

泰克科技
王跃伟

Yuewei.wang@tek.com

题目： 泰克科技的汽车电子以及电动汽车测试解决方案

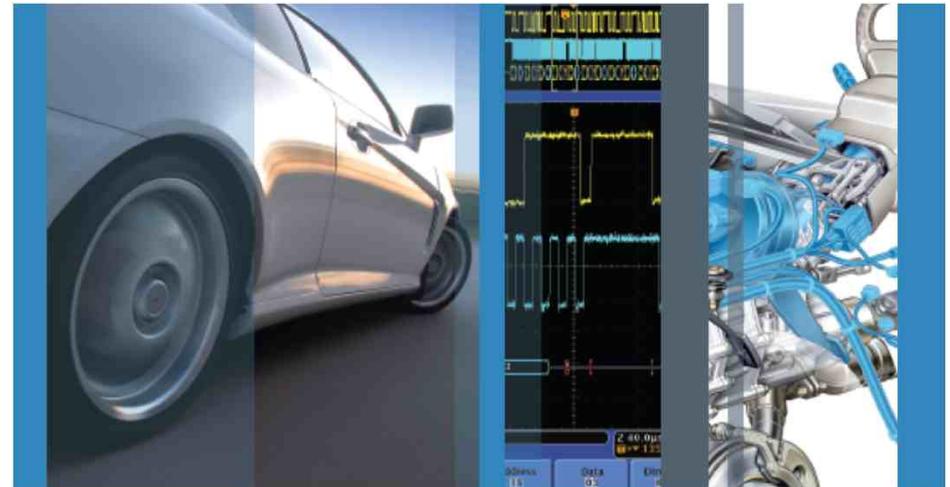
简介：

汽车电子的发展已经成为汽车行业的重要创新部分，新能源汽车也成为重要的发展方向。泰克科技是拥有60多年的高科技测试测量技术的创新供应商之一，在未来汽车电子发展趋势的安全、舒适、节能、环保以及智能化和信息化方面给工程师提供更加可靠、高效的测试工具及方案。



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
- 泰克科技的方案



概述



Tektronix[®]

汽车电子的分类

分类	具体控制技术	
汽车电子控制系统	动力电子控制	发动机管理系统（汽油机和柴油机）、自动变速器控制系统
	底盘电子控制	制动防抱死控制、防滑控制、牵引力控制、电子控制悬架、电子控制自动变速器、电子动力转向、稳定性控制等
	车身电子	安全气囊（SRS）、安全带控制、灯光控制、电子仪表、自动空调、电动座椅、电动天窗、中控锁等
车载电子装置	汽车信息系统	汽车信息系统（行车电脑）、语音信息、车载通信系统、上网设备
	导航系统	导航系统、GPS定位
	娱乐系统	汽车音响及电视娱乐系统



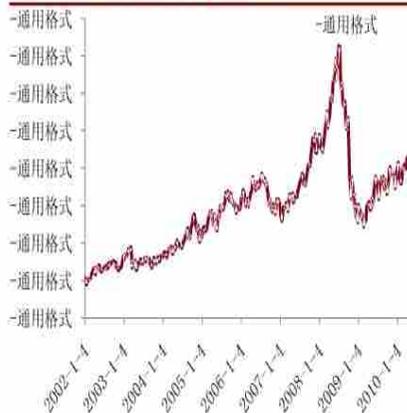
未来汽车电子化将呈现六大趋势

- 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
 - 在开发流程上，由“底层向上”模式演变为“由上向下”模式，整车厂将掌握更大的主动权和知识产权
-
- 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

为什么发展新能源汽车

资源问题

图1: 国际原油价格 (美元/桶)



数据来源: NYEMX

石油价格长期上升的趋势明显, 日益高昂的油价已成为经济不能承受之重。

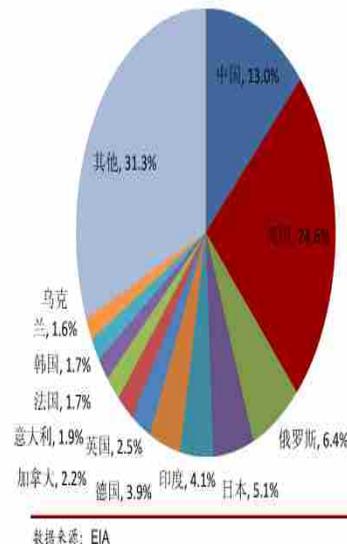
世界和中国汽车保有量迅速攀升, 对石油消耗造成严重负担。

图2: 世界和中国汽车保有量



环境问题

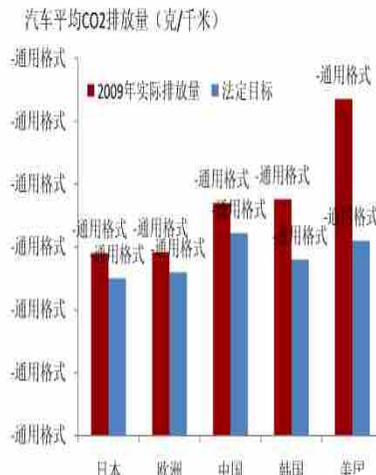
图3: 世界主要国家CO2排放比例



能源的大量消耗带来温室气体排放问题, 是造成气候变化的主要原因。

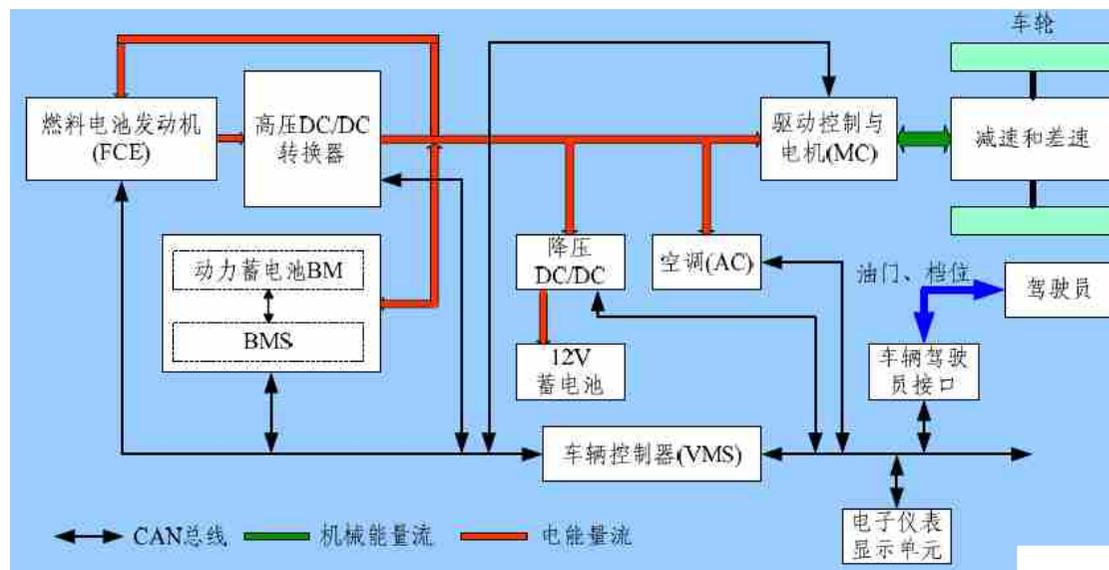
为了减少汽车对全球气候变暖的影响, 各国排放标准不断严格。

图4: 各国汽车减排目标



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

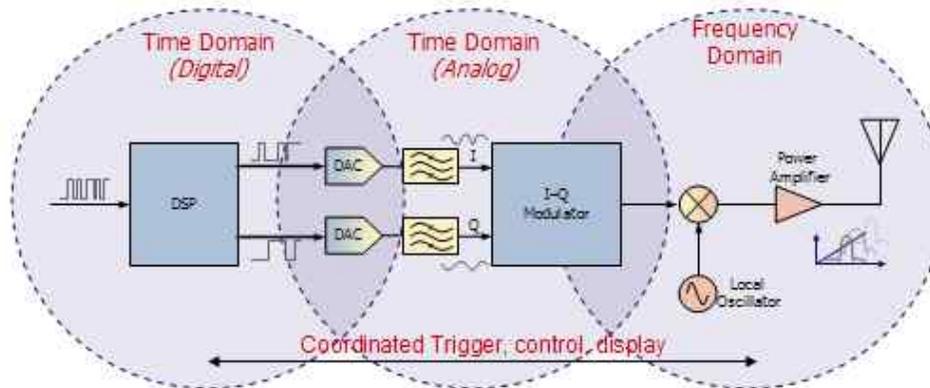


汽车电子系统设计调试的挑战

- 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
- 连接被测设备DUT
 - 更高的集成度和小型部件正迫使工程师处理探测问题
 - 通常工程师会在电路板上为关键信号建立接入点
 - 在没有提供接入时，蓝线会焊接起来，使用抓斗夹进行连接

无处不在的无线技术应用

- 无线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
- 这种趋势在汽车电子中也逐步广泛应用
 - GPS技术
 - 遥控钥匙
 - 胎压检测
 - 车联网
 -
- 无线技术会涉及数字信号，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



Tektronix[®]

汽车网络技术的发展



汽车电子技术的发展粗略划分为四个阶段

•1965~1980年零部件层次汽车电器时代

- 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年整车联网层次汽车网络化时代

- 采用先进的单片机技术和车载网络技术，形成了车上的分布式、网络化的电子控制系统。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

•以Telematics技术为代表的汽车信息化时代

- 以国际Telematics产业联盟（ITIF）正式成立为标志，2010年成为汽车信息化时代的发轫之年。

现场总线与汽车网络

总线按联网范围分为主总线系统、子总线系统。

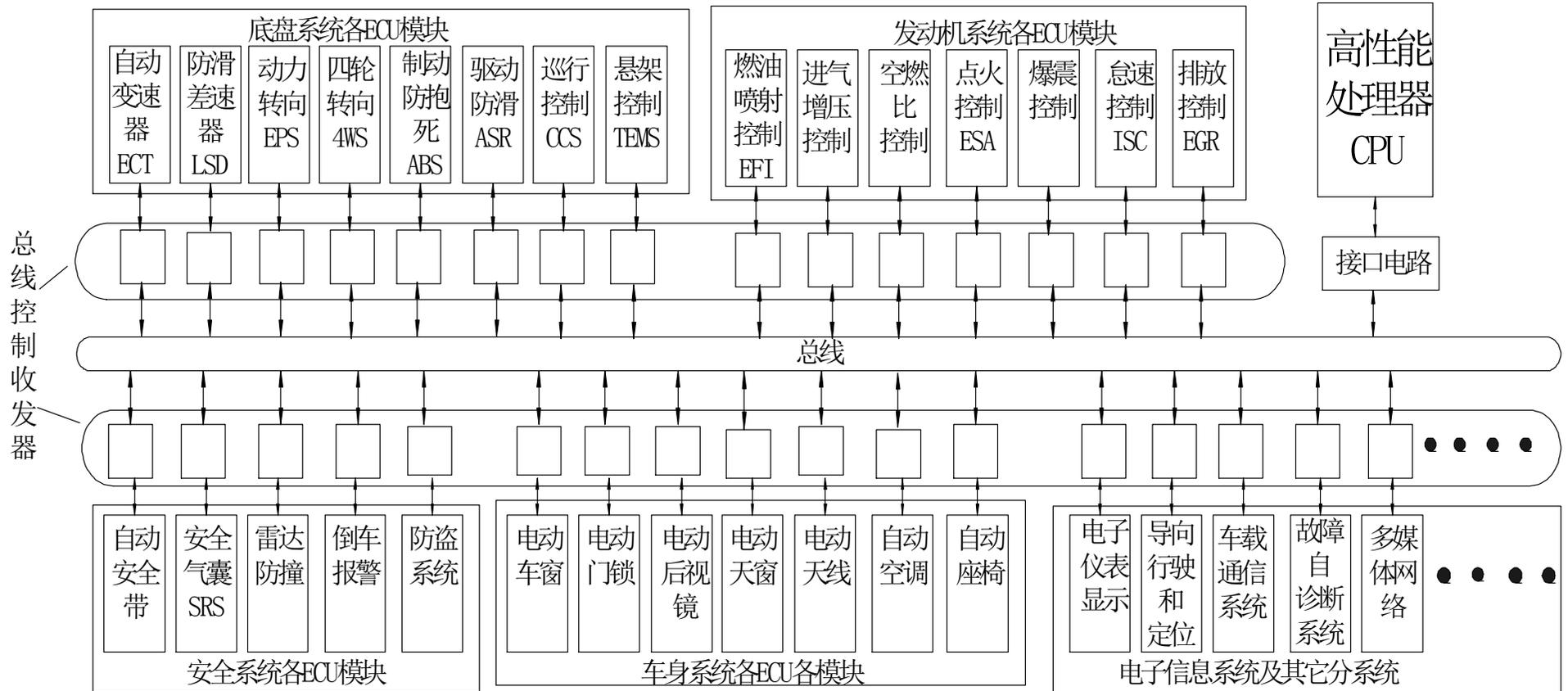
主总线系统名称	数据传输速率	总线拓扑结构	传输介质
K总线	9.6kbit/s	线形, 单线	铜质电线
D总线	10.5~115 kbit/s	线形, 单线	铜质电线
CAN	100 kbit/s	线形, 双线	铜质电线
K-CAN	100 kbit/s	线形, 双线	铜质电线
F-CAN	100 kbit/s	线形, 双线	铜质电线
PT-CAN	500 kbit/s	线形, 双线	铜质电线
Byteflight	10Mbit/s	星形	光纤
MOST	22.5Mbit/s	环形	光纤

主总线系统相关参数

子总线系统名称	数据传输速率	总线拓扑结构	传输介质
K总线协议	9.6kbit/s	线形, 单线	铜质电线
BSD	9.6kbit/s	线形, 单线	铜质电线
DWA总线	9.6kbit/s	线形, 单线	铜质电线
LIN总线	9.6~19.2 kbit/s	线形, 单线	铜质电线

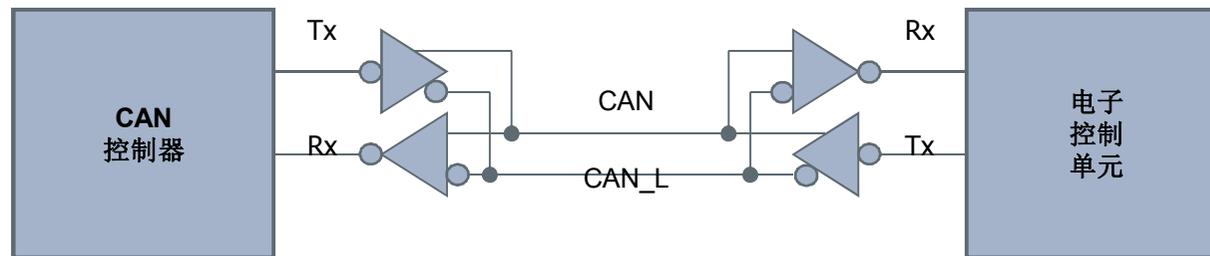
子总线系统相关参数

基于CAN总线的汽车内各模块的联接图



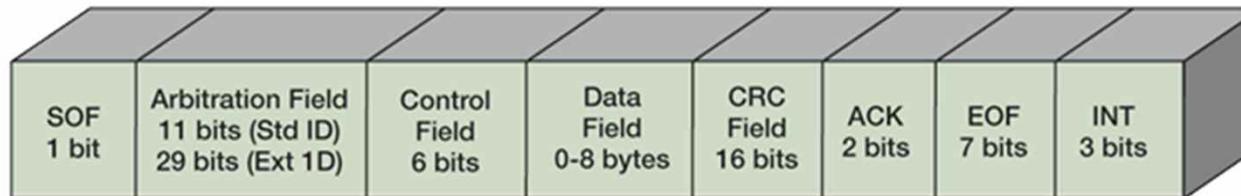
CAN (控制器局域网) 总线

- 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

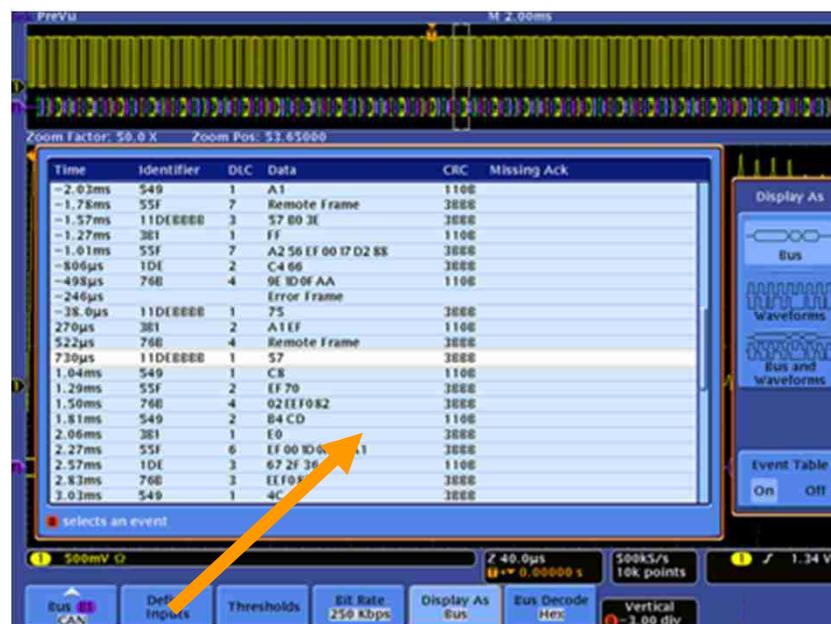
CAN数据和远程帧概述



- **SOF** – 开头是一个帧头(SOF)位
- **仲裁** – 包括标识符(地址)和远程传输请求(RTR)位
 - 标识符可以采用标准格式 (11位 - 2.0A版)或扩展格式 (29位 - 2.0B版)
 - RTR用来区分数据帧和数据请求帧, 也称为远程帧
- **控制** – 6位, 包括标识符扩展(IDE)位和数据长度代码(DLC)
 - IDE区分CAN 2.0A (11位标识符)标准帧和CAN 2.0B (29位标识符)扩展帧
 - DLC是一个4位指示符, 表明数据帧数据字段中的字节数或远程帧请求的字节数
- **数据** – 由0-8字节数据组成
- **CRC** – 一个15位循环冗余校验代码和一个隐性分隔符位
- **ACK** – 确认字段长两位
 - 第一个位是时隙位, 作为隐性位传送, 但之后会被成功接收发送消息的任何节点发送的显性位覆盖
 - 第二个位是隐性分隔符位
- **EOF** – 7个隐性位, 指明帧尾(EOF)
- **INT** – 由3个隐性位组成的间断字段, 表明总线空闲
 - 总线空闲时间可以是任意长度, 包括0

泰克示波器MSO/DPO系列CAN解决方案

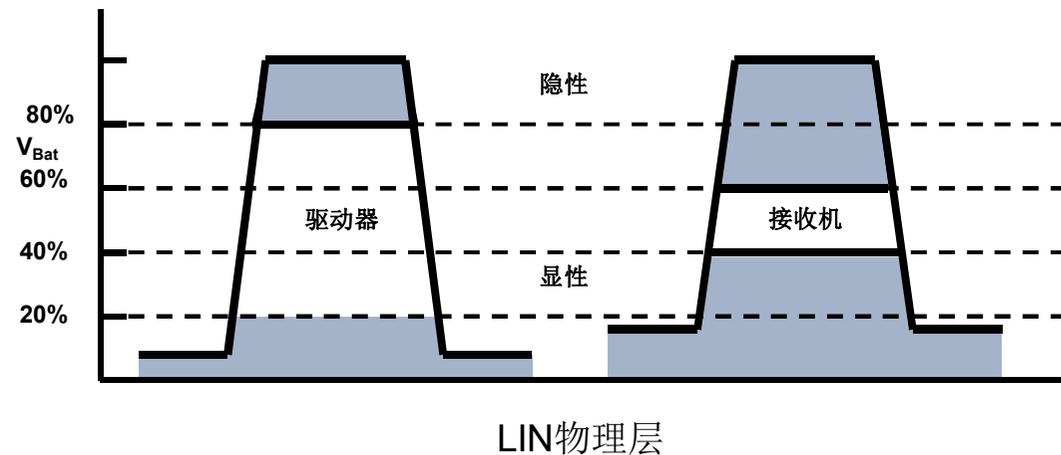
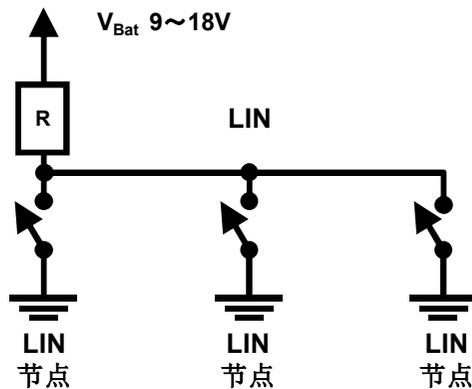
搜索和标记功能



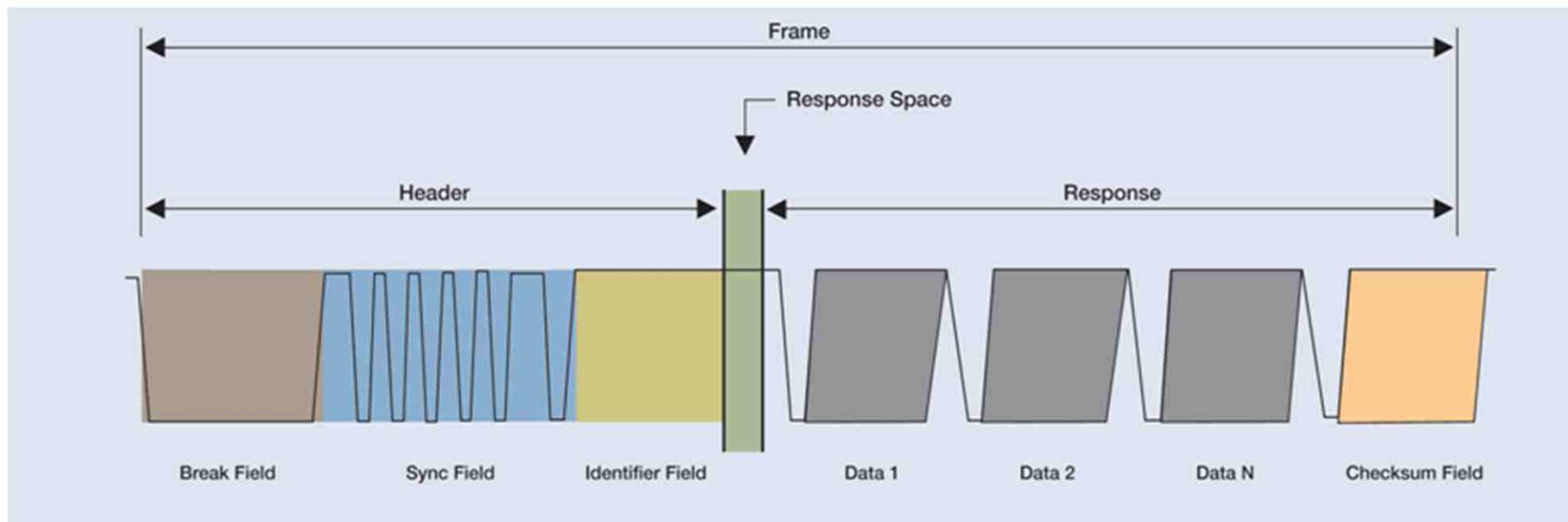
事件表显示解码后的带有时间标记的CAN消息帧

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



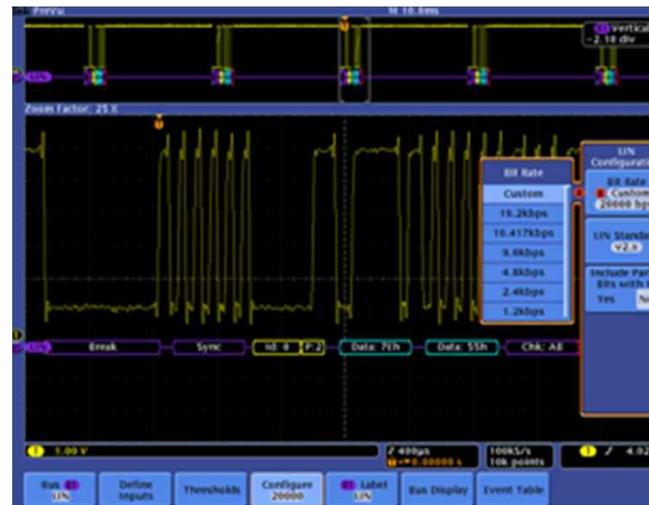
LIN消息帧



- 包头组成部分
 - 中断字段: 用来表明新帧开始
 - 同步字段: 从设备用来确定主节点使用的波特率及用来相应地进行自身同步
 - 标识符字段: 指明哪个从设备采取行动
- 响应组成部分
 - 数据: 指定从设备会应答 1 – 8字节的数据
 - 校验和: 计算得出的字段, 用来检测数据传输中的错误

泰克示波器MSO/DPO系列LIN解决方案

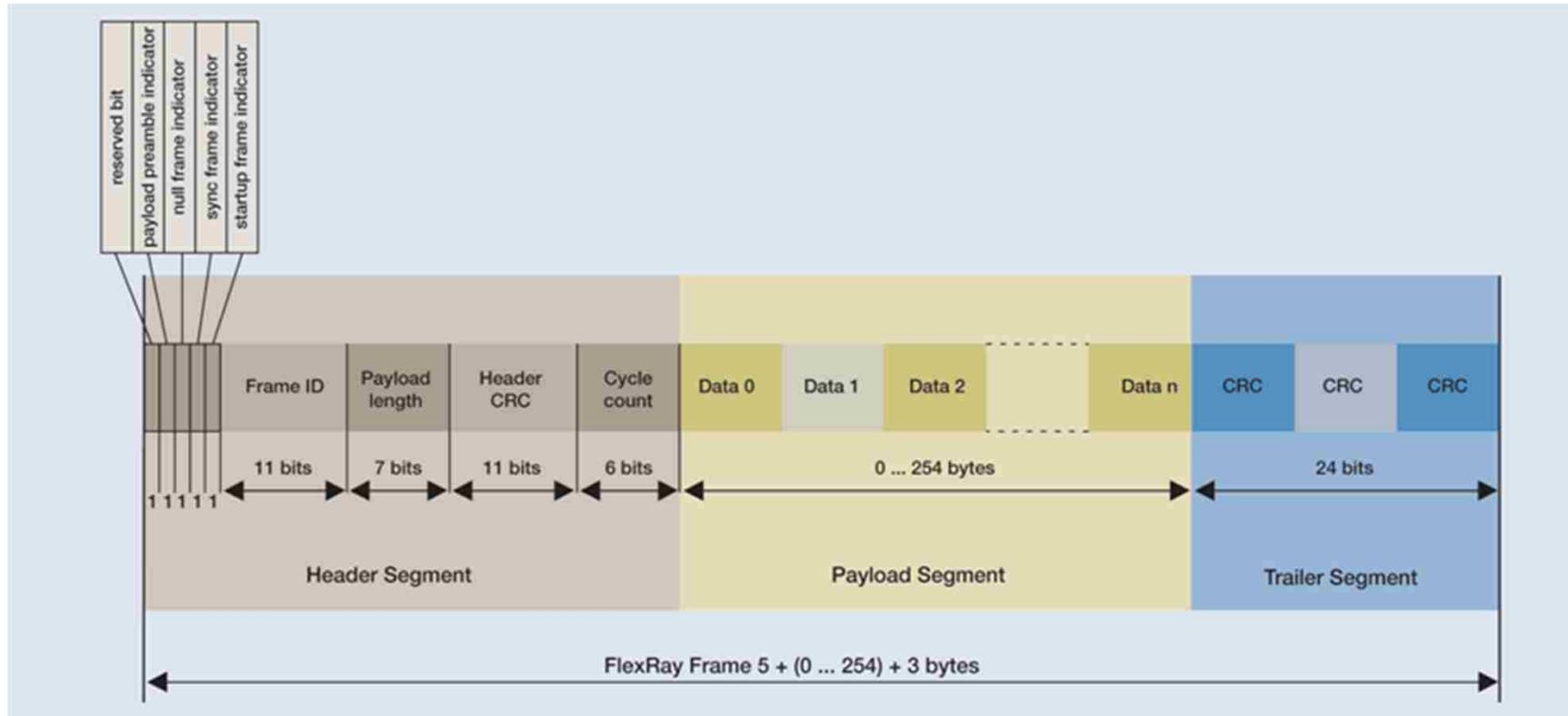
- LIN触发功能在下述条件下激活:
 - 同步字段 (如图所示)
 - ID
 - 数据和ID/数据
 - 唤醒帧和睡眠帧
 - ID奇偶性错误
 - 校验和错误
- 触发LIN总线(Bus1)，同时捕获和解码Bus2和Bus3
- 在业务通过网关和系统从一条总线传送到另一条总线时，现在可以查看所有总线业务



FlexRay总线

- FlexRay是一种相对较新的汽车总线，由主要汽车公司和供应商组成的集团(称为FlexRay联盟)目前仍在开发这一标准
- 物理总线可以采用非屏蔽双绞线或屏蔽双绞线，以改善EMC性能
- FlexRay是一种差分串行总线，配置采用三个连续的段: 包头, 净荷, 包尾
- 每个帧包含一个静态和动态段，每个帧最后是总线空闲时间
- 发送数据速率高达10 Mbps

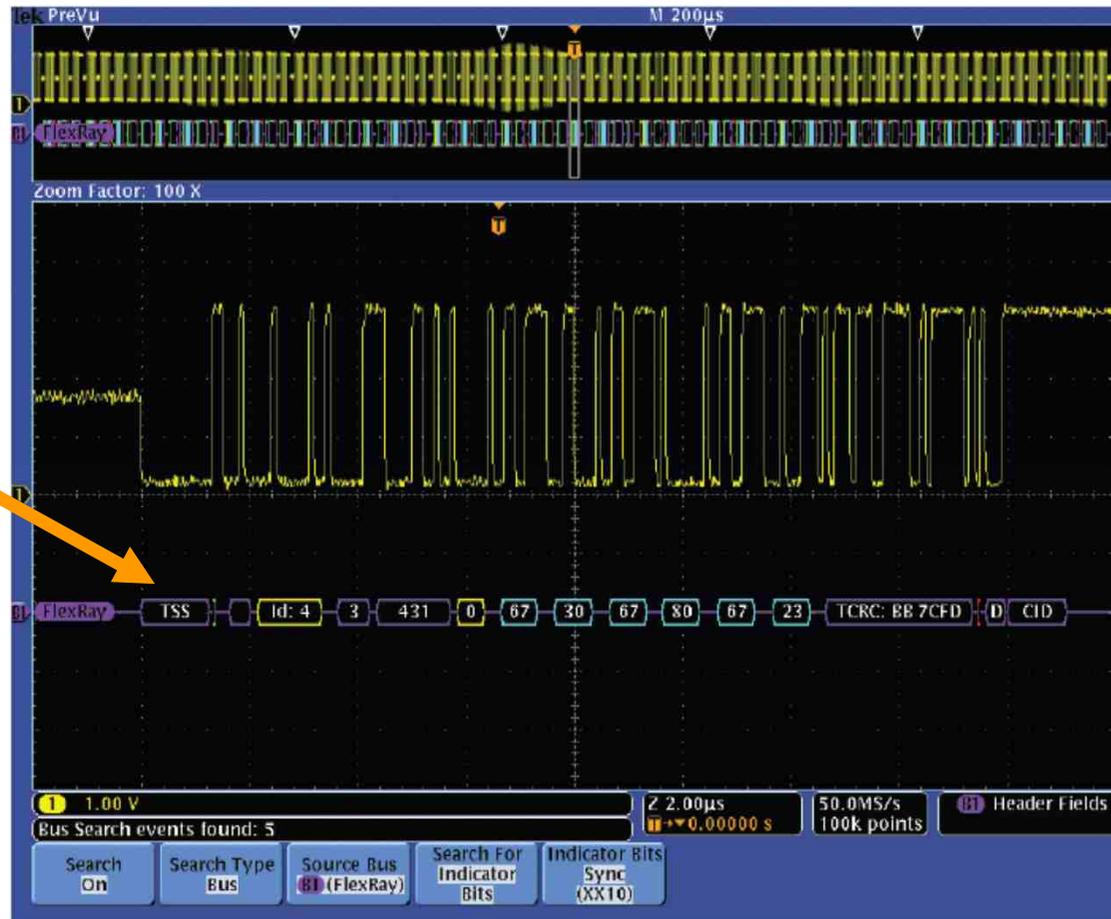
FlexRay帧结构



- **包头段：**包含指示位, 帧号, 净荷长度 (单位为字), 包头CRC和周期数
- **净荷段：**包含帧传送的数据。最大净荷长度是127个字(254字节)
- **包尾段：**包含一个24位字段 [三个8位CRC寄存器], 保护包头和净荷

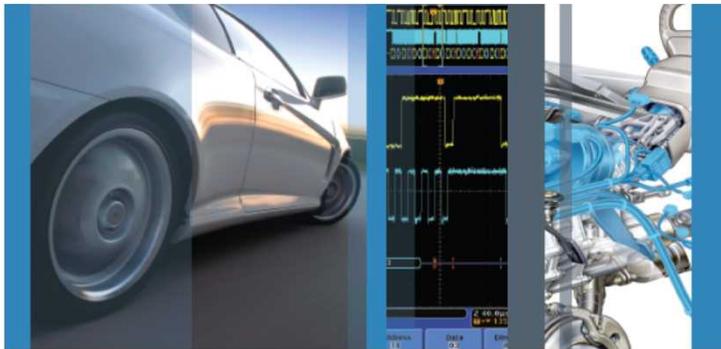
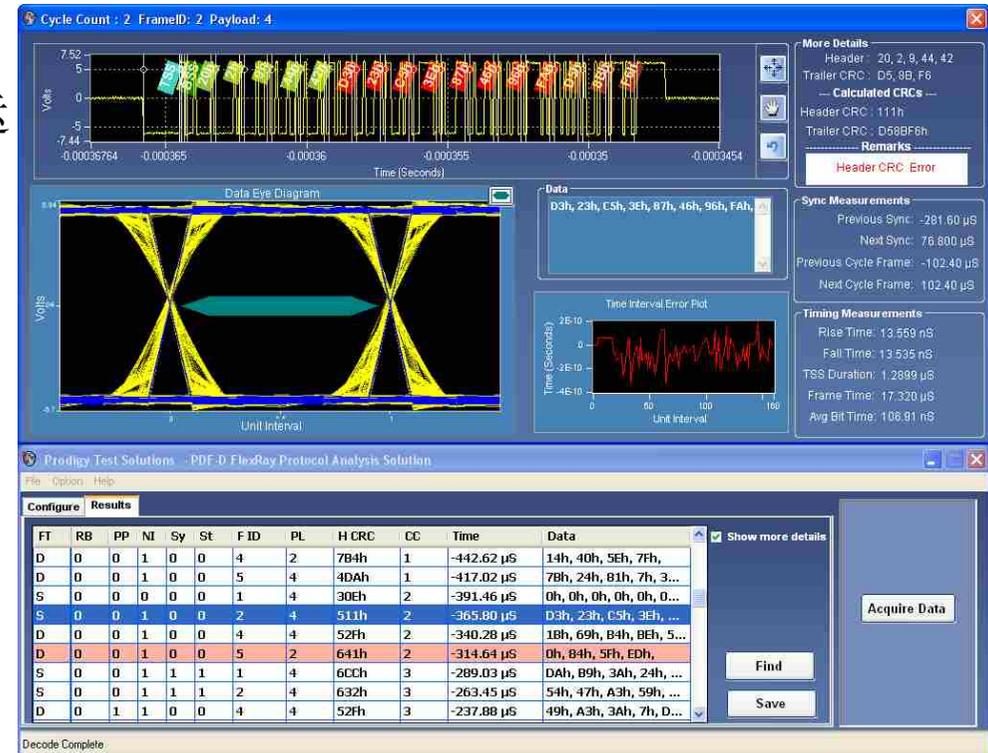
泰克示波器MSO/DPO系列FlexRay解决方案

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

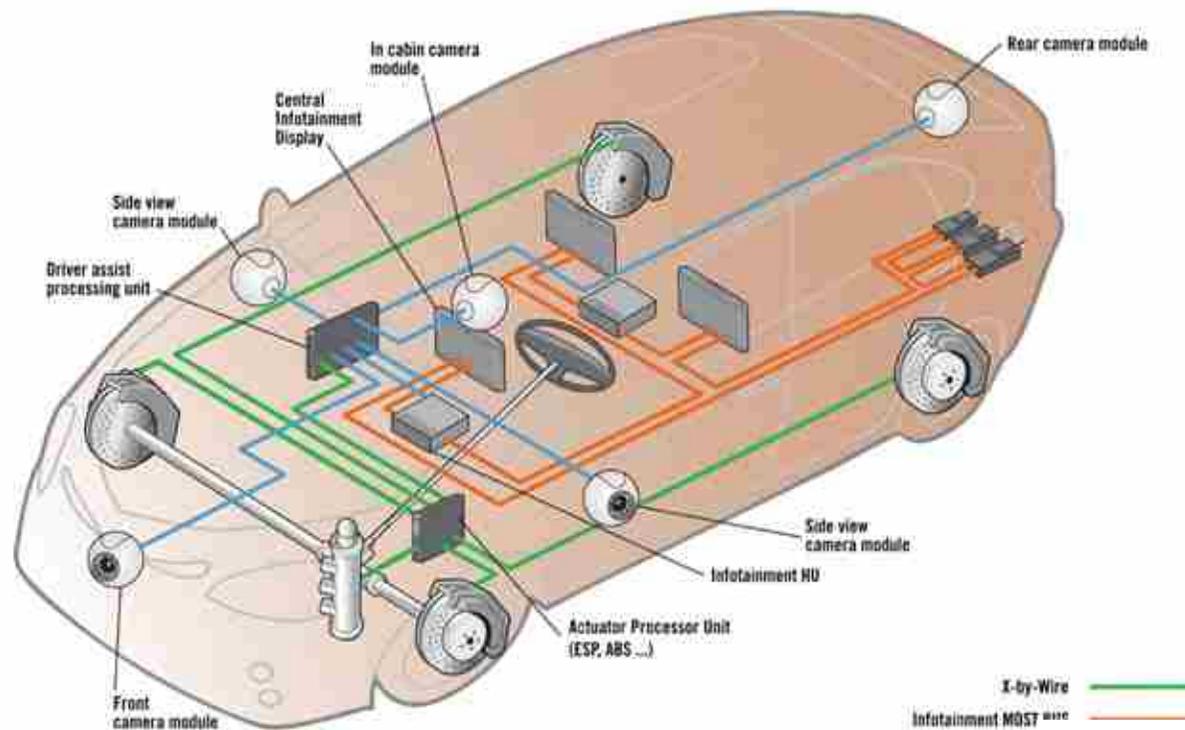
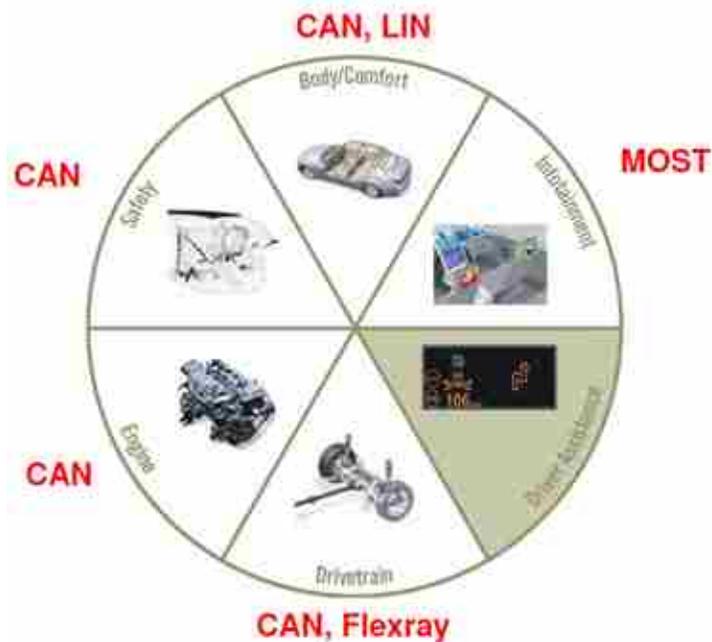
- DPO4AUTOMAX全面支持物理层分析软件
- 通过USB或以太网与外部计算机一起运行
- 提供完整的一套工具评估物理层性能
 - 眼图分析
 - 同步测量
 - 定时测量
 - 时间间隔误差 (TIE)



MOST (Media Oriented Systems Transport)

多媒体数据传输的网络系统

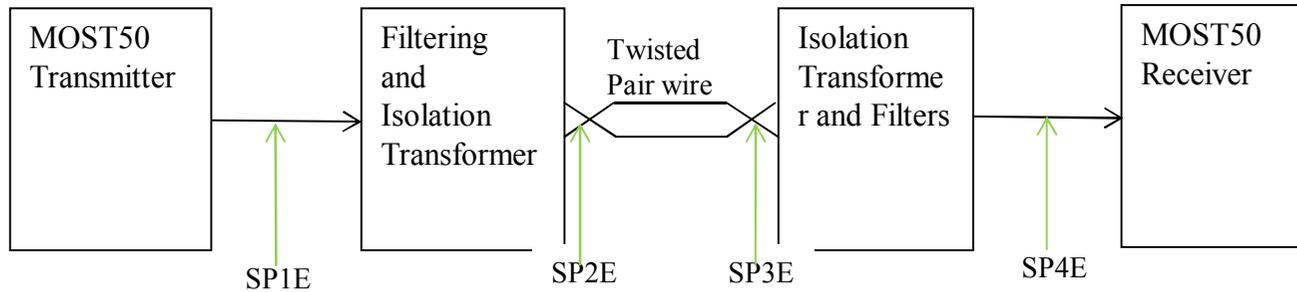
- ADAS(高级驾驶辅助系统)的数据骨干
- 和其它专用汽车总线(CAN / Flexray) 的数据交换



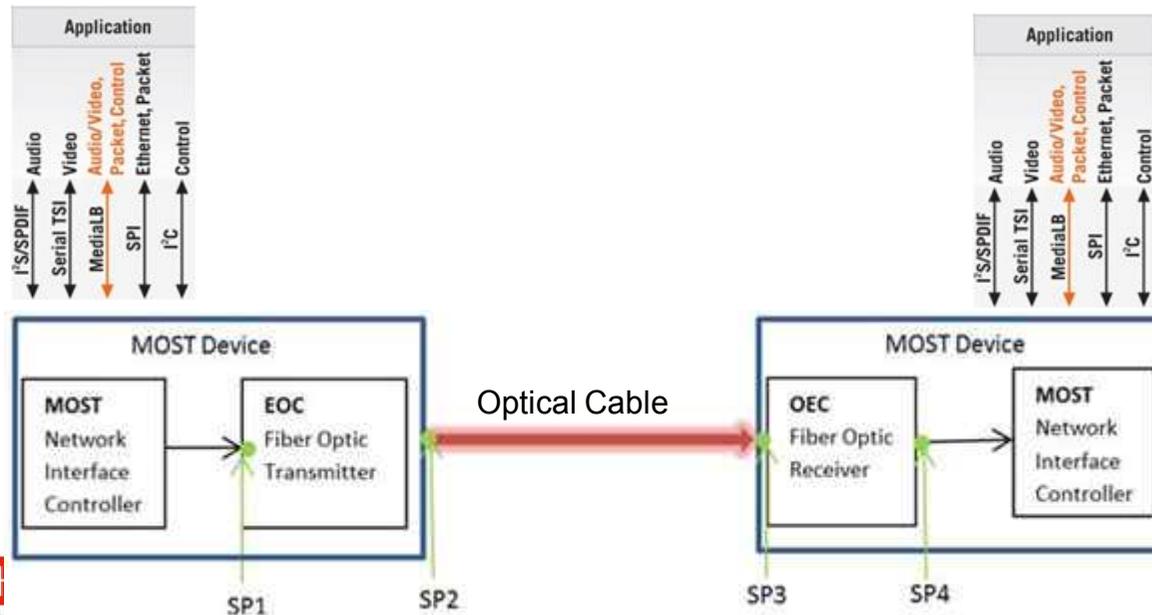
Source: www.mostcoop.com
Tektron

MOST网络的测试点

MOST50 测试点

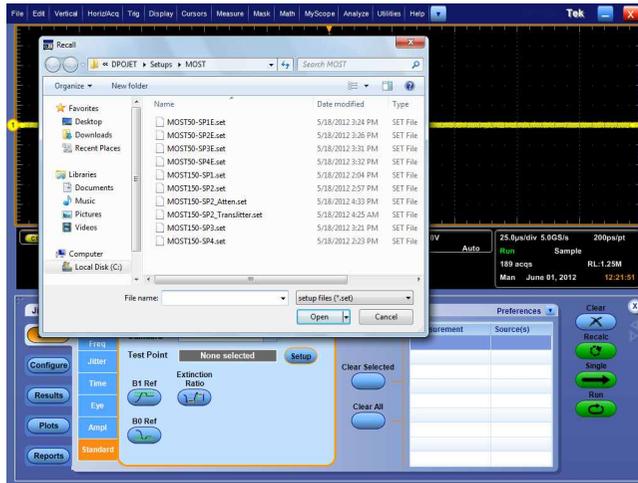


MOST150 测试点:



	Signal at SP
SP1	Electrical input signal
SP2	Radiated optical output signal
SP3	Coupled optical input signal
SP4	Electrical output signal

MOST 测试方案: 100% 测试覆盖



100% test coverage of normative tests for both MOST50 and MOST150, and includes informative tests at SP3 test points

MOST Essentials – Setup File for Test Points on DUT	MOST Specification – Reference Section	MOST Specification – Symbol(s) / Parameter / Test Name
MOST50-SP1E	Table 2.1	Clock Recovery
	Table 2.2	Transferred Jitter
	Section 3.1.1.1	Transmission Quality
MOST50-SP2E	Table 3.1	Eye-Mask
	Table 2.1	Clock Recovery
	Table 2.2	Transferred Jitter
MOST50-SP3E	Section 3.1.2.1	Transmission Quality
	Table 3.2	Eye-Mask
	Table 2.1	Clock Recovery
MOST50-SP4E	Table 2.2	Transferred Jitter
	Table 3.3	Eye-Mask
	Table 2.1	Clock Recovery
	Table 2.2	Transferred Jitter
		Transmission Quality
	Table 3.4	Eye-Mask

MOST Essentials – Setup File for Test Points on DUT	MOST Specification – Reference Section	MOST Specification – Symbol(s) / Parameter / Test Name
MOST150-SP1	Table 5.1	Clock Recovery
	Table 5.2	Jtr1, Transferred Jitter
	Table 6.1	A ₁ to H ₁ , Eye-Mask
	Table 6.2	Jtr2, Transferred Jitter
MOST150-SP2	Table 5.1	Clock Recovery
	Table 6.2	Jtr2, Transferred Jitter
		t ₄₂ , Transition Times
		r _{e2} , Extinction ratio
		A ₂ to H ₂ , Eye-Mask
		Alignment Jitter
	Table 6.3	Overshoot
	Table 6.4	Undershoot
MOST150-SP2_Atten	Table 5.1	Clock Recovery
	Table 6.2	Jtr2, Transferred Jitter
		t ₄₂ , Transition Times
		r _{e2} , Extinction ratio
	A ₂ to H ₂ , Eye-Mask	
	Alignment Jitter	
	Table 6.3	Overshoot
	Table 6.4	Undershoot
MOST150-TransJitter		Transferred Jitter
MOST150-SP3 (Informative Only)		Transferred Jitter
MOST150-SP4	Table 5.1	Clock Recovery
	Table 6.7	Transferred Jitter
		A ₄ to H ₄ , Eye
	Table 8.1	A _{LT} to H _{LT} , Re Toleranc

MOST 测试方案

测试结果



Results for MOST50 and MOST150

Results for MOST150 Overshoot and Undershoot

MOST 测试方案 测试报告

Jitter and Eye Diagram Analysis Tools : Measurement Report Tektronix
Enabling Innovation

June 01, 2012 3:37:45 PM

Configuration

Setup Configuration

Oscilloscope Version 6.4.0 devBuild 7
DPOJET Version 3.6.0 Build 25
Status **Pass**

Measurement Configuration

Index	Measurement	Source (s)	Others
1	Unit Interval_MOST150-SP4	Ch1	Edges => Signal Ty Measurement Range
2	Bit Rate_MOST150-SP4	Ch1	Edges => Signal Ty Measurement Range
3	Rise Time_MOST150-SP4	Ch1	Clock Recovery => Rate: On, Bit Rate: C:\TekApplications\ Measurement Range
4	Fall Time_MOST150-SP4	Ch1	Clock Recovery => Rate: On, Bit Rate: C:\TekApplications\ Measurement Range
5	Transfer Jitter_MOST150-SP4	Ch1	Edges => Signal Ty Acq. Nominal Data C:\TekApplications\ RampTime/F: 10us. Source Name: ... Bit Config => Bit Ty

Reports with pass/fail status

Jitter and Eye Diagram Analysis Tools : OS and US Measurement Tektronix
Enabling Innovation

May 30, 2012 6:15:57 AM

Configuration

Setup Configuration

Oscilloscope Version 6.4.0 devBuild 7
DPOJET Version "3.6.0 Build 25"

Pass/Fail Summary

Index	Measurements	Mask Hits	Pass/Fail
1	Overshoot	0	Pass
2	Undershoot_2u	0	Pass
3	Undershoot_3u	0	Pass
4	Undershoot_4u	0	Pass
5	Undershoot_5u	0	Pass

Mask Images

Overshoot

Report for MOST150 with Overshoot and Undershoot measurement
Pass/Fail with oscilloscope Waveform Scree captures

Measurement Results

Description	Mean	Std Dev	Max	Min	P-p	Population	Max-cc	Min-cc
Unit Interval, Ref1	7.8423ns	1.5353ns	10.325ns	6.1256ns	3.4991ns	63759	3.4767ns	-3.4889ns
Current Acquisition	7.6423ns	1.5263ns	10.226ns	6.7205ns	3.4991ns	63759	3.4767ns	-3.4889ns
Bit Rate, Ref1	131.83MHz	22.243MHz	146.89MHz	97.803MHz	50.885MHz	63759	50.768MHz	-50.835MHz
Current Acquisition	131.83MHz	22.243MHz	146.89MHz	97.803MHz	50.885MHz	63759	50.768MHz	-50.835MHz
Rise Time, Ref1	894.87ps	20.877ps	905.97ps	920.38ps	185.59ps	24399	126.25ps	-126.87ps
Current Acquisition	894.87ps	20.877ps	905.97ps	920.38ps	185.59ps	24399	126.25ps	-126.87ps
Fall Time, Ref1	885.33ps	21.284ps	783.28ps	601.18ps	182.08ps	24399	118.78ps	-116.56ps
Current Acquisition	885.33ps	21.284ps	783.28ps	601.18ps	182.08ps	24399	118.78ps	-116.56ps
Transfer Jitter, Ref1	48.628fs	2.4537ps	7.7313ps	-8.8372ps	10.558ps	50040	624.84fs	-662.02fs
Current Acquisition	48.628fs	2.4537ps	7.7313ps	-8.8372ps	10.558ps	50040	624.84fs	-662.02fs
Mask Hits, Ref1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		138031		
Hits In Segment 1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		138031		
Hits In Segment 2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		138031		
Hits In Segment 3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		138031		

Pass/Fail Summary

Pass/Fail Information

Measurement	Mask Hits		
Source1	Ref1		
Value	High Limit	Low Limit	Pass/Fail
Max	0.0000	1	Pass

Plot Images

Measurement Plot(s)

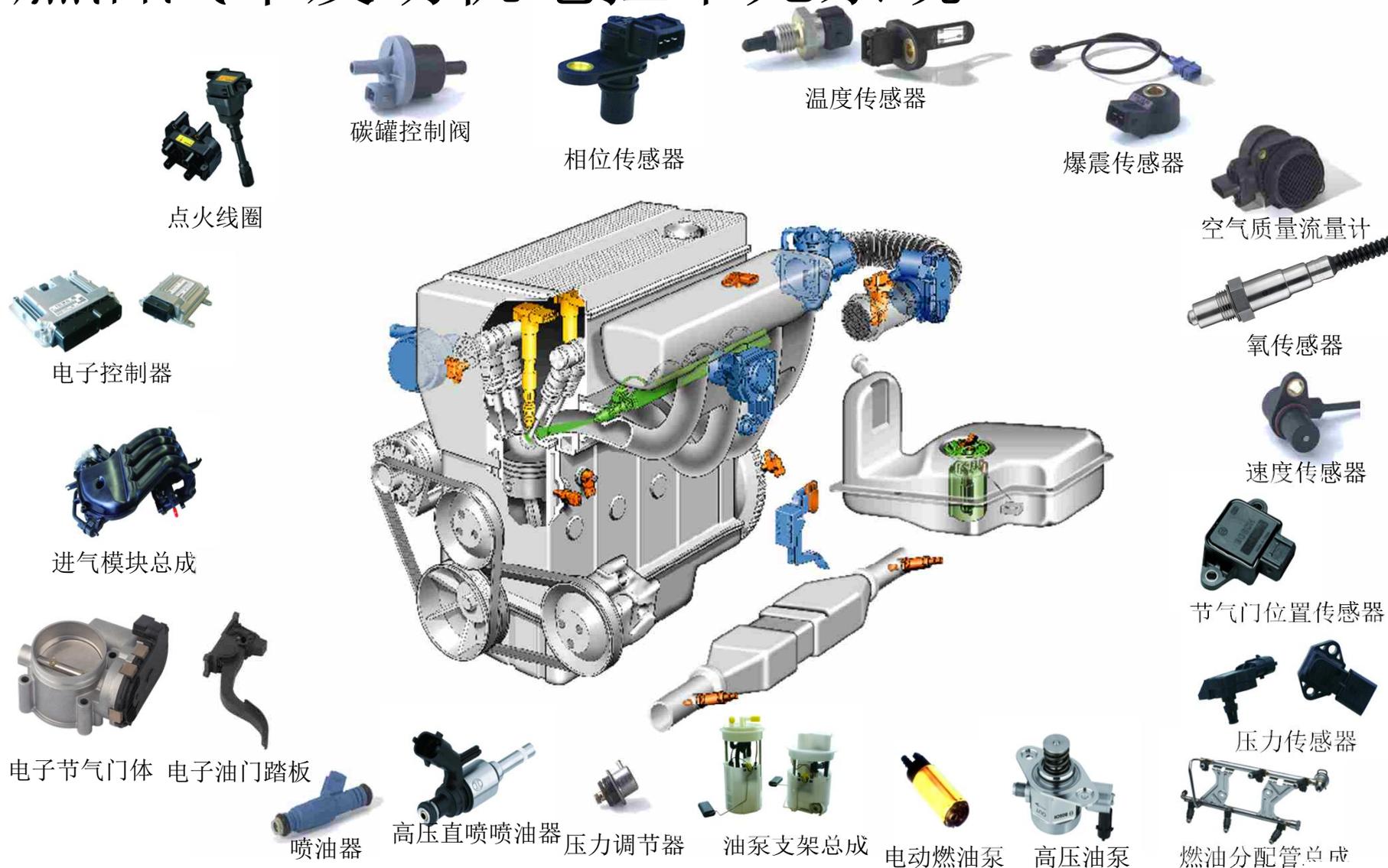
Report with margin details, Eye diagram, and other statistics. **Tektronix**

动力系统

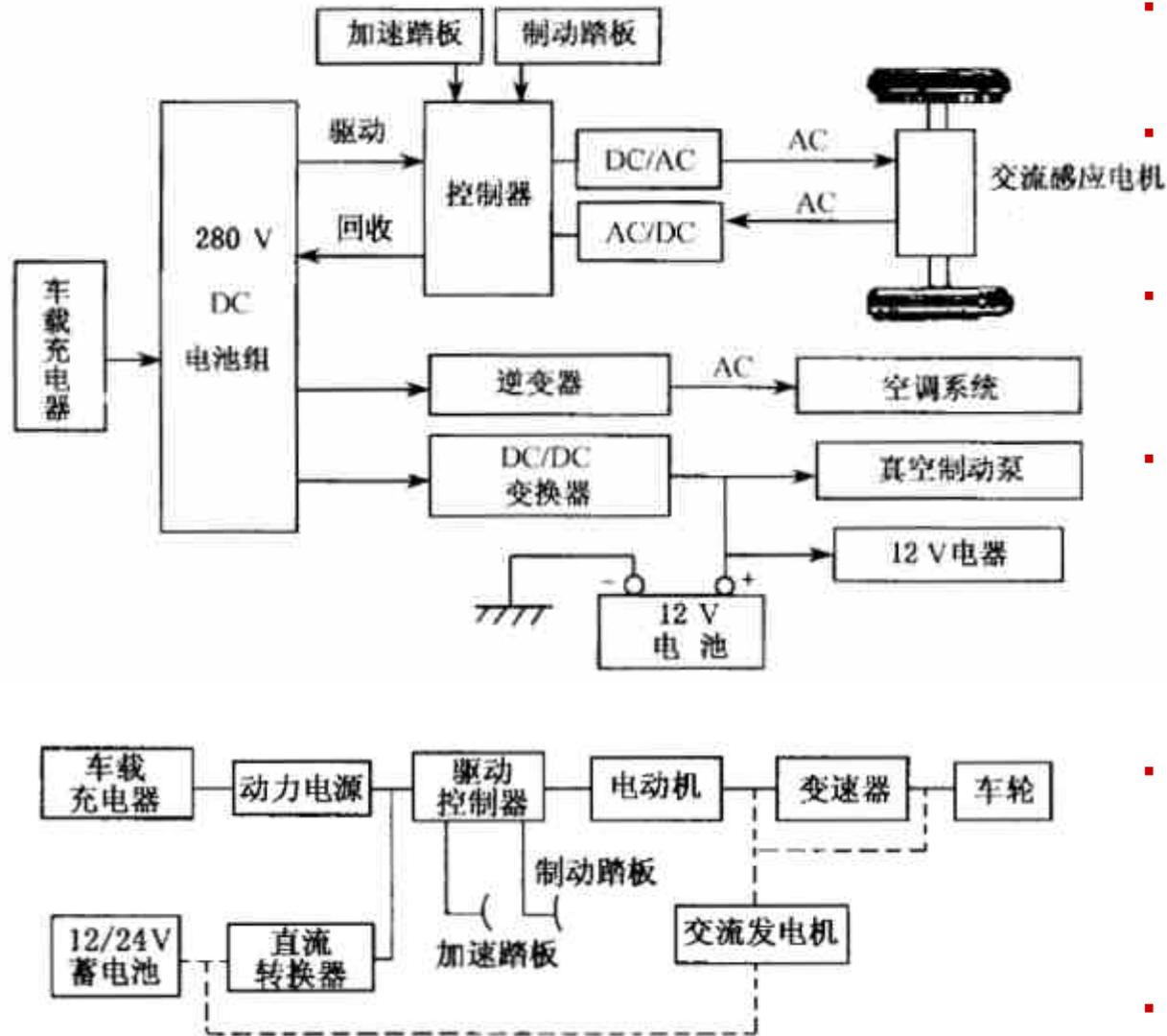
hybrid motor
electronic power steering
HID headlight lamps



燃油汽车发动机电控单元系统



电动汽车的驱动马达测试



- 电动汽车的组成包括**电力驱动及控制系统、驱动力传动等机械系统**、完成既定任务的工作装置等。
- 电力驱动及控制系统是电动汽车的核心，也是区别于内燃机汽车的最大不同点。电力驱动及控制系统由驱动电动机、电源和电动机的调速控制装置等组成
- 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
- 电动汽车上广泛采用直流串激电动机，这种电机具有"软"的机械特性，与汽车的行驶特性非常相符。但直流电动机由于存在换向火花，比功率较小、效率较低，维护保养工作量大，随着电机技术和电机控制技术的发展，势必逐渐被直流无刷电动机（BCDM）、开关磁阻电动机（SRM）和交流异步电动机
- 电动机调速控制装置是为电动汽车的变速和方向变换等设置的，其作用是控制电动机的电压或电流，完成电动机的驱动转矩和旋转方向的控制。电动汽车的调速控制转变为**直流逆变技术**的应用，将成为必然的趋势
- 电动汽车传动装置的作用是将电动机的驱动转矩传给汽车的驱动轴

驱动功率参数的测试---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			
Vel 1.3910			
VA 39.954 VA			
VAR 33.481 VA			

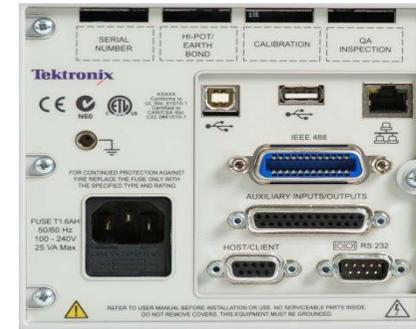
- 精准的测量精度: 0.04% 电压电流的基本精度
- 专利的螺旋式电流分流器
- 峰值因数高达10 的高精度测量结果

强大的功能



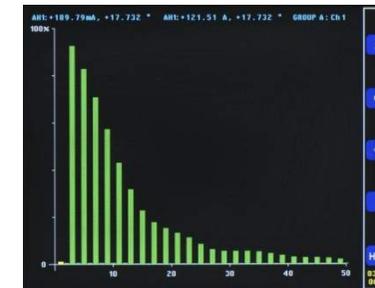
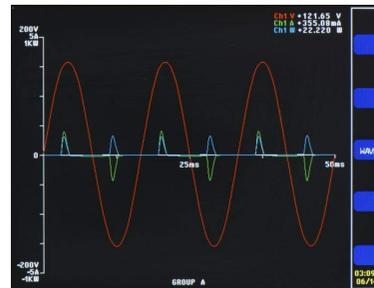
- 电流30A /1A 双shunt 标配
- PWM驱动, 镇流器, 待机功耗等多种测量模式
- 谐波测试功能标配, 有间谐波测量

丰富的接口



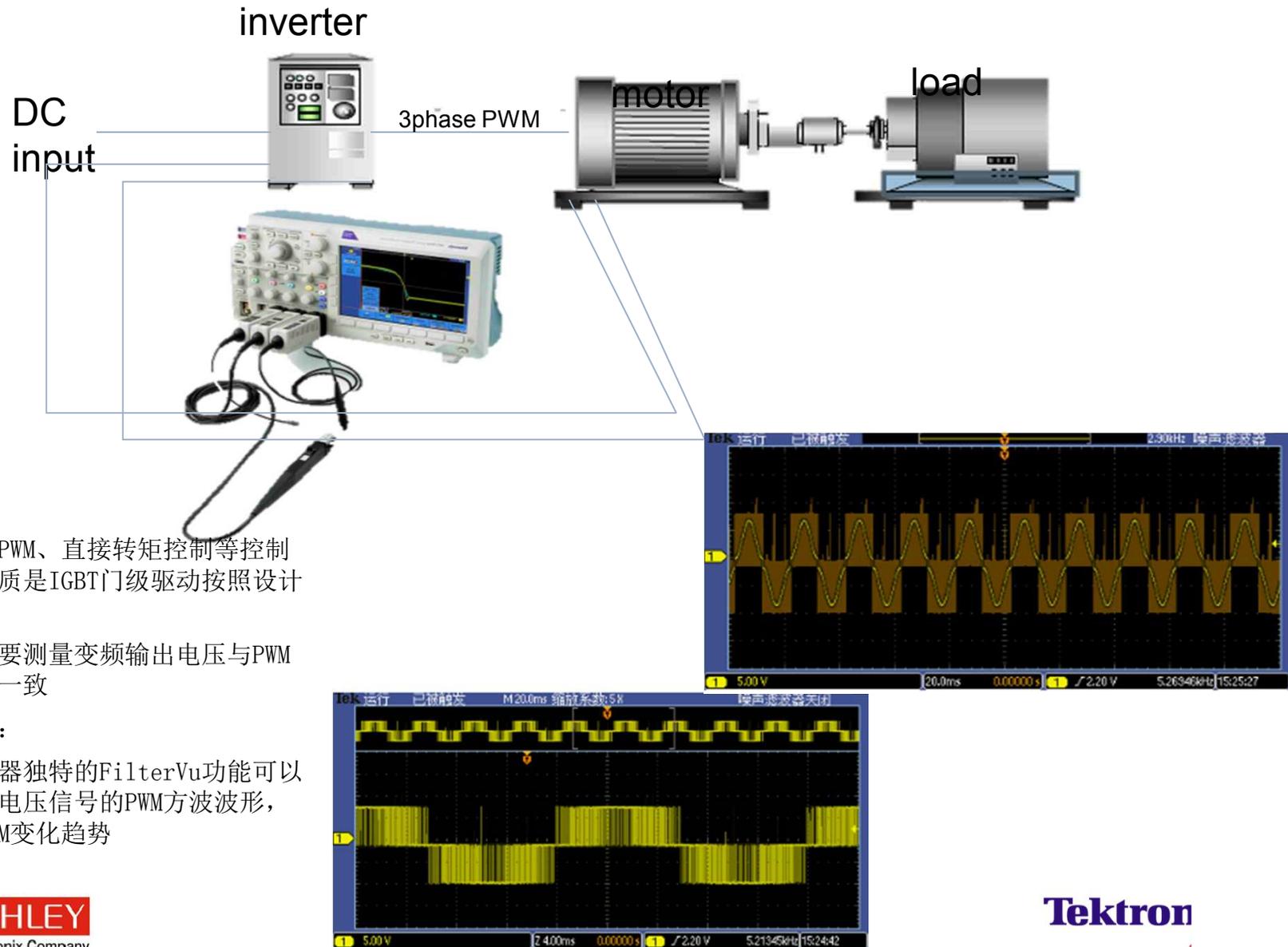
- USB, LAN, 和RS-232 标配 (GPIB) 选配
- 远程控制软件标配
- 功率及谐波同时测量, 无需切换

- V_{RMS} , A_{RMS} , W, VA, VAR, CF, 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



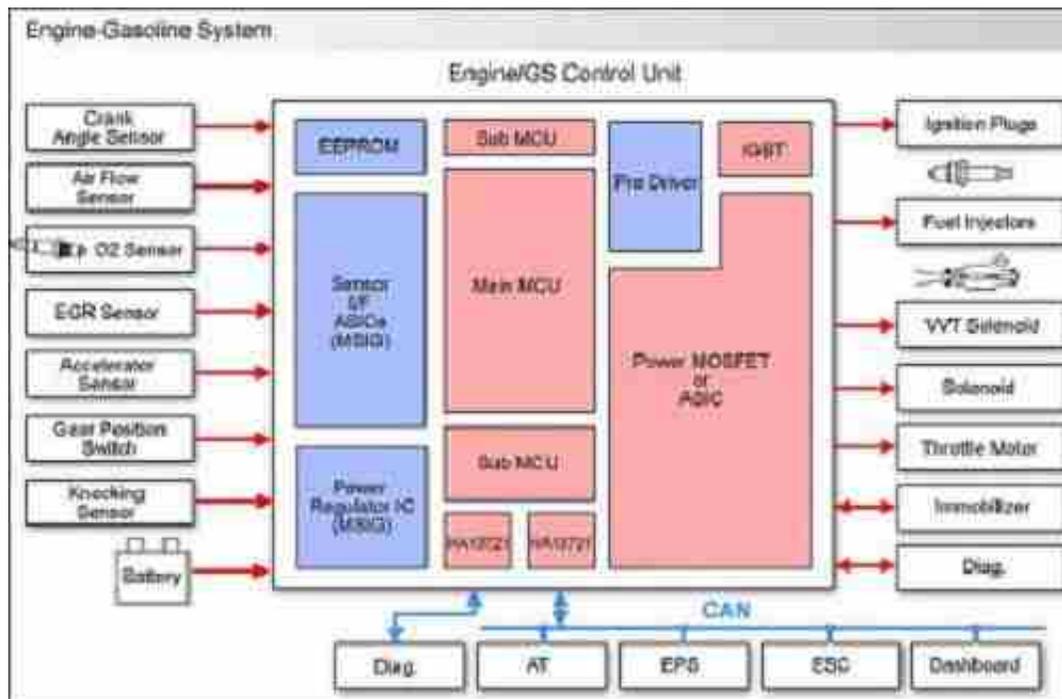
GROUP A Ch1		
Vrms	121.65	V
Arms	355.09	mA
Watt	22.220	W
Freq	60.015	Hz
PF		
Acf		

驱动马达波形测试



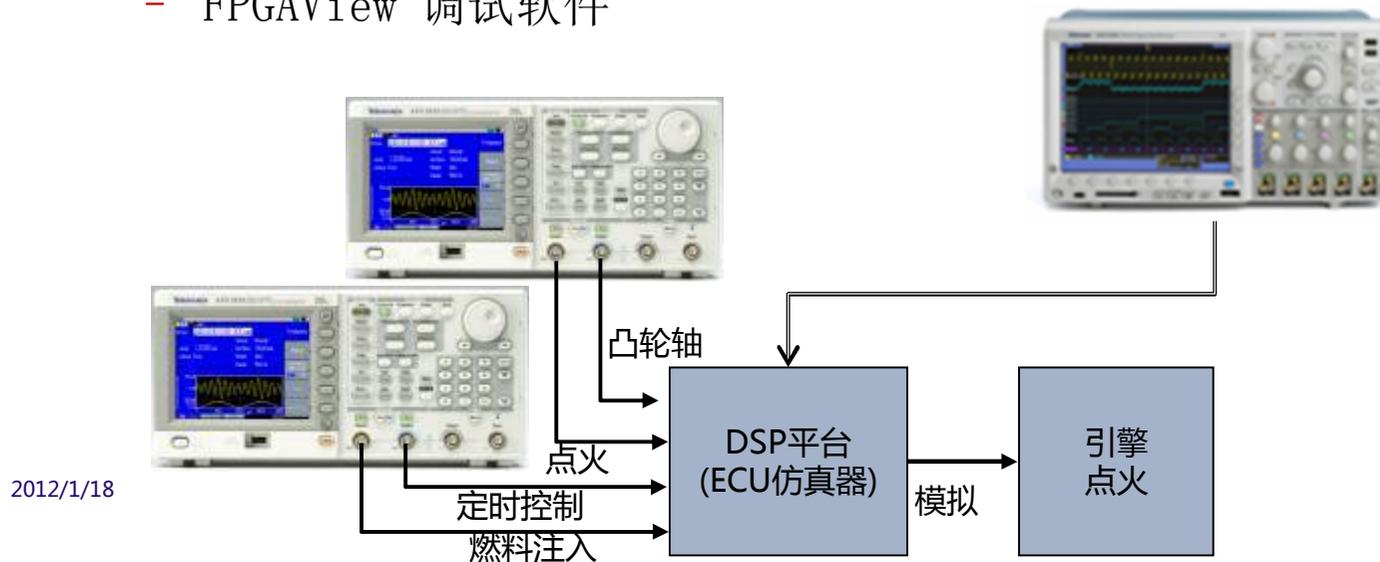
ECU测试——汽车中的电子控制单元

- 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

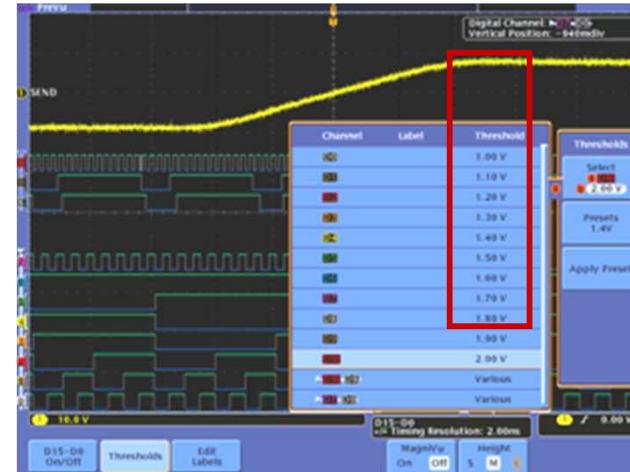
- ECU系统设计与调试
 - 捕获模拟信号、数字信号和总线信号
 - 分析DSP或FPGA内部的逻辑和数字定时问题
 - TLA逻辑分析仪或MSO混合信号示波器
 - 传感器、执行器模拟和仿真
 - AFG任意波形发生器
 - 系统级的综合调试
 - CAN/LIN总线触发、解码
 - FPGAView 调试软件



ECU测试——真正的混合信号采集和分析

- 同时采集模拟、数字、总线信号
 - 传感器模拟或数字输入输出
 - ECU输入、输出
 - 对执行器的驱动和控制信号
 - ECU 内部或板上的总线数据
- 调试同一块PCB中包含不同的逻辑类型或家族的电路
 - 成本限制 - 只在需要的地方使用昂贵的高速逻辑
 - 功率限制 - 使用低能耗逻辑，延长电池工作时间
 - 在同一逻辑家族中没有提供专用功能
- 在多条通道中触发建立时间/保持时间违规

2012/1/18



MSO4000可以为每条通道单独设置门限

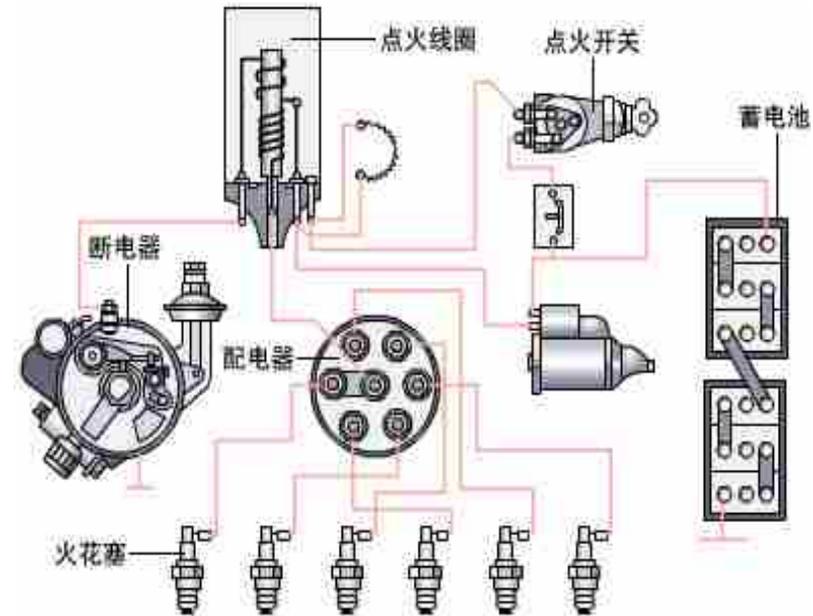


多通道建立时间和保持时间违

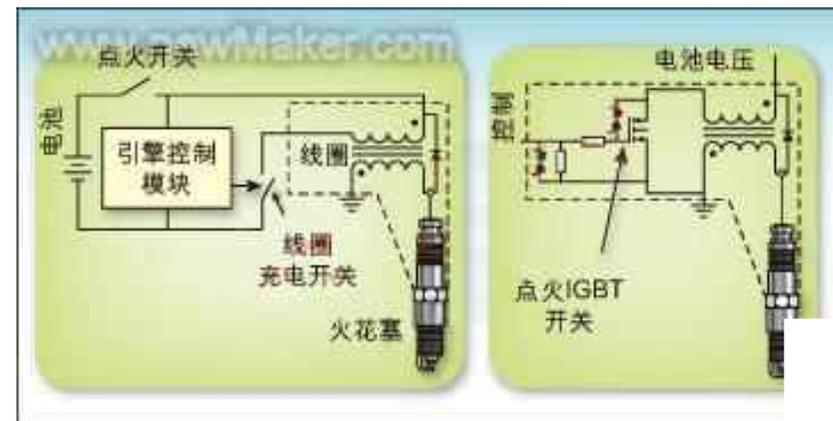
点火系统测试



- 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
- IGBT点火系统的特点
 - 1. 大电流下的饱和压降低；
 - 2. 易于构建出能处理高压线圈(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

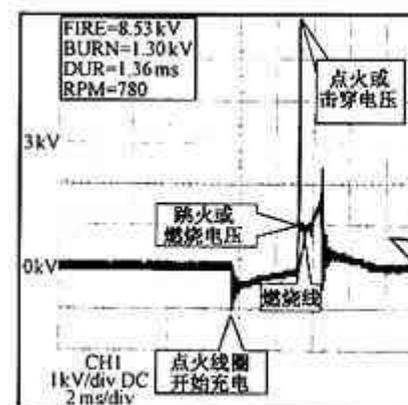
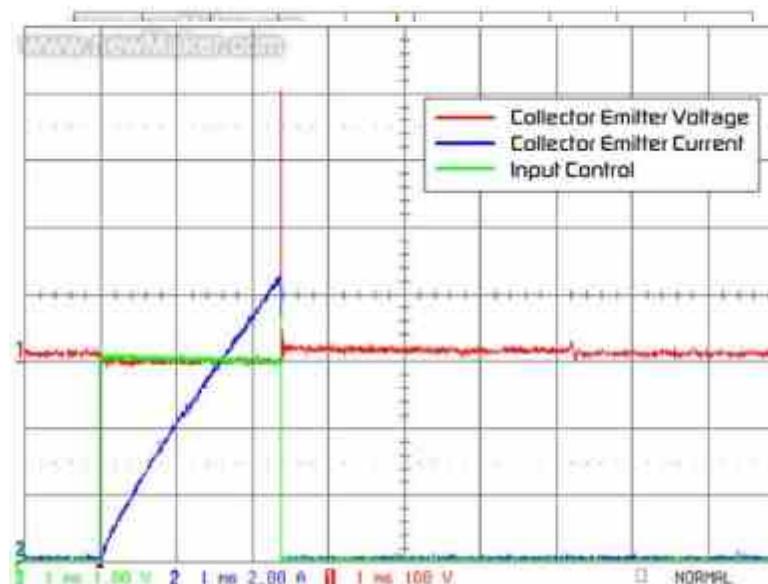


传统点火系统的组成



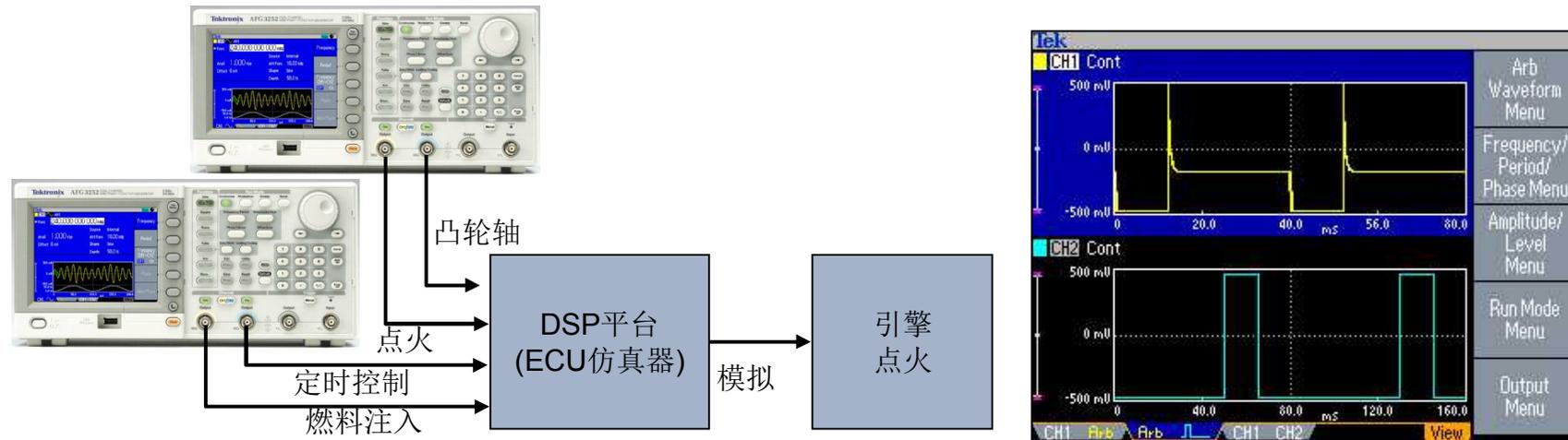
点火系统测试

- 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



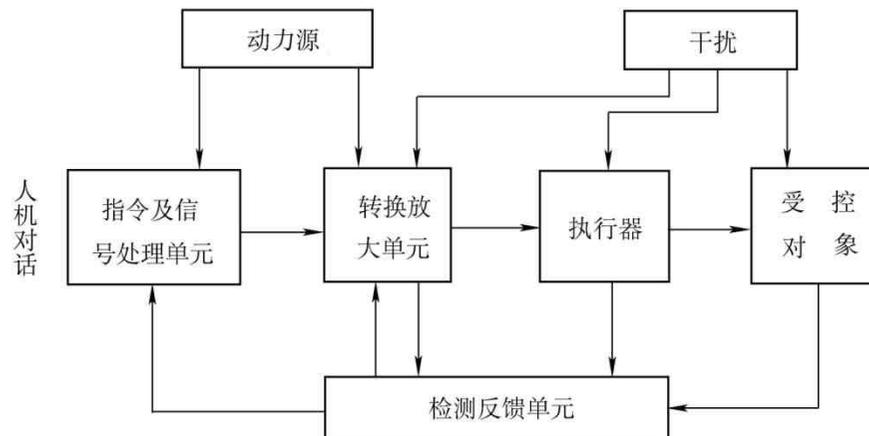
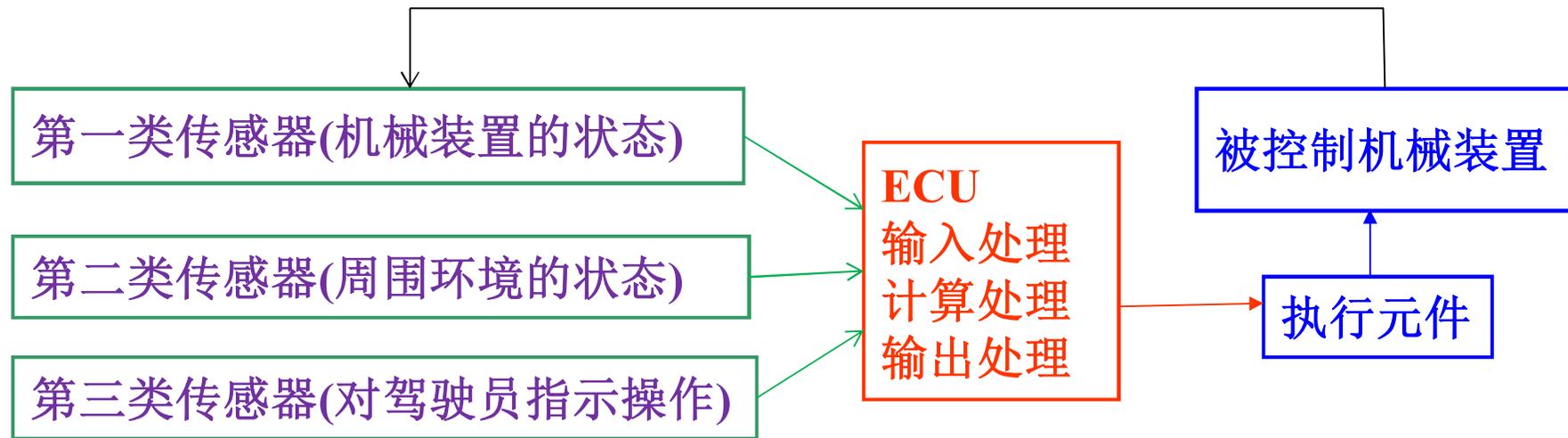
- 用途
 - 仿真各种汽车传感器信号, 如压力, 温度, 速度, 旋转和角度位置, 对汽车应用中的引擎控制单元 (ECU)进行功能测试和优化。
- 使用AFG302xB, AFG3011的好处
 - 大型显示器一目了然地确认所有设置。可以作为Vpp/Offset或High/Low值输入幅度值。使用ArbExpress创建传感器信号。高达20 Vpp的幅度不需要使用外部放大器。

车身电子系统



汽车电子控制系统基本组成

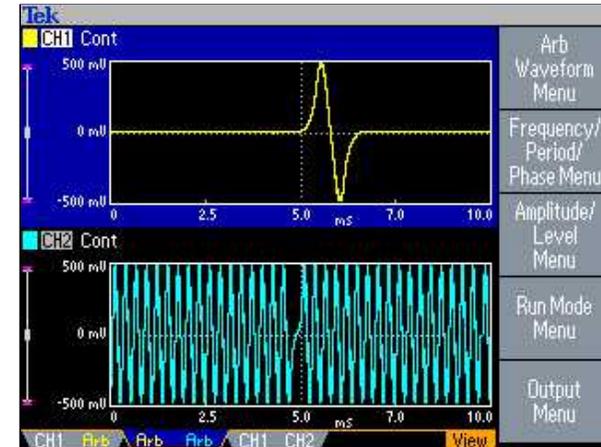
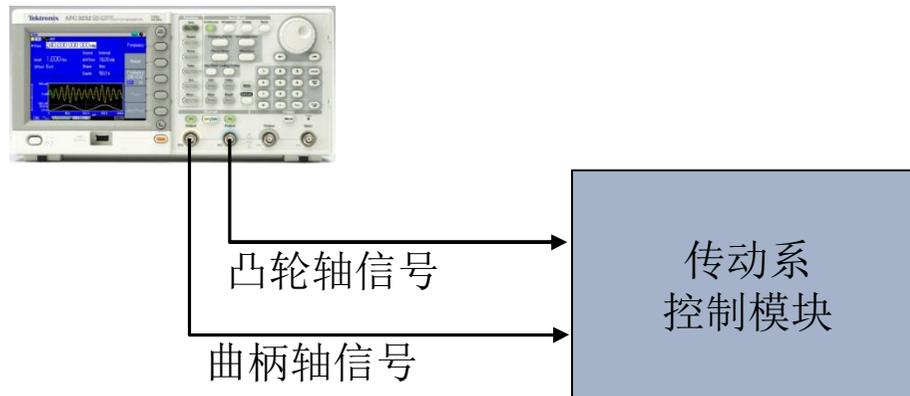
汽车电子控制系统一般由传感器、控制单元和执行元件三大部分组成。



汽车常用传感器

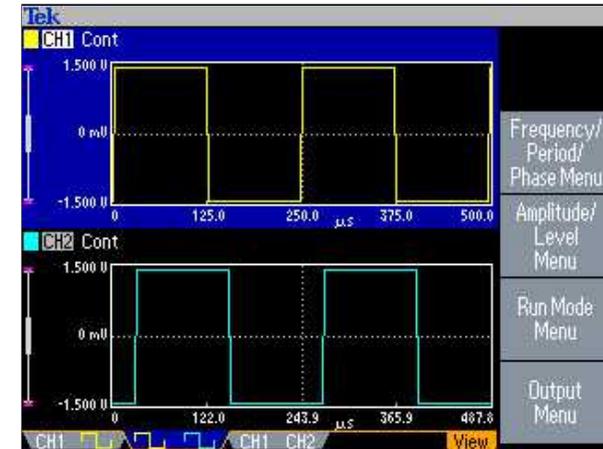
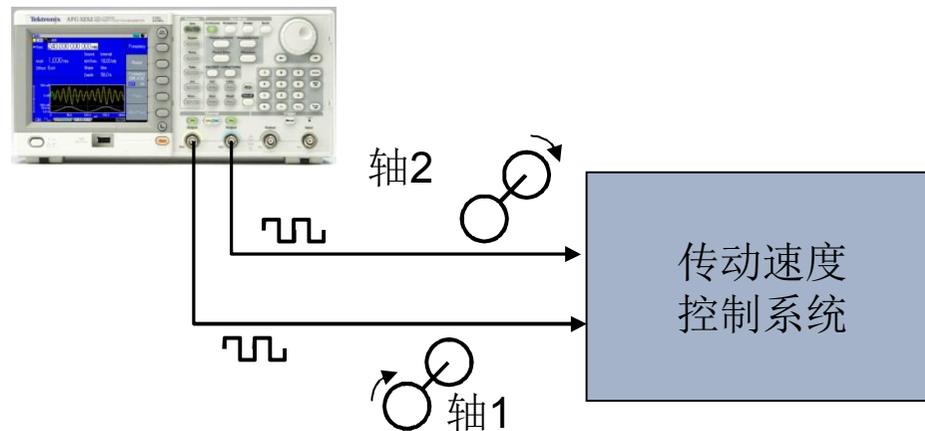
基本被测量		派生被测量	汽车用传感器检测量或检测对象
位移	线位移	长度、厚度、振动	车辆高度
	角位移	旋转角、偏转角、角振动	节气门开度、废气再循环阀开度
速度	线速度	速度、振动、流量	车速、吸入空气量、燃料流量、废气再循环量、
	角速度	转速、角振动	凸轮轴转速、曲轴转速、转向盘转角、车轮速度
加速度	线加速度	振动、冲击、质量	加速度
	角加速度	角振动、转矩、转动惯量	
力	压力	重量、应力、力矩	进气歧管压力、大气压力、燃烧压力、发动机机油压力、自动变速器油压、制动压力、各种泵压、轮胎压力
时间	频率	周期、计数、统计分布	
温度		热容、气体速度、涡流	冷却液、排出气体、吸入空气、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AFG3xx2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。
- 目标
 - 为汽车设计电子引擎控制系统的公司。

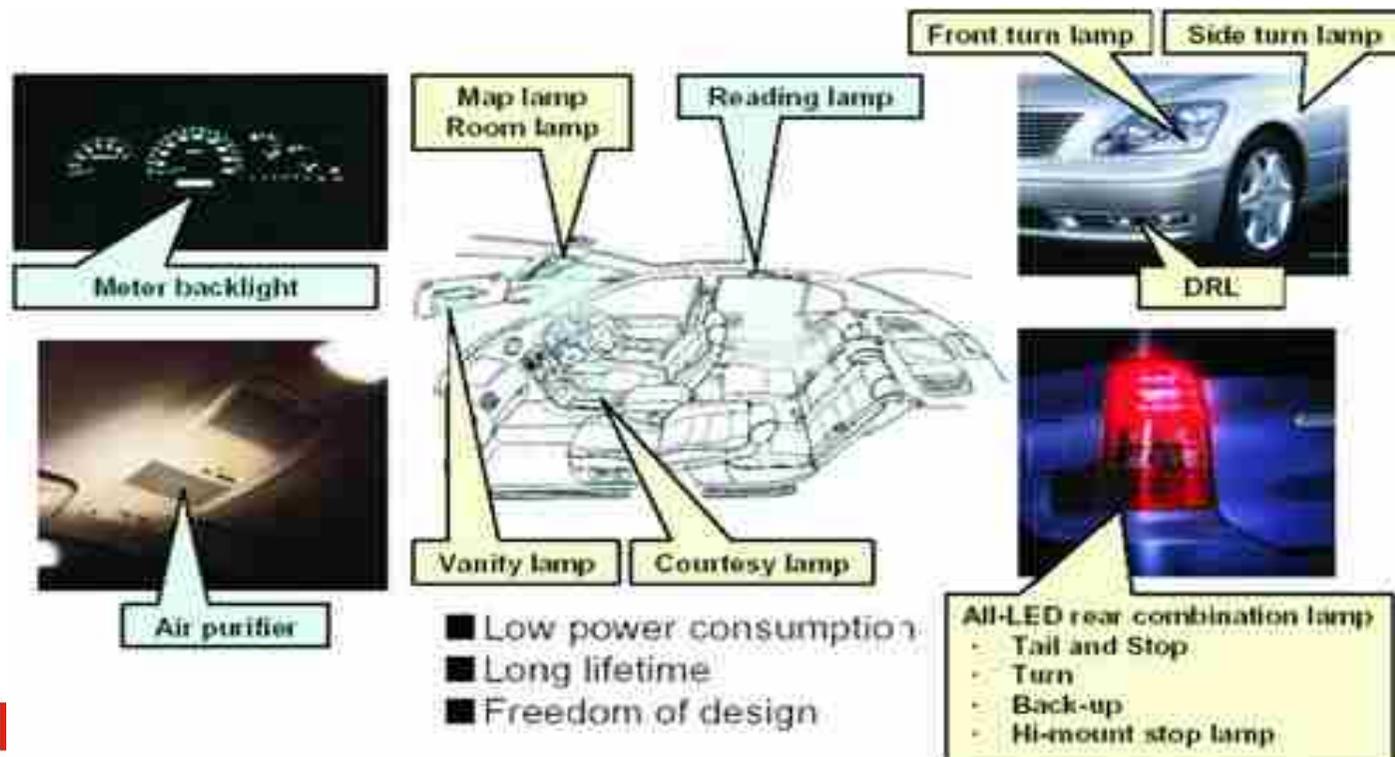
测试传动速度控制系统



- 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)
- 目标
 - 传动速度控制系统设计公司。
 - 维护和维修运动和传动装置的公司。

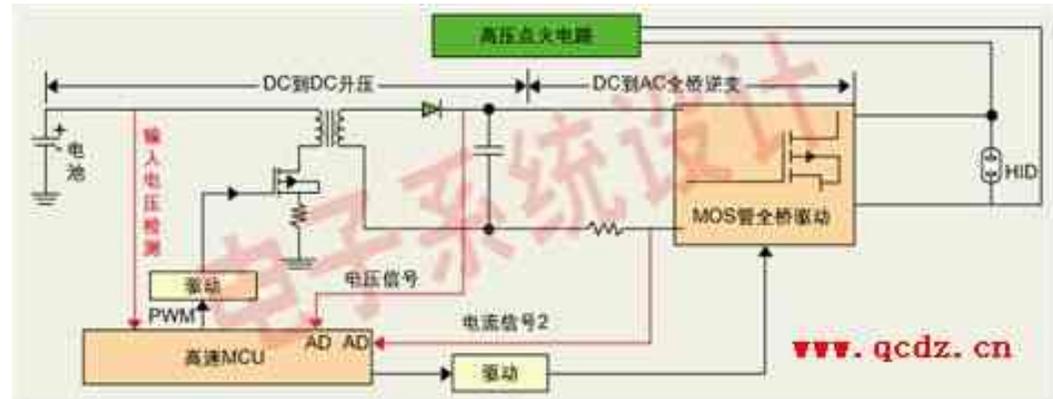
车辆照明系统测试—照明系统发展趋势

- 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

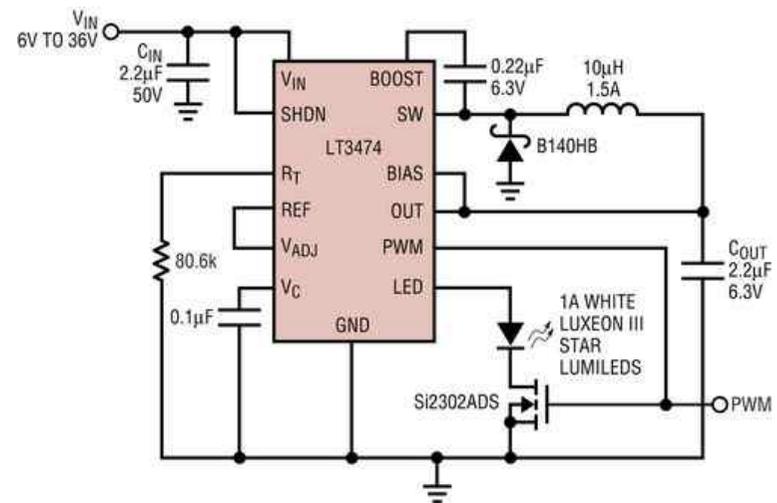


车辆照明系统测试

- 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

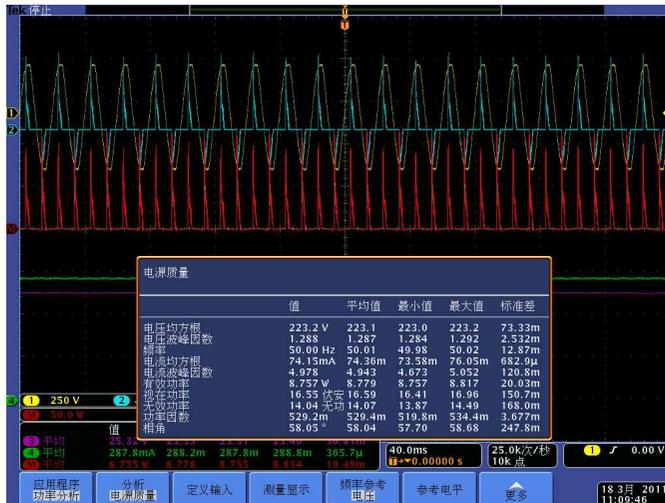
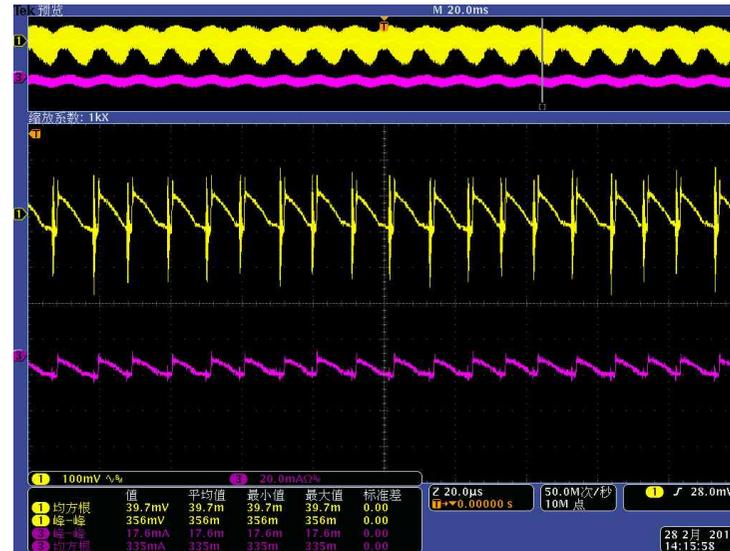


- LED车灯测试
 - 恒流驱动
 - 高亮度白光LED需要超过1A驱动电流
 - DC/DC型恒流电源
 - 高效率的能量转换
 - 输入电压的巨大波动
 - PWM调光



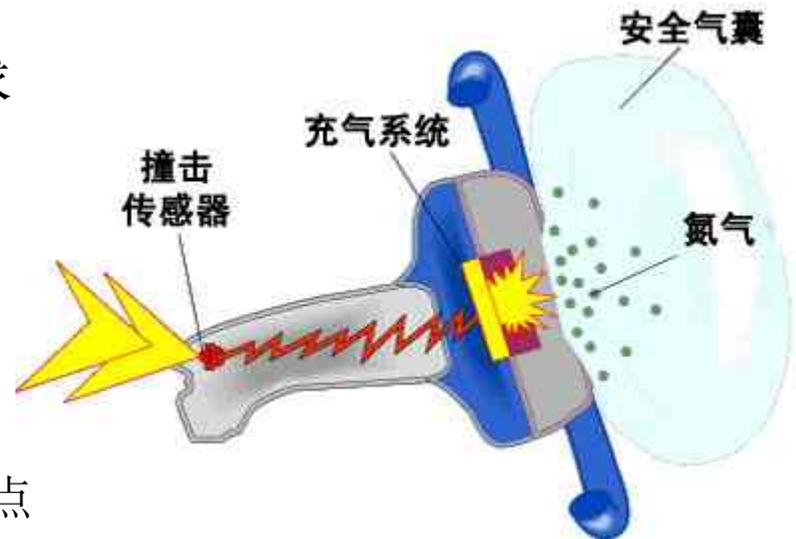
车辆照明系统—LED车灯测试

- 泰克LED照明测试方案
 - 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



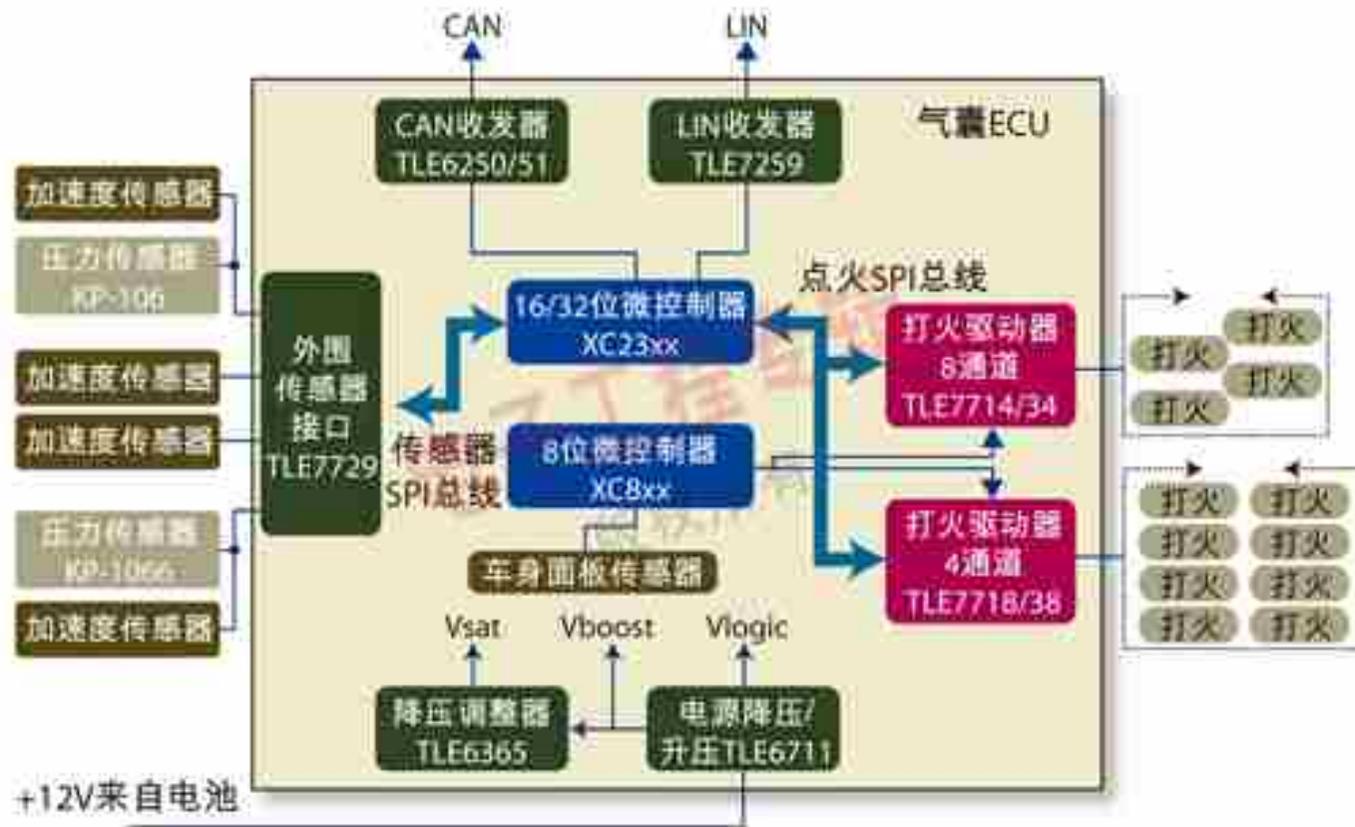
安全气囊测试

- 安全气囊系统
 - 属于辅助约束系统（SRS）
- 各国法规要求强制执行
 - 我国2000 年实施了CMVDR 294 《关于正面碰撞乘员保护的设计规则》
 - 欧洲ECER94
- 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
 - 5in-30ms的准确
 - 乘员向前移动5in时刻的前30ms时刻是气囊目标点火时刻



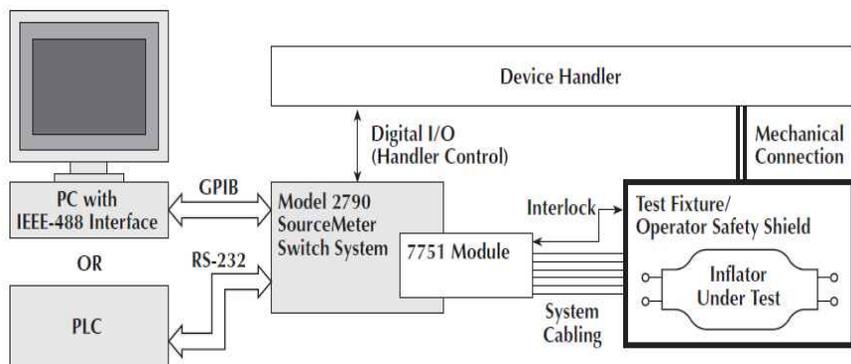
安全气囊测试

- 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

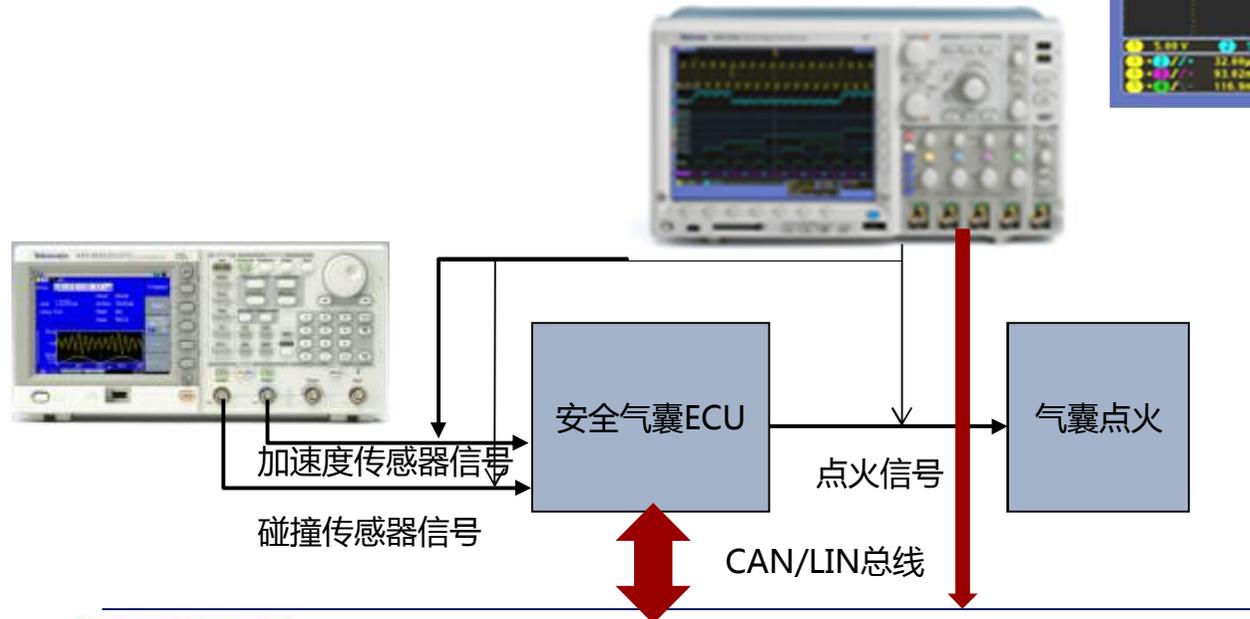
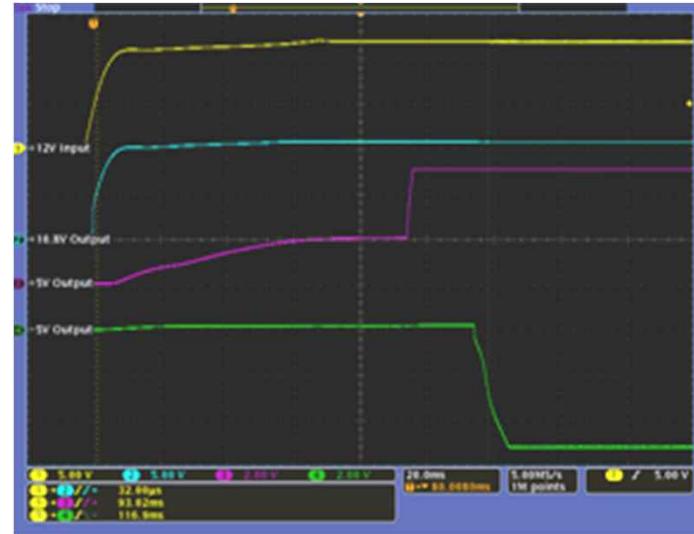
- 安全气囊充气机的电气检查以及其他汽车电子测试
 - 汽车安全气囊充气机/模块电气功能测试
 - 安全带预紧传动器/模块功能电气检测
 - 高速、并行吸入、双充气机，或双测试台电气检测
 - 汽车座椅和航空电子中受压线、高压、绝缘电阻测试
 - 多针连接头/导线连通性和漏电阻测量
 - 多触点/开关小功率电路连通性和漏电流测试
 - 汽车电源/熔丝中心连通性和漏电阻特性分析
 - PCB/PWB和通用短路/断路电路测试



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

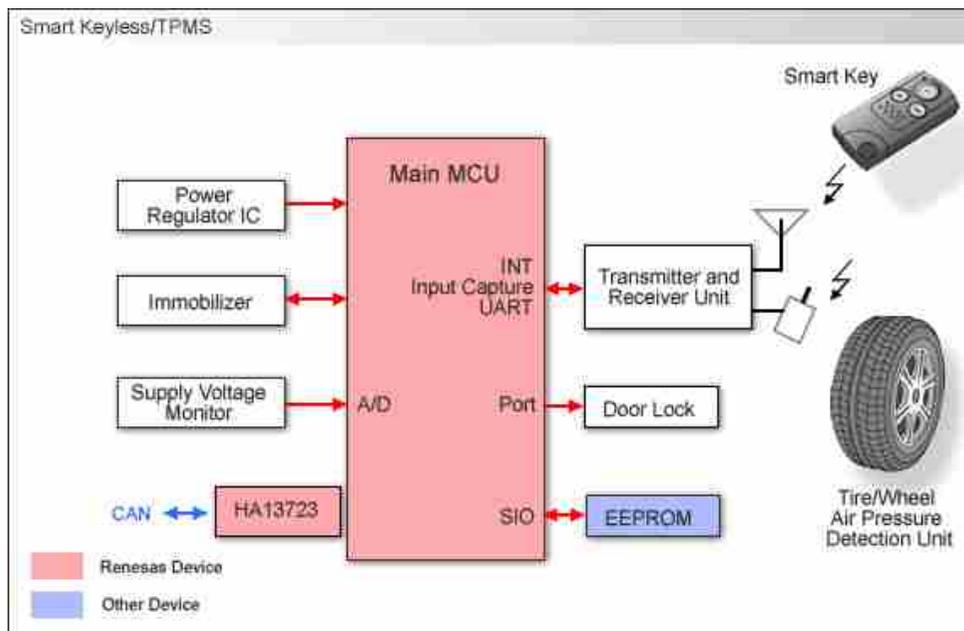
安全气囊测试—泰克推荐方案

- 带有CAN/LIN/Flexray总线分析功能的示波器
- AFG3000任意波形发生器
- 差分和电流探头
- PWS4000台式电源
- DMM4000台式万用表
- 2790测试系统

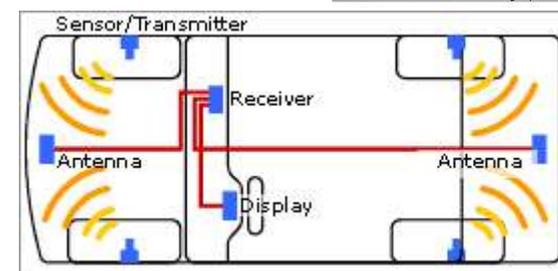


倒车雷达/TPMS测试

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



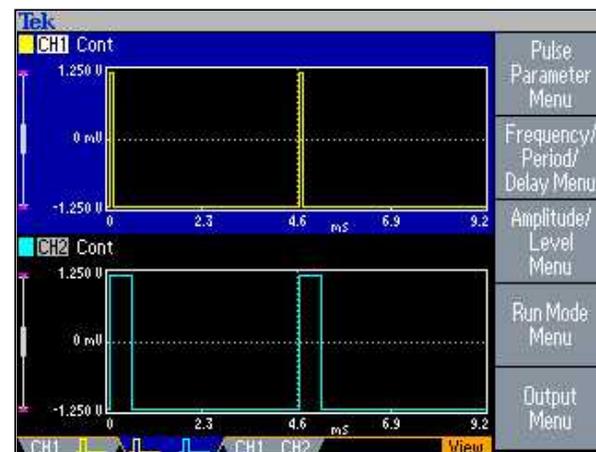
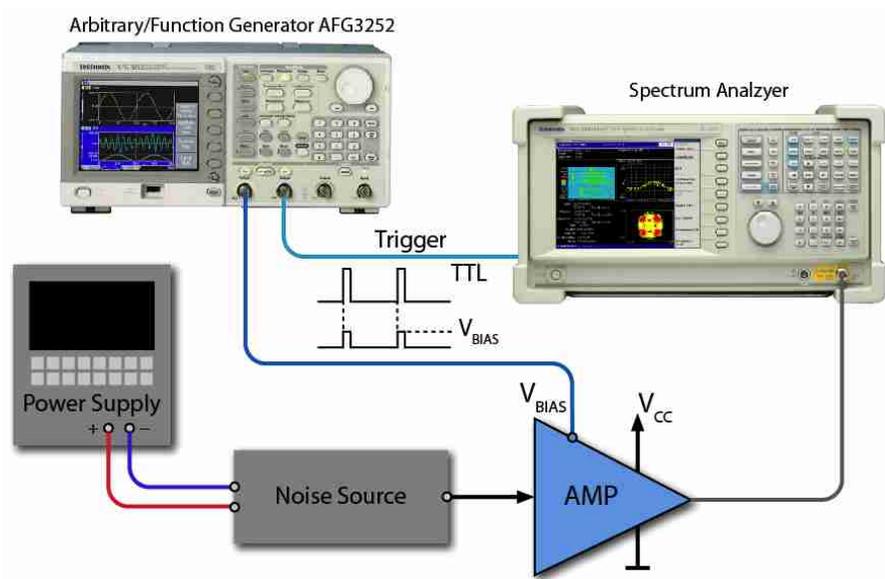
- 轮胎压力监测系统 - Tire Pressure Monitoring System



- 防盗器和无键进入系统



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噪声系数测量。
- 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

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

车载电器

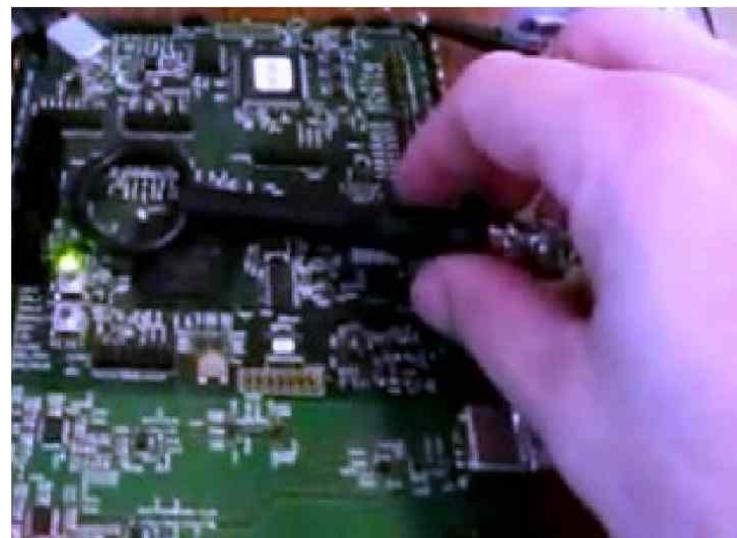
tire pressure monitoring
keyless entry
bluetooth connectivity



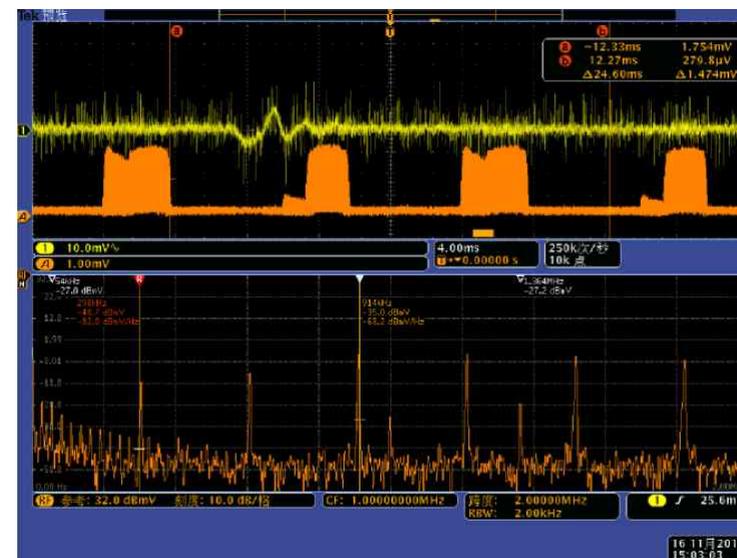
Tektronix[®]

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



电子部件的EMI测试



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**

- 信号源

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

- 第二个源输出

- 180 degrees phase shifted from primary source
- Sine or Square Wave

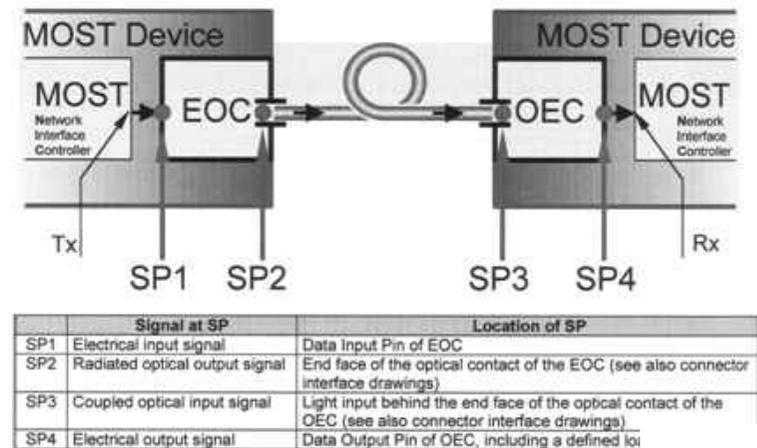
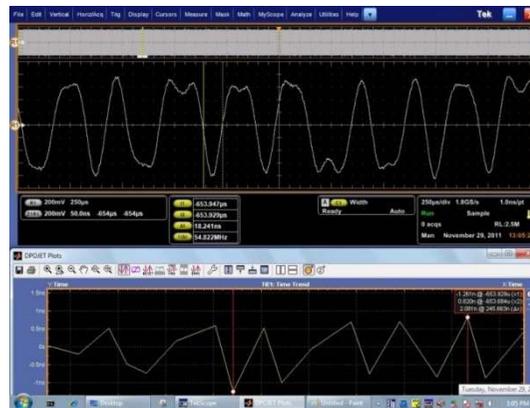
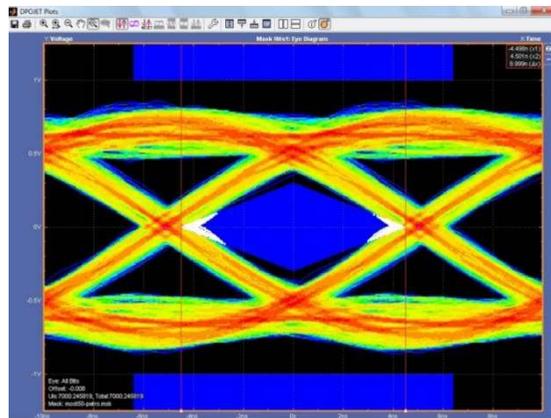
- 输出阻抗

- 50 ohm, 600 ohm, Hi-Z



多媒体MOST总线测试

- 测试过程是相对于测试点的
- 测量内容
 - Tx Mask Test
 - Tx Jitter Analysis
 - Receiver Tolerance



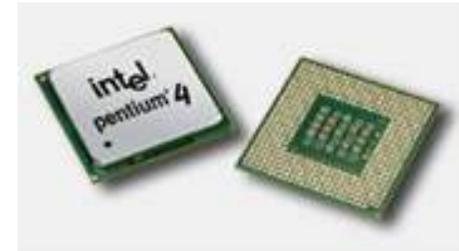
器件分析

electronic control units
entertainment subsystems
safety subsystems

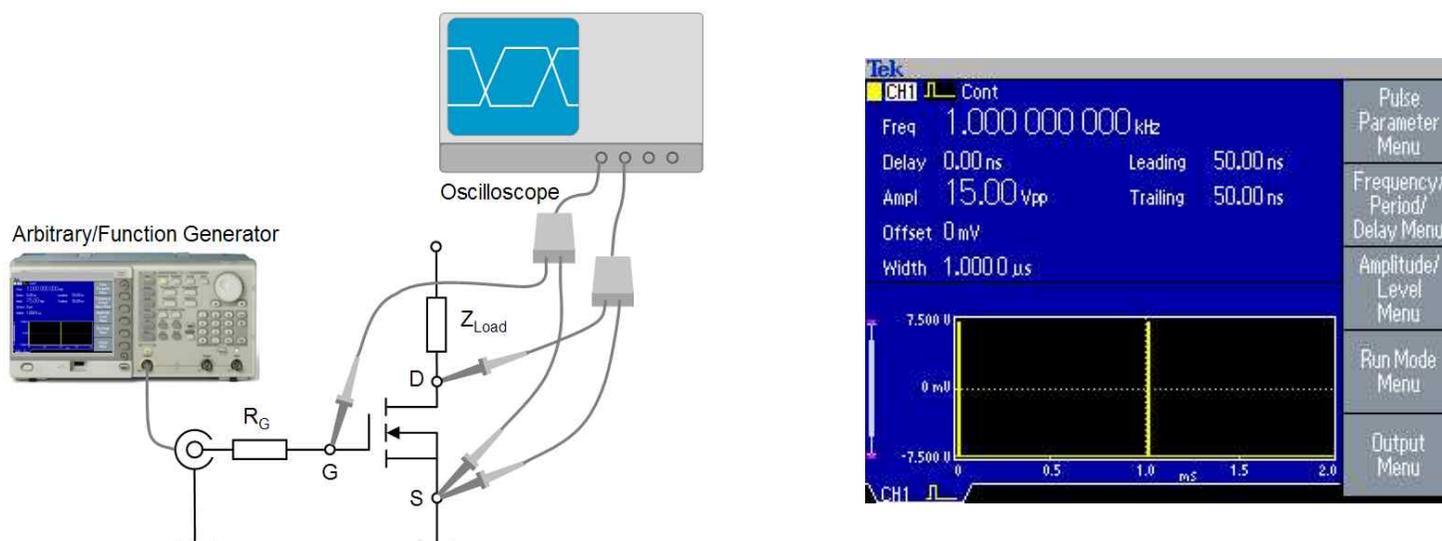


汽车中的电子元件

- 各种IC
 - 微处理器MCU
 - 通常要求使用逻辑分析仪进行调试
 - 多条通道, 复杂的触发, 条件存储, 反汇编, 源代码级软件调试
 - MSO也可以用于某些调试任务
 - 例如: PC BIOS硬件检验和调试
- DC-DC模块
 - 电源管理系统
 - 最有效的测量方案
 - 源表
- 电动汽车
 - 功率器件 (半导体器件)
 - MOSFET
 - IGBT
 - 泰克的最新测量方案

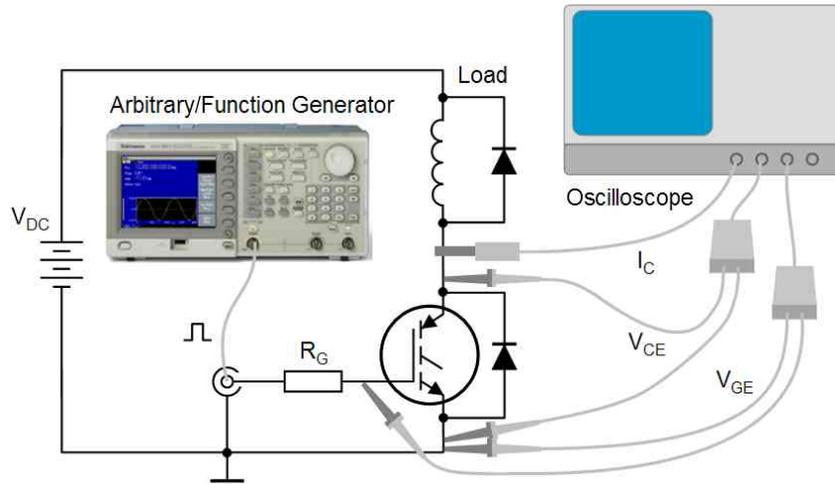


检定和优化汽车电子中的电源MOSFET电路



- 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。
- 目标
 - 为汽车设计运动控制, 功率管理, 气候控制, 电子稳定性系统或集成启动装置/交流发电机的公司。

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，节约工作台空间。
- 目标
 - 为汽车设计运动控制，功率管理，气候控制，电子稳定性系统或集成启动装置/交流发电机。
 -

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。

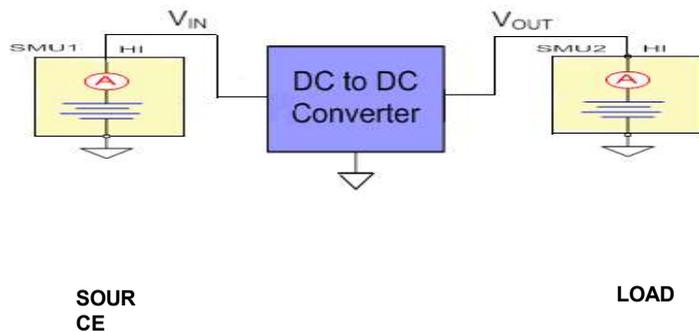


图1：在DC-DC转换器I/V特性分析中使用的双通道源测量单元 (SMU)

DC-DC转换器I/V特性分析中常见的测试

· 负载电流 (CL)：从DC-DC转换器流出并进入作为负载的源测量单元 (SMU) 的电流就是负载电流 (CL)。在图2的I/V曲线中给出了负载电流。

· 输出电压 (VO)：在DC-DC转换器输出端测得的电压就是输出电压 (VO)。在图2的I/V曲线中给出了输出电压。
其他测试包括：

· 输入电压 (VI) · 输入电流 (CI) · DC-DC转换器效率 (EFFDC-DC)

图2给出利用吉时利双通道数字源表源测量单元 (SMU) DC-DC转换器进行测量的I/V曲线。

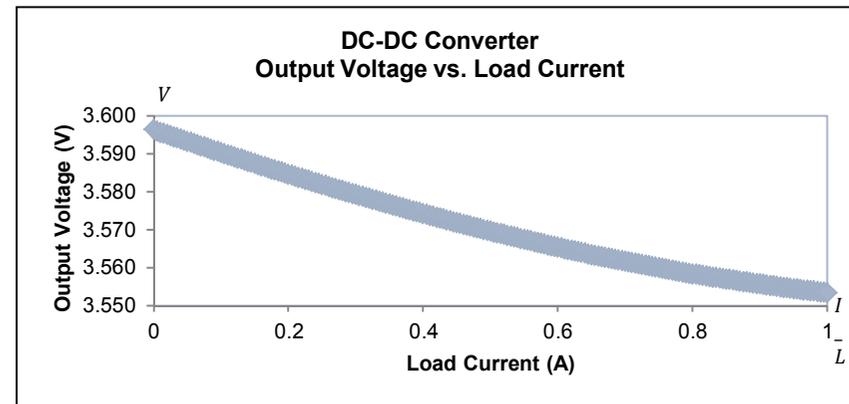


图2：DC-DC转换器的I/V曲线

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

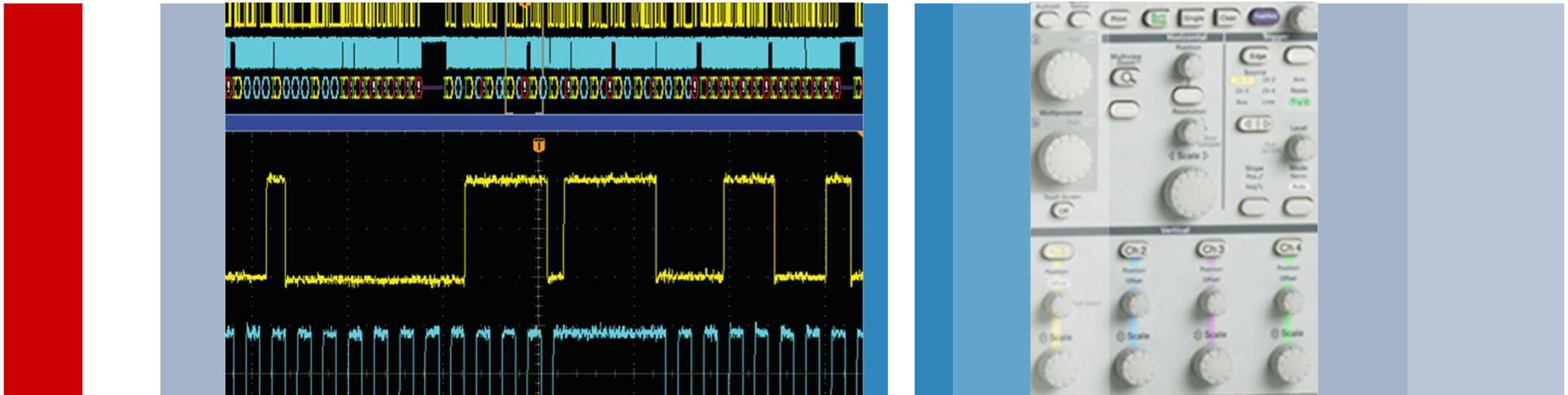
Configuration Selector Guide

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



Tektronix[®]

泰克汽车电子测试方案

汽车电子	MSO/DPO3000 series	MSO/DPO4000B Series	MDO4000 series	MSO/DPO5000 Series	DPO7000C Series	AFG3000C	2200 power supply	DMM	FCA	KEITHLEY 源表
带宽	100MHz--500MHz	100---1000MHz	100---1000MHz	350--2000MHz	500---3500MHz	10MHz--240MHz	1CH--3CH	5 1/2 6 1/2	400MHz	
采样率	2.5GS/s	5GS/s	5GS/s	10GS/s	20GS/s	250MS/s	0--72V			
存储深度	5M	20M	20M	12.5M/250M	12.5M/250M		0--5A			
逻辑分析通道	16CH	16CH	16CH	16CH	-					
CAN/LIN/FlexRay	Y	Y	Y	Y	Y					
MOST				Y	Y					
I2S	Y	Y	Y	Y	Y					
胎压检测			Y							
FPGA	Y	Y	Y	Y	Y					
电源管理	Y	Y	Y	Y	Y					Y
混合信号ECU 测试 传感器, 执行器	Y	Y	Y	Y						
传感器仿真						Y				
FPGA 动态探头 / 多处理器 支持 ECU, CPU, FPGA	Y	Y	Y	Y	Y					
Ethernet, USB 2.0, LVDS				Y	Y					
老化、加电							Y			Y
电子元件的设计、验证和测试								Y	Y	Y
汽车功能测试						Y		Y	Y	Y
数据记录										Y
ASK, FSK, GFSK, ZigBee, AM, FM, DVB, GPS, GSM, 3GPP, 蓝牙, IEEE 802.11b			Y							
调试雷达传感器			Y							
EMI 预兼容			Y							
电池供电的户外测量	Y	Y	Y	Y	Y					

泰克科技示波器选择平台



**INTRODUCING THE NEW
MDO4000 SERIES**
*The World's First ... AND ONLY
... oscilloscope with a built-in
spectrum analyser!*



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,I2S/LJ/RJ/TDM	I ² C, SPI, USB, Ethernet, CAN, LIN, FlexRay, RS-232/422/485/ UART, MIL-STD-1553,I2S/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

时基准确的保证——泰克的计时器/频率计/分析仪



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					

高性能的电参数测试--万用表系列



	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--数采和开关系列

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	GPIO RS-232 ExceLINX
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 ExceLINX
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	GPIO RS-232 ExceLINX

型号	描述	通道数	连接器	最大电压	最大电流	备注
7700	差分多路复用器 带CJC	20	接线柱	300VDC	1A	2- or 4-wire, 2 Current Channels, 3A Max
7701	低压差分多路复用器	32	50-pin D-sub 25-pin D-sub	150VDC	1A	Common Side Ohms configuration 2- or 4-wire
7702	差分多路复用器	40	接线柱	300VDC	1A	2- or 4-wire, 2 Current Channels, 3A Max
7703	高速差分多路复用器	32	Dual 50-pin D-sub	300VDC	0.5A	Reed Relays, 2- or 4-wire
7705	控制模块	40	Dual 50-pin D-sub	300VDC	2A	SPST Switches
7706	I/O 模块	20 Analog In 16 Digital Out 2 Analog Out 1 Counter/Totalizer	接线柱	300VDC	1A	Automatic CJC +/- 12V Anal. Out Max Count = 4billion+
7707	多路复用器 - 数字 I/O 模块	10 Analog In 32 Digital I/O	50-pin D-sub 25-pin D-sub	300VDC (analog) 33VDC (digital)	1A (analog) 0.1A (digital)	Configurable DIO
7708	差分多路复用器带CJC	40	接线柱	300VDC	1A	Automatic CJC, 2- or 4-wire
7709	6x8 矩阵	48 Crosspoints	50-pin D-sub 25-pin D-sub	300VDC	0.5A	25-pin D-sub for easy expansion
7710	长寿命差分多路复用器	20	接线柱	60VDC	0.1A	Automatic CJC, High Speed 10 billion+ operations
7711	2Ghz, 50 Ohm RF 模块	Dual 1x4	SMA	60VDC	0.5A	Max power = 10W/channel <300ps Rise Time
7712	3.5Ghz, 50 Ohm RF 模块	Dual 1x4	SMA	42VDC	0.5A	Max power = 10W per channel <200ps Rise Time

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
	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
型号								
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		US

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			
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 TPS2000B、THS3000	
信号源	AFG3000C AFG2000	
数字万用表	DMM4050、DMM4040、DMM4020 2000、2100、2001、2002	
频率计数器/分析仪	FCA3100、FCA3000 MCA3000	
直流电源	PWS4000、PWS2000 2200、2220、2230、2260	
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

