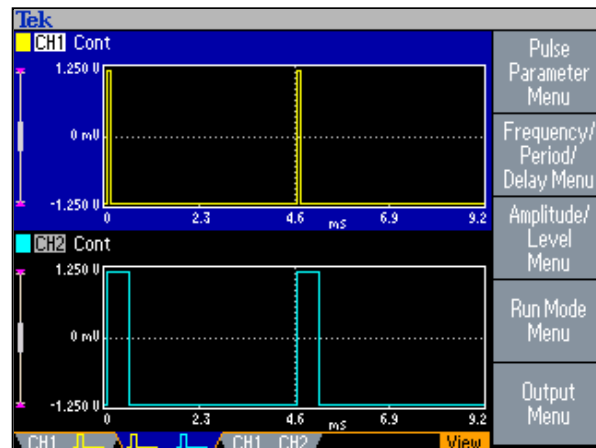
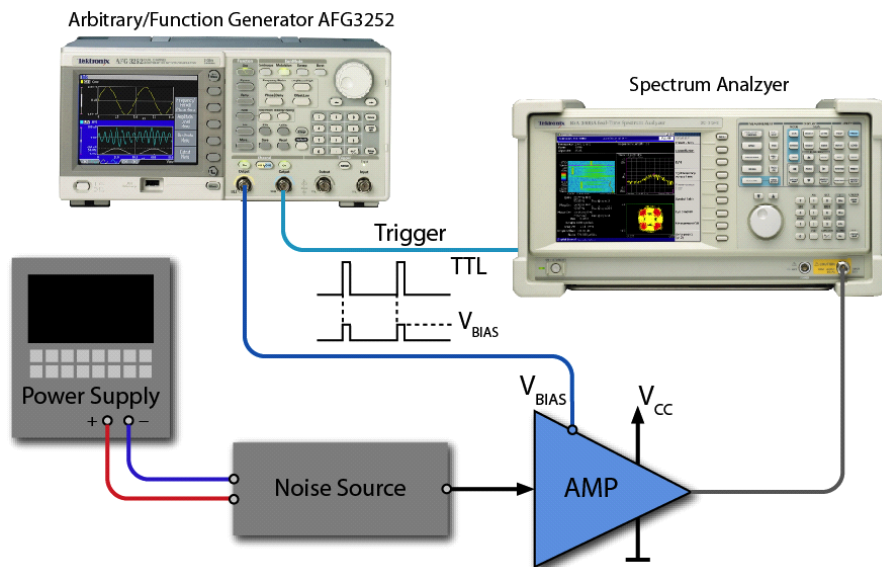


MDO 3大独创特色

1. 五机一体
2. 混合域联合调测
3. 宽带调制分析

型号	模拟通道	模拟带宽	数字通道	RF通道	RF频率范围
MDO4014-3 (新)	4	100 MHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4034-3 (新)	4	350 MHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4054-3	4	500 MHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4054-6	4	500 MHz	16	1	50 kHz – 6 GHz
MDO4104-3	4	1 GHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4104-6	4	1 GHz	16	1	50 kHz – 6 GHz

倒车雷达脉冲式噪声系数测量



- 用途
 - AFG3252C生成两个同步脉冲信号，为 RF 放大器供电，在频谱分析仪上触发测量噪声系数。
- 使用AFG3252C的好处
 - 双通道, 简便易用。
 - 与专用脉冲发生器相比, 节约成本和工作台空间。
- 目标
 - 倒车雷达元件和系统

车载电器

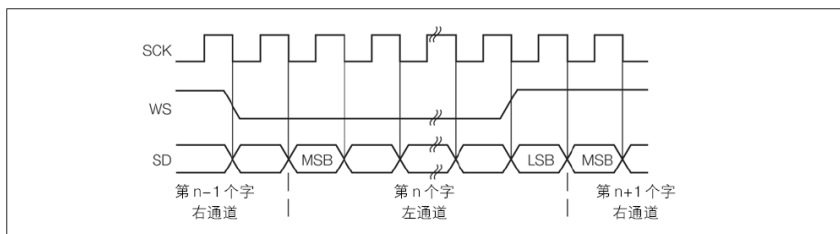
tire pressure monitoring
keyless entry
bluetooth connectivity



汽车音响系统测试

- 汽车音响系统对环境的更高要求
 - 大量EMI
 - 电源电压波动
 - 震动、高低温条件
- 数字音频总线
 - I2S, LJ, RJ, TDM
 - MOST总线
- 大功率功放电路对汽车电源系统的要求

车载娱乐系统音频总线I2S



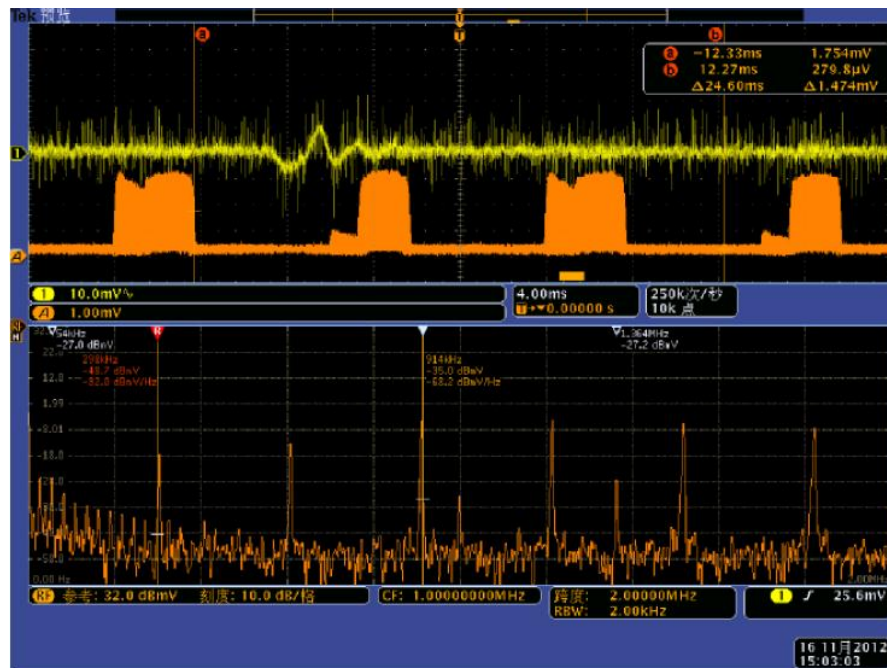
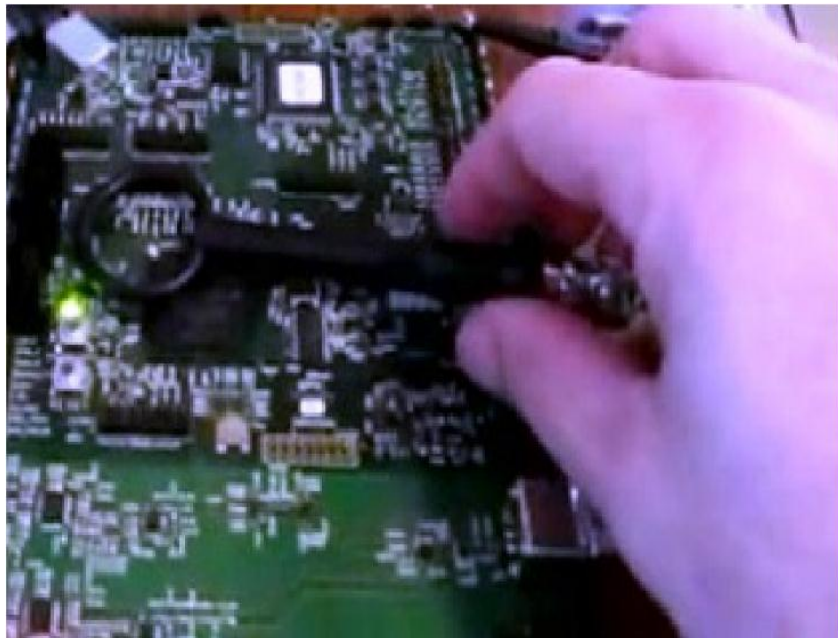
I2S格式

使用DPOxAUDIO音频分析模块进行I2S总线译码分析



EMI的预测试

电子部件的EMI测试



配置: MDO4014-3 + 近场天线 + TPA-N-VPI

最简单、可靠的音频测试2015 /2016

- 失真测量 - THD, THD +noise, & SINAD
- 频率范围 - 20 Hz - 20 KHz
- 低的残留失真
 - 测量
 - **THD .002% or -87 dB**
 - **THD + n, .056% or -65 dB**
 - **SINAD, +65 dB**
- 输出阻抗
 - 50 ohm, 600 ohm, Hi-Z



- 信号源
 - **THD, -68 dB**
 - **Noise, 100 mV rms**



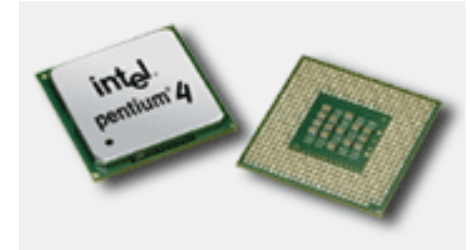
器件分析

electronic control units
entertainment subsystems
safety subsystems

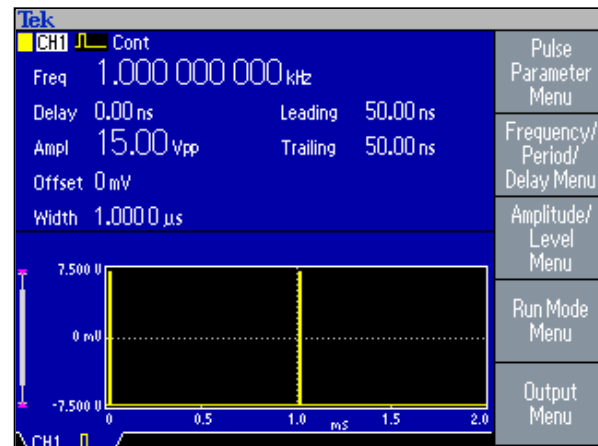
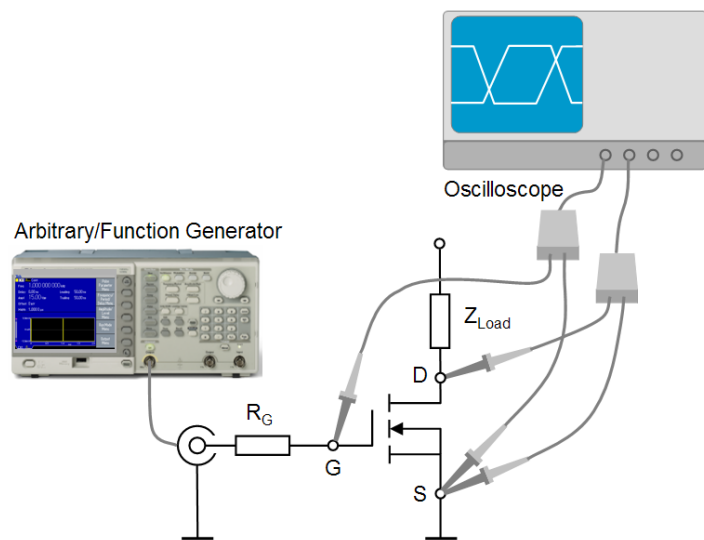


汽车中的电子元件

- 微控制器
 - 芯片上计算机
 - MSO通常对调试就足够了
 - 混合信号采集，信号数量有限
 - 有效地补充后台调试器



检定和优化汽车电子中的电源MOSFET电路



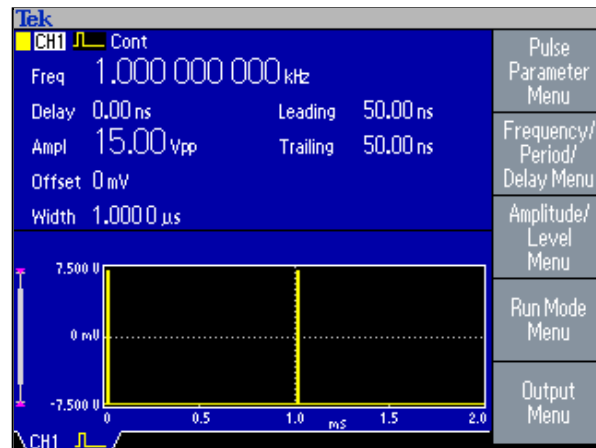
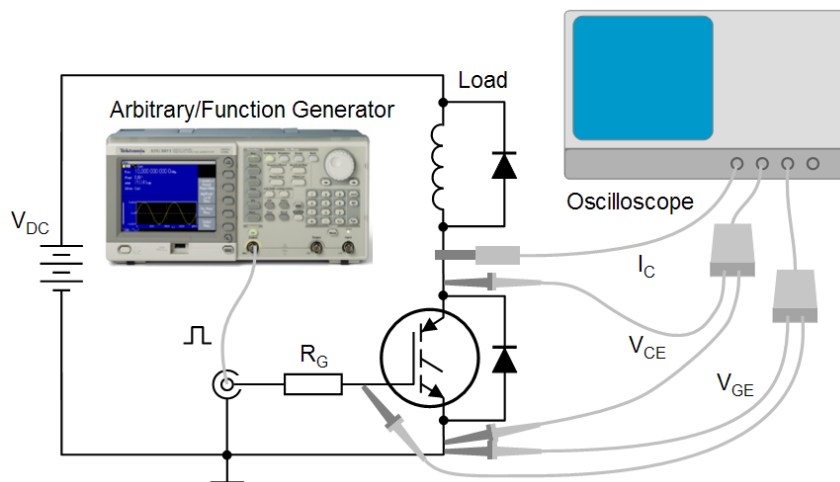
■ 用途

- 使用脉冲信号仿真电源MOSFET电路，测试开机和关机延迟及上升时间和下降时间。

■ 使用AFG3011C的好处

- 20 V_{pp} 输出电平，不需要外部放大器。
- 简便易用，缩短设置时间。
- 体积小，节约工作台空间。

分析IGBT电路的开关波形



- 用途
 - 测量汽车和各种工业应用中点火线圈驱动器、马达控制器、安全相关系统的开关特点。
- 使用AFG3011C的好处
 - 20 V_{pp} 输出电平，不需要使用外部放大器。
 - 简便易用，缩短设置时间。
 - 体积小巧，节约工作台空间。
 -

DC-DC模块测试

DC-DC转换器测试

DC-DC转换器将一个直流电压电平(V_{IN})转换为另一个直流电压电平(V_{OUT})。在汽车电子产品中都使用DC-DC转换器。在这些设备中，必须采用升压或降压方法对电源进行稳压，为内部电路供电。吉时利数字源表源测量单元（SMU）非常适合这类DC-DC转换器测试：

- 利用两个源测量单元（SMU）或者一个双通道源测量单元（SMU），可以进行各种直流I-V测试
 - 源测量单元（SMU）可以用作源和负载，并提供多种电流和电压源和负载
- 因此，吉时利数字源表可以简化有关测试，参见下面图1。

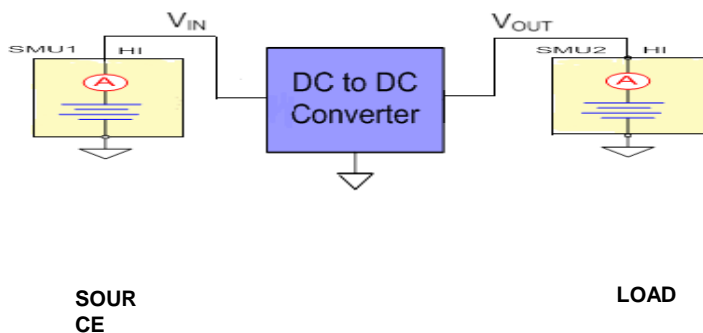


图1：在DC-DC转换器I/V特性分析中使用的双通道源测量单元（SMU）

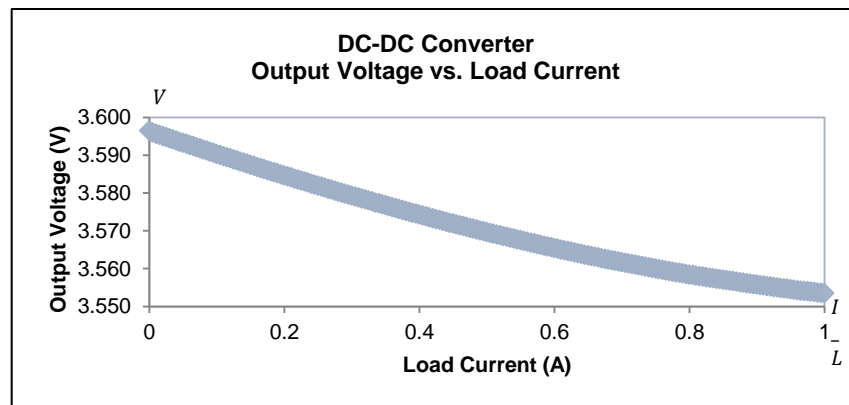
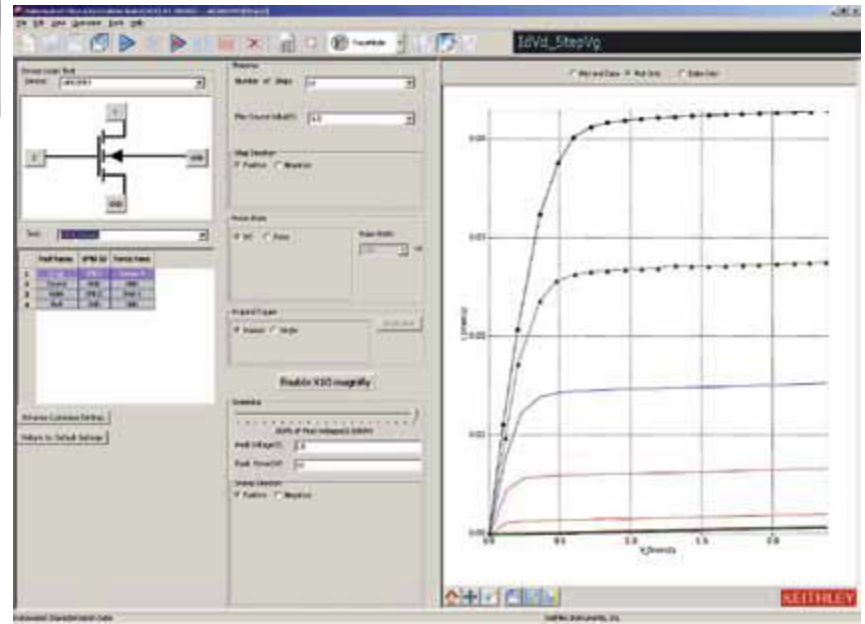
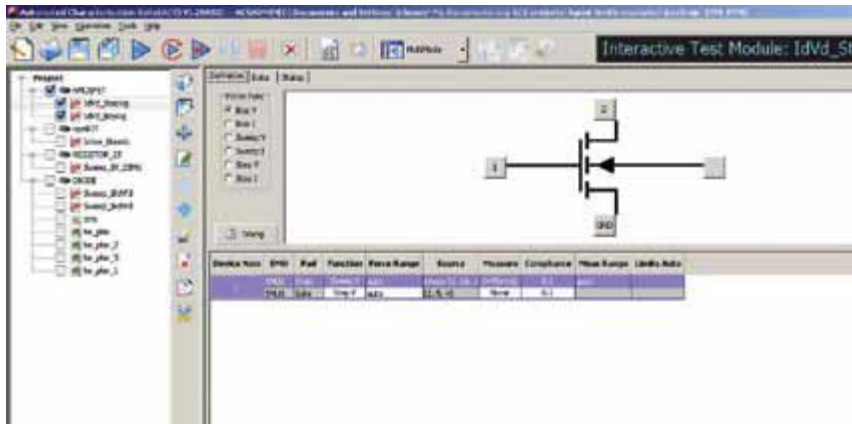


图2：DC-DC转换器的I/V曲线

器件的参数分析



半导体器件参数分析仪-370/371的最佳替代者

参数分析系统配置是功率器件特性分析的完整分析方案，包括高质量仪器、电缆、测试夹具和软件。提供7种配置，每种配置都具有快速检查器件基本参数（例如击穿电压）的实时跟踪模式和提取精密器件参数的完全参数模式。参数曲线跟踪仪配置的构建块法具有易于升级和客户可重配置的优点以满足不同测试需求。

- 可设定的功率大小：
 - 从200V 到3kV
 - 从1A 到100A
- 宽度动态范围：
 - 从uV 到3kV
 - 从fA 到100A
- 电容-电压测量方式：
 - ±400V多频C-V
 - 200V斜坡速率C-V
 - 20V极低频（VLF）C-V
- 直流或脉冲I-V至50μs
- 高电压和高电流通道具有24bit精密模数转换器和18bit高速（1μs）数字转换器
- 测试管理软件包括用于实时控制的跟踪模式和用于参数提取的参数模式



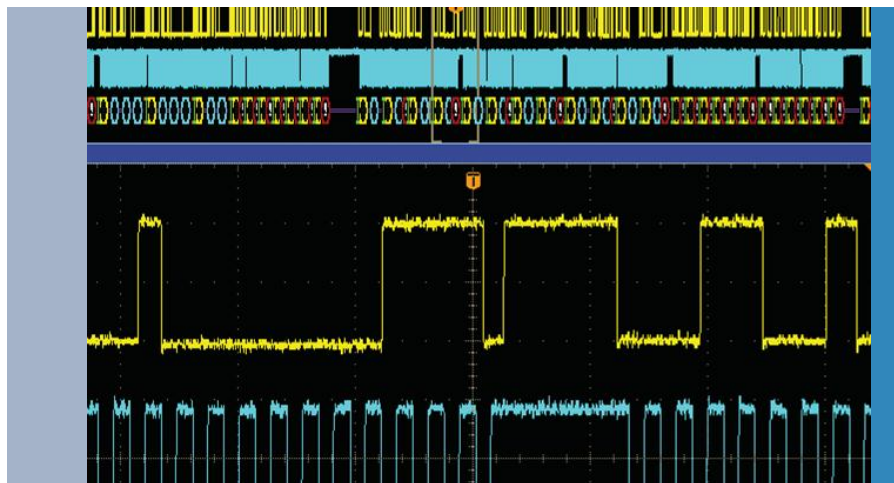
Configuration Selector Guide

Model ¹	Collector/ Drain Supply ²		Step Generator Base/Gate Supply	Auxiliary Supply
	High Voltage Mode	High Current Mode		
Low Power	2600-PCT-1	200 V/10 A	200 V/10 A	N/A
	2600-PCT-2	200 V/10 A	40 V/50 A	200 V/10 A
High Current	4200-PCT-2 plus C-V	200 V/1 A	40 V/50 A	200 V/1 A
	2600-PCT-3	3 kV/120 mA	200 V/10 A	200 V/10 A
High Voltage	4200-PCT-3 plus C-V	3 kV/120 mA	200 V/1 A	200 V/1 A
	2600-PCT-4	3 kV/120 mA	40 V/50 A	200 V/10 A
High Current and High Voltage	4200-PCT-4 plus C-V	3 kV/120 mA	40 V/50 A	200 V/1 A

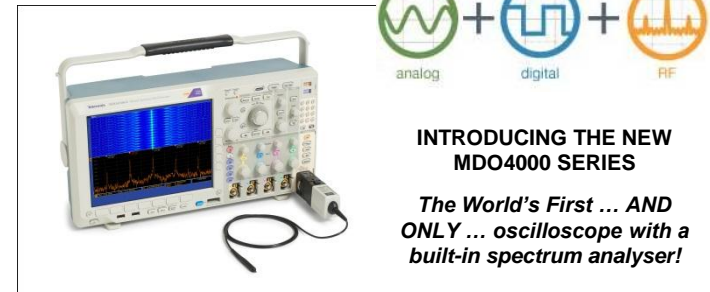
1. Contact your Keithley field applications engineer for custom configurations.
 2. Add a 2651A to increase High Current Mode to either 50A or 100A.

泰克科技的方案

完整的汽车电子系统及部件功能测试方案



泰克科技示波器选择平台



Features	DPO7000C Series	MSO/DPO5000 Series	NEW MDO4000 Series	MSO/DPO4000B Series	MSO/DPO3000 Series	MSO/DPO2000B Series
Bandwidth	500 MHz to 3.5 GHz	350 MHz to 2 GHz	100 MHz to 1 GHz	100 MHz to 1 GHz	100 MHz to 500 MHz	70 MHz to 200 MHz
Sample Rate	5 GS/s to 40 GS/s	5 GS/s to 10 GS/s	2.5 GS/s to 5 GS/s	2.5 GS/s to 5 GS/s	2.5 GS/s	1 GS/s
Channels	4 analog	4 analog 16 digital (MSO)	4 analog, 16 digital, 1 RF	2, 4 analog, 16 digital (MSO)	2, 4 analog, 16 digital (MSO)	2, 4 analog, 16 digital (MSO)
Record Length (Max)	50 M – 500 M	12.5M – 250 M	20 M	20 M(5M)	5 M	1 M
Display Size	12.1 inch, XGA color	10.4 inch, XGA color	10.4 inch, XGA color	10.4 inch, XGA color	9.0 inch, WVGA color	7.0 inch, WQVGA color
Parallel Bus Analysis	No	Yes (MSO Series)	Yes	Yes (MSO Series)	Yes (MSO Series)	Yes (MSO Series)
Optional Serial Bus Analysis	I ² C, SPI, CAN, LIN, RS-232/422/485/UART, USB 2.0	I ² C, SPI, CAN, LIN, RS-232/422/485/UART, and USB 2.0,	I ² C, SPI, USB, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/ UART, MIL-STD-1553, I ² S/LJ/RJ/TDM	I ² C, SPI, USB, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/ UART, MIL-STD-1553, I ² S/LJ/RJ/TDM	I ² C, SPI, CAN, LIN, RS-232/422/485/UART, I ² S/LJ/RJ/TDM FlexRay 1553	I ² C, SPI, CAN, LIN, RS-232/422/485/UART
Optional Analysis Packages	MIPI® D-PHY DSI-1 and CSI-2, Ethernet, and USB 2.0 Compliance Testing, Jitter, Timing, Eye Diagrams, Power, DDR Memory Bus Analysis, Wideband RF	Ethernet and USB 2.0 Compliance Testing, Jitter, Timing, Eye Diagrams, Power, DDR Memory Bus Analysis, and Wideband RF	Advanced RF Triggering, Power Analysis, Limit/Mask Testing, HDTV and Custom Video	Power Analysis, HDTV and Custom Video BW Updates	Power Analysis, HDTV and Custom Video	FilterVu™ Variable Low-pass Filter

泰克MDO4000混合域系列



- 多达**21**条通道，全面查看系统特点
- 内置频谱分析
- 在一台仪器中查看时间相关的模拟信号、数字信号和**RF**信号
- 多达**4**条总线的分析

型号	模拟通道	模拟带宽	数字通道	RF 通道	RF 频率范围
MDO4014-3	4	100 MHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4034-3	4	350 MHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4054-3	4	500 MHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4054-6	4	500 MHz	16	1	50 kHz – 6 GHz
MDO4104-3	4	1 GHz	16	1	50 kHz – 3 GHz
MDO4104-6	4	1 GHz	16	1	50 kHz – 6 GHz

泰克的计时器/频率计/分析仪——时基准确的保证



FCA3000 系列

400 MHz、3 GHz 和 20 GHz 型号



FCA3100 系列

400 MHz、3 GHz 和 20 GHz 型号



MCA3000 系列

27 GHz 和 40 GHz 型号

- 更精——业界领先的定时与频率分辨率
- 更快——极快的数据传送速度与吞吐量
- 超越同侪——第4代 计时器/计数器/分析仪
 - 独有的图形化分析模式
 - 更直观的操作方法



AFG3000C函数信号源

	AFG2021	AFG3011C	AFG302xC	NEW! AFG305xC	AFG310xC	AFG325xC
通道	1	1	1 or 2			
正弦波频率	20MHz	10MHz	25MHz	50 MHz	100MHz	240MHz
方波频率	10MHz	5 MHz	25 MHz	40 MHz	50 MHz	120 MHz
其它频率	200KHz	100 kHz	500 kHz	800 kHz	1 MHz	2.4 MHz
脉冲/方波 沿时间	18ns	50 ns	9 ns	7 ns	5 ns	2.5 ns
任意波沿时间	20ns	80 ns	14 ns	10 ns	8 ns	3 ns
采样率	250MS/s	250 MS/s		Up to 1 GS/s		Up to 2 GS/s
幅度 (50 Ω load)	10 mV _{p-p} - 10 V _{p-p}	20 mV _{p-p} to 20 V _{p-p}	10 mV _{p-p} to 10 V _{p-p}		20 mV _{p-p} to 10 V _{p-p}	50 mV _{p-p} to 5 V _{p-p}
任意波存储深度	4X128KS	4X128KS				
显示	3.5"	5.6" TFT color LCD				
接口	GPIB, LAN, USB					

万用表系列-高性能的电参数测试



	DMM4020	2110	DMM4050/4040	2000/2100	2001/2010	2002
分辨率	5.5位	5.5位	6.5位	6.5位	7.5位	8.5位
基本量程直流电压的精度	0.015%	0.012%	4050: 0.0024% 4040: 0.0035%	2100: 0.0038% 2000: 0.0020%	0.0018%	0.0006%
测量功能	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 通断, 二极管, 频率	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 通断, 二极管, 频率、电容、TC/RTD	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 通断, 二极管, 频率, 周期 4050:RTD, 电容	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 通断, 二极管, 频率, 周期 2000:dB/dBm\TC 2100:RTD	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 频率, 周期, TC/RTD 2010:接触电阻、比率,通断, 二极管 2001: 尖峰电压	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 频率, 周期, TC/RTD ,尖峰电压
分析模式	极限比较	极限比较	趋势, 统计, 直方图	无	无	无
扫描卡扩展	无	无	无	2000: 10ch	10CH	10CH
接口	RS232	USB、GPIB	RS232/USB/GPIB	2100: USB 2000: GPIB	RS232/GPIB	GPIB

数据记录和功能测试

产品	产品描述	插槽数	插入卡	测量分辨率	低频通道数（最多）	通道/秒	最高频率	连通性
2700	便携式/台式数据采集系统 内置 6 ½ 位数字万用表	2	多路复用器 开关矩阵 通用 RF 数字 IO 数模转换器	22 位	80 个 2 线多路复用器 96 个 2 线开关矩阵交叉点	250 通道/秒	3.5 GHz	GPIB RS-232 ExceLI NX
2701	12 种插卡可供选择 板上温度参考	2		22 位	80 个 2 线多路复用器 96 个 2 线开关矩阵交叉点	500 通道/秒	3.5 GHz	LAN RS-232 ExceLI NX
2750	台式数据采集系统 内置 6 ½ 位数字万用表 12 种插卡可供选择 板上温度参考	5		22 位	200 个 2 线多路复用器 240 个 2 线开关矩阵交叉点	2500 通道/秒	3.5 GHz	GPIB RS-232 ExceLI NX

DC程控型电源-供电、老化、寿命测试



特点	Series PWS4000 and Series 2200					Model 2220-30-1 Dual-Channel	Model 2230-30-1 Triple-Channel	2260A
型号	PWS4721 2200-72-1	PWS602 2200-60-2	PWS4323 2200-32-3	PWS4305 2200-30-5	PWS4205 2200-20-5	2220-30-1	2230-30-1	2260A-30-36 2260A-30-72 2260A-80-13.5 2260A-80-27
通道	1					2	3	1
电压	72V	60V	32V	30V	20V	Ch 1 : 30V, Ch 2:30V	Ch1: 30V, Ch 2: 30V, Ch 3: 6V	30/80
电流	1.2A	2.5A	3A	5A	5A	Ch1: 1.5A, Ch 2: 1.5A	Ch1: 1.5A, Ch 2: 1.5A, Ch 3: 5A	26/72/13.5/27
功率	86W	150W	96W	150W	100W	45W/channel; 90W total	Ch 1 and CH 2: 45W Ch 3: 30W, 120W total	360W/720W
纹波、噪声	<1mV _{RMS} <3mV _{P-P}	<1mV _{RMS} <5mV _{P-P}	<1mV _{RMS} <4mV _{P-P}	<1mV _{RMS} <4mV _{P-P}	<1mV _{RMS} <3mV _{P-P}	<1mV _{RMS} , <3mV _{P-P}		<1mV _{RMS} , <3mV _{P-P}
分辨率	1mV, 0.1mA					1mV, 1mA		1mV, 1mA
电压精度	0.03%					0.03%		0.03%
电流精度	0.05%					0.1		0.1
接口	USB (Series PWS4000) USB, GPIB (Series 2200)					USB		USB,LAN

2600B系列数字源表源测量单元(SMU)仪器

特点	2601B / 2611B Single Channel	2602B / 2612B Dual Channel	2604B / 2614B Dual Channel Bench- Top	2634B / 2635B / 2636B Low Current Single Channel (2635B) Dual Channel (2634B, 2636B)
通道	1 (optional expansion to 32 via TSP-Link)	2 (optional expansion to 64 via TSP-Link)	2	1 – 2 (optional expansion to 32 or 64 via TSP-Link. Not available for 2634B)
电流 Max / Min	10A pulse / 100fA	10A pulse / 100fA	10A pulse / 100 fA	10A pulse / 0.1fA for 2635B, 2636B 10A pulse/ 1fA for 2634B
电压 Max / Min	40V / 100nV for 2601B 200V / 100nV for 2611B	40V / 100nV for 2602B 200V / 100nV for 2612B	40V / 100nV for 2604B 200V / 100nV for 2614B	200V / 100nV
功率	30 – 40W	30 – 40W per channel	30 – 40W per channel	30W per channel
最大读数 / sec	20,000	20,000	20,000	20,000
接口	GPIB, LAN (LXI), USB 2.0, RS-232	GPIB, LAN (LXI), USB 2.0, RS-232	GPIB, LAN (LXI), USB 2.0, RS-232	GPIB, LAN (LXI), USB 2.0, RS-232
连接器/ 电缆	Screw terminal; adaptors available for banana or triax	Screw terminal; adaptors available for banana or triax	Screw terminal; adaptors available for banana or triax	Triax
系统级联	Digital I/O, TSP-Link, Contact Check	Digital I/O, TSP-Link, Contact Check	Not available	Digital I/O, TSP-Link, Contact Check (not available on 2634B)

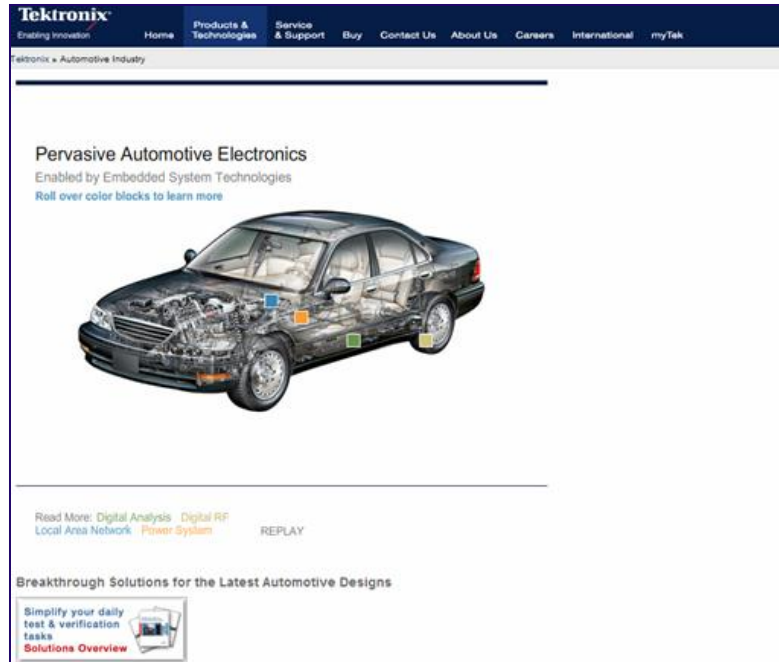
为最新的汽车设计提供的突破性解决方案

仪器类别	型号	备注
示波器和MSO	MDO4000 MSO/DPO5000/4000B MSO/DPO3000/2000B TDS3000C、TDS2000C TDS1000C-SC TPS2000B、THS3000	
信号源	AFG3000C AFG2000	
数字万用表	DMM4050 DMM4040 DMM4020	
频率计数器/分析仪	FCA3100、FCA3000 MCA3000	
直流电源	PWS4000 PWS2000	
RF功率计	PSM3000/4000/5000	
探头	电流、差分、有源。。。。	
其他	高速示波器、逻辑分析仪、协议分析仪、 误码分析仪、频谱分析仪、任意波信号 源、视频测试。。。。	
Keithley产品线	源表、数据采集系统、开关系统、万用 表、音频分析仪、半导体测试仪。。。。	

其它信息

- 泰克

- www.tektronix.com/automotive



Thanks For Your Time !