

是德科技

使用 Keysight TS-8989 PXI 功能测试系统  
测试汽车（电子驻车制动） EPB 控制系统

应用指南

# 引言

## 使用 Keysight TS-8989 PXI 功能测试系统测试汽车 EPB 控制系统

由电线与控制器相连接的 EPB（电子驻车制动控制）系统正在取代传统的脚踏板制动或手刹。随着驾驶员按下制动按钮，后轮制动系统立即启动并让车辆自动进入驻车状态。而且根据需要，即使松开刹车也可将车辆稳稳地停在斜坡上。此外，EPB 还可与汽车上的其他系统相集成，如行车辅助、上坡起步辅助和稳定控制系统，提供舒适、方便和高性能的驾乘体验。

EPB 的功能通过以下部件实现：控制开关输入、轮速传感器、力传感器和电动马达。其作用在于监控各种输入信号以确定所需的输出——如施加制动还是松开制动。图 1a 所示为典型的运行中的 EPB 简化框图。典型的 EPB 功能测试设置需要对测量进行模拟或仿真。图 1b 所示为 EPB 功能测试的各个模型：

- 所有测试节点的输入 / 输出
- 仿真力传感器的模拟信号
- 仿真轮速传感器的频率信号
- 电动马达的等效负载或控制开关仿真

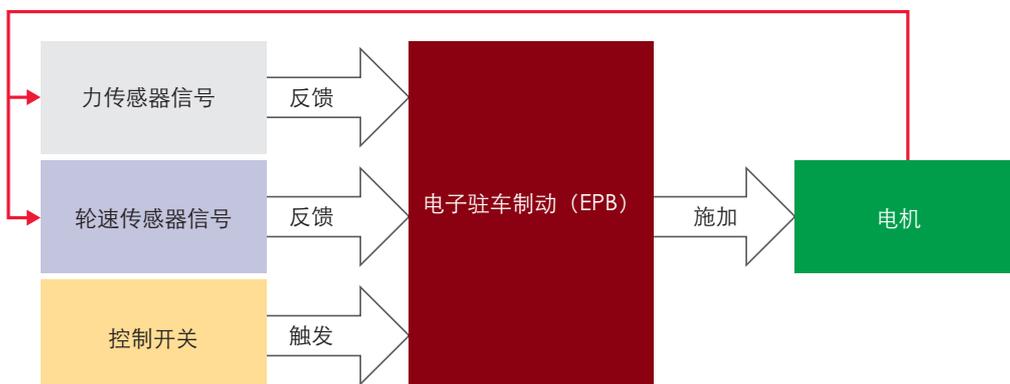


图 1a. EPB 操作简化框图。

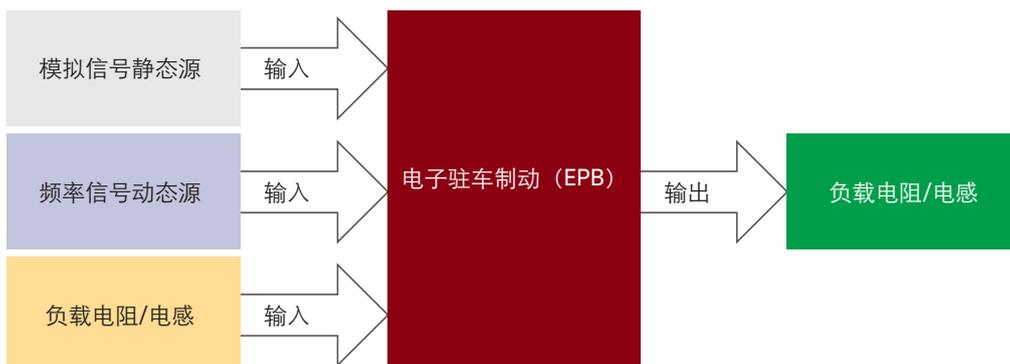


图 1b. 用于 EPB 功能测试的各个模型

与许多其他行业不一样的是，汽车制造商经常会在其测试系统开发阶段遇到挑战。汽车电子控制单元（ECU）的测试通常需要高功率负载仿真，以及多种类型的信号源用于传感器仿真和一些其他要求，这些都不常见于测试解决方案市场。因此汽车制造商不得不开发自己的机架堆叠系统。在此过程中，他们需要在定制电路设计以及软件开发方面付出额外成本，并可能影响到产品的上市时间。

Keysight TS-5000 系列测试系统是一套专为汽车 ECU 测试而设计的现成系统。本应用指南中，针对典型的 EPB 功能测试配置了一套 TS-8989 PXI 功能测试系统。下文将探讨有助于制造商应对挑战的系统配置、测试方法和算法详情。

## 输入 / 输出

### I/O

I/O 检查通常用于验证电子控制单元 (ECU) 的输入和输出操作。简单的 I/O 检查可以通过检查组装连接器引脚的开路 / 短路轻松完成。输入测试可以通过读取给定的数字 / 模拟输入下 ECU 的各个状态加以验证。同时，输出测试可以通过测量触发状态的输出信号进行验证。

### 测在

ECU 的功能验证有赖于测试系统与 ECU 的通信能力。汽车 ECU 中最常见的串行接口是 ISO-11898 控制器区域网络 (CAN) 总线协议。通常情况下，ECU 设计人员会确定在“应用 (APPLICATION)”或“测试 (TEST)”模式之间切换 ECU 的算法。可以使用在“测试 (TEST)”模式下操作的专用通信链路来建立 ECU 串行通讯测试。

大多数 ECU 测试需要数字万用表 (DMM) 用于 I/O 检查。数字万用表应当能够执行基本操作，如测量每个 I/O 的电阻和电压。

## Keysight TS-8989 解决方案

TS-8989 系统测试执行软件 TestExec SL (TxSL) 内置了执行 (actions) 和相应的库文件，支持 PCI 或 PXI 配套方案中的 ISO-11898。内置执行 (action) 基本上是容易使用的命令，有助于推进 EPB 与测试系统之间的通信。TxSL 包括用于通信设备的软件库，能与 TS-8989 无缝衔接，对兼容性和性能没有影响。每个 Keysight TS-5000 系列的硬件配备执行 (actions) 和库文件，简化了使用 TxSL 进行硬件控制的操作。

TS-8989 具有 PXI 6½- 位 DMM M9182A 选件 (4.5k 读数 / 秒) 或 M9183A 选件 (15K 读数 / 秒) 用于电阻或电压测量。用户可以使用 DMM M918xA 执行库调取简单的高级 TxSL 执行 (actions) 进行相应的电阻或电压测量，如下例所示：

电阻测量	
dmmMeas2WResEx	测量 2- 线电阻
dmmMeas4WResEx	测量 4- 线电阻
电压测量	
dmmMeasureDCV	测量直流电压

DMM 通道经 E8792A 或 E8782A 引脚矩阵卡与 EPB 被测件 (DUT) 相连。每个引脚矩阵卡上有四条模拟总线和 64 行，用于访问 EPB 的每一个节点，参见图 2。TxSL 中的软件开关管理器通过开关路径编辑器工具简化了矩阵开关编程。该工具能跟踪从现有中继节点开始的每个后续中继状态，而无需引用全面和复杂的路由架构，从而有助于避免语法错误和加快编程时间。图 3 所示为如何通过 TxSL 开关路径编辑器轻松接入开关连接的示例。

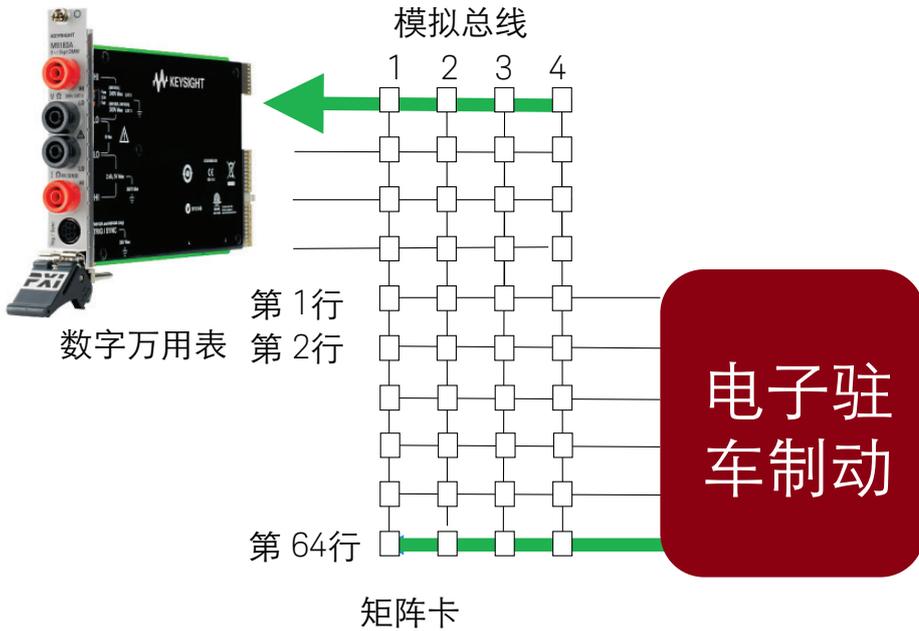


图 2. 用于 DMM 的引脚矩阵卡连接

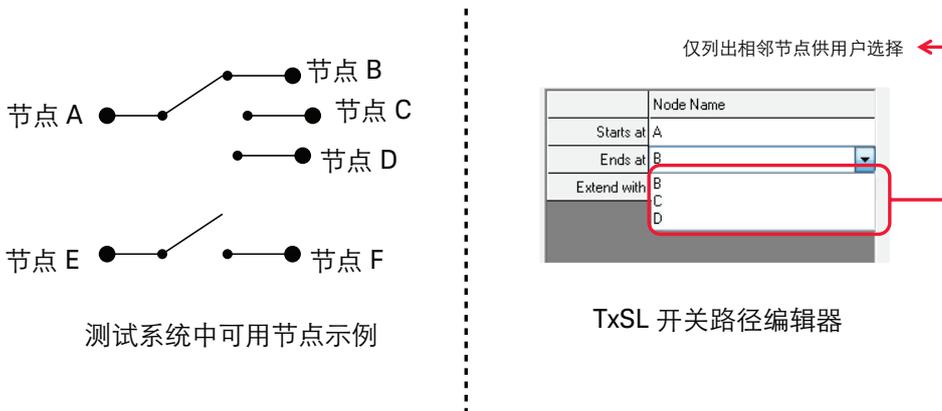


图 3. 使用 TxSL 开关路径编辑器的示例

## 模拟信号

### 力传感器

霍尔效应力传感器用于测量 EPB 系统内的夹紧力。该传感器主要用于计算车辆停止时保持其静止状态所需的力度。动力执行机构（actuator）采用闭环控制，EPB 通过传感器的反馈为制动块提供足够的电动马达扭矩。

### 测试

根据力传感器的类型，典型电压电平在 0 到 5 伏之间。因此，需要在力传感器信号引脚上模拟静态电压输入。在进行功能测试或产品表征时，通过读取“测试（TEST）”模式的 EPB 状态来验证施加的默认电压输入或者电压输入扫描。

### Keysight TS-8989 解决方案

该系统可以配置一个 M9188A PXI 动态数模转换器（DAC）进行测试。为了仿真力传感器的效应，可以对 M9188A 进行编程，使其根据所需的输入为 EPB 生成不同的电压电平。以下是供 M9188A 生成直流电压的 TestExec SL 执行（actions）的采样序列：

dac_ConfigClockSource	规定模块系统时钟的源（选择内部时钟）
dac_ConfigTrigger	配置模块的“触发”和“事件”设置（选择软件触发）
dac_ConfigDCOutputSingleChannel	为单通道配置模块至直流的输出（设定通道 1 电压）
dac_ConfigOutputRelaySingleChannel	为各通道配置模块输出中继（启用通道 1 输出）
dac_InitTrigger	启动模块的触发
dac_SendSoftwareTrigger	向模块发送软件触发

## 频率信号

### 轮速传感器

轮速传感器用于 EPB 系统的自动保持功能，对车辆的车轮旋转速度加以量化。该传感器产生的频率与速度成正比；因此传感器的频率检测会显示某个车轮是否在转动，是否需要转动等。

### 测试

轮速传感器产生的波形是一个通常为 7 mA I<sub>Low</sub> 到 14 mA I<sub>High</sub> 的电流脉冲波形，频率范围为 10 赫兹到几千赫兹。需要频率发生器来模拟传感器发送到 EPB 接收机的信号。与模拟输入信号测试一样，可以施加默认频率输入或频率输入扫描来检查 EPB 的功能。图 4 所示为轮速传感器产生的典型的 1 kHz 波形示例。

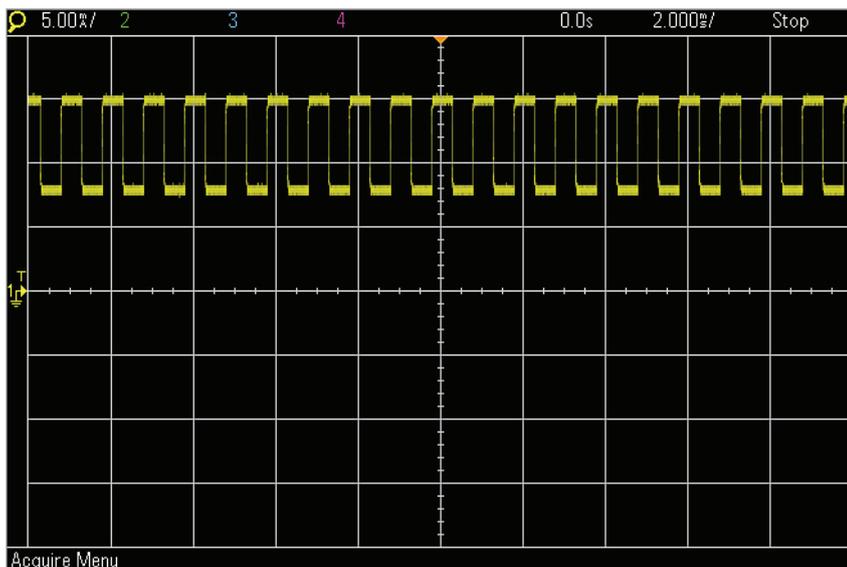


图 4. 轮速传感器产生的 1 kHz 电流脉冲波形

### Keysight TS-8989 解决方案

M9188A 动态 DAC 能生成更新率为 500 kSa/s 的电压和电流源。波形可以根据所需的输入，采用 M9188A 编程为对称或不对称。在轮速传感器信号模拟中，对 M9188A 编程以生成不对称的电流脉冲信号发送给 EPB。此解决方案显著降低了 EPB 的测试成本。按照惯例，需要配置至少一个电压源单元和另一个频率发生器单元用于模拟和频率输入信号测试。用于 M9188A 生成波形的 TxSL 执行库的采样如下：

dac_ConfigStdWaveformSingleChannel	为单通道配置标准波形（配置通道 1 上的电流模式方波信号）
dac_ConfigOutputRelaySingleChannel	为各通道配置模块输出中继（启用通道 1 输出）
dac_InitTrigger	启动模块的触发
dac_SendSoftwareTrigger	向模块发送软件触发

## 负载开关

### 电动马达

采用 EPB 启用 / 停用制动要求动力执行机构 (actuator) 与电动马达一同工作。通电后，电动马达旋转并驱动齿轮，提供施加到两个后轮制动上的力，从而使车辆保持不动。如需解除制动，马达则会反向旋转，所施加的力消除。

### 测试

EPB 会生成一个高功率源来驱动电动马达，以确保为马达提供足够的扭矩，并在触发启用制动时将此扭矩施加到制动块上。因此，通常在高电流电平下对这些马达进行测试。开关解决方案必须不仅能提供连接和断开负载的灵活性以建立闭环电路，而且还能承受 10 A 至 20 A 范围内的高电流处理和测量。

### Keysight TS-8989 解决方案

在高混合测试环境中，制造商通常更喜欢采用在系统中内置开关的设计，因为这种设计提升了系统开关的重复使用性和扩展性。TS-8989 系统针对各种应用需求提供多种多样的负载开关卡。

在此测试中，基于高电流能力选用了 8- 通道大功率 E6178B 负载卡。尽管过电流电平高达 30 A，E6178B 负载卡选件所具有的电流电平能有效地测试电机驱动器。

E6178B 的每个通道上都有电流传感器，诱导大电流以 1000: 1 的衰减比从一次到二次。二次电流传感器与一个高精度的 75 欧姆电阻串联，用于电流监测。电阻两端的压降采用 M9182A 或 M9183A PXI DMM 测量，测量结果通过公式  $I_{ch} = V_{drop} / 0.075$  转换成电流。图 5 所示为 E6178B 通道的结构，对其电路保护和电流检测功能进行了描述。

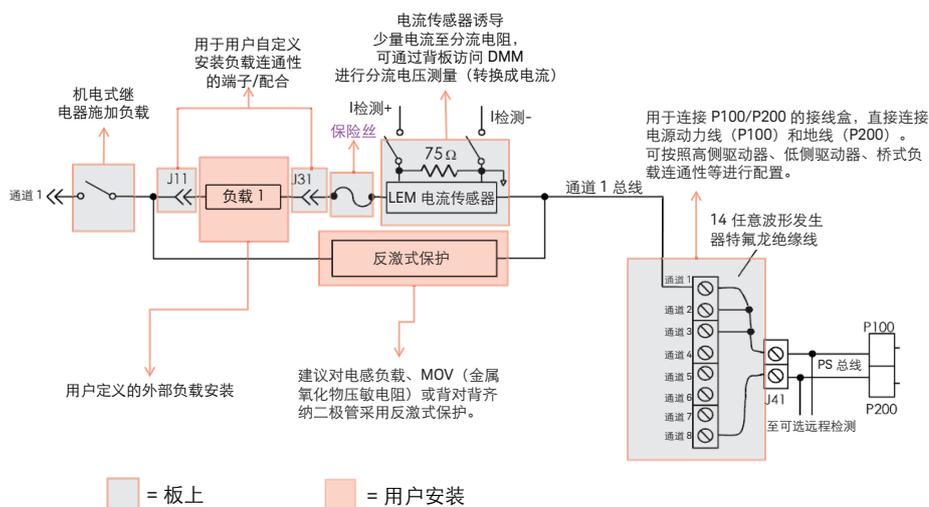


图 5. E6178B 负载开关通道 1

## 完整配置

除了用于本文所述具体测试的仪器之外，也会需要或可能需要其他仪器来完善 EPB 功能测试系统。例如，需要可编程电源来为被测件供电。可能需要其他引脚卡用于节点数更高的 EPB 设计。需要其他低电流负载卡用于控制开关或其他负载开关需求。最后，可能需要额外的数字输入 / 输出 (DIO) 用于被测件夹具控制和自动化。

总而言之，可以采用下列设备来进行一个典型的 EPB 功能测试系统：

- 带测试序列编程器的 PC 控制器
- 数字万用表
- 动态数模转换器
- 数字输入 / 输出
- 引脚矩阵卡
- 负载开关卡
- CAN 通信卡
- 可编程电源

上述仪器可与 Keysight TS-8989 解决方案配置在一起。所有仪器和卡均装配在 TS-8989 集成测试系统上，如图 6 所示，并在顶部或底部叠放可编程电源。TS-8989 集成测试系统以 PXI 为基础，可供工程师灵活地混合和搭配各种 PXI 仪器、电源、开关矩阵和负载卡选件，以满足所有可能的被测件测试要求。此外，该系统尺寸紧凑，在有效提升集成灵活性的同时，降低了机架空间需求，从而打造出更精益的制造环境。

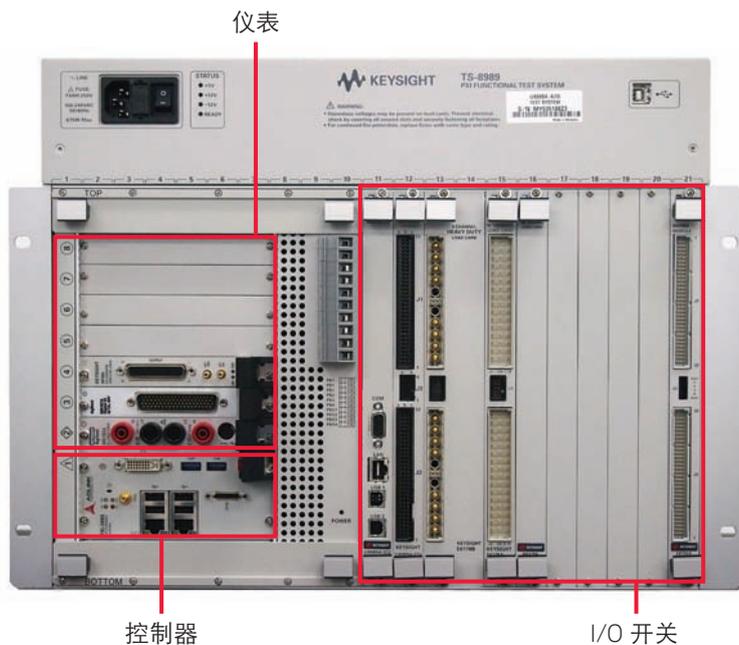


图 6. TS-8989 解决方案

1. 仪器清单仅用作通用测试解决方案参考，不可用作订货指南。请与是德科技公司联系，选择满足您的需求的最佳配置。

**myKeysight**

myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)

个性化视图为您提供最适合自己的信息！

是德科技渠道合作伙伴

[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)

黄金搭档：是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷 供货渠道完美结合。

[www.keysight.com/find/ts8989](http://www.keysight.com/find/ts8989)

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，请访问：[www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

**是德科技客户服务热线**

热线电话: 800-810-0189、400-810-0189

热线传真: 800-820-2816、400-820-3863

电子邮件: [tm\\_asia@keysight.com](mailto:tm_asia@keysight.com)

**是德科技(中国)有限公司**

北京市朝阳区望京北路3号是德科技大厦

电话: 86 010 64396888

传真: 86 010 64390156

邮编: 100102

**是德科技(成都)有限公司**

成都市高新区南部园区天府四街116号

电话: 86 28 83108888

传真: 86 28 85330931

邮编: 610041

**是德科技香港有限公司**

香港北角电器道169号康宏汇25楼

电话: 852 31977777

传真: 852 25069233

**上海分公司**

上海市虹口区四川北路1350号

利通广场19楼

电话: 86 21 26102888

传真: 86 21 26102688

邮编: 200080

**深圳分公司**

深圳市福田区福华一路6号

免税商务大厦裙楼东3层3B-8单元

电话: 86 755 83079588

传真: 86 755 82763181

邮编: 518048

**广州分公司**

广州市天河区黄埔大道西76号

富力盈隆广场1307室

电话: 86 20 38390680

传真: 86 20 38390712

邮编: 510623

**西安办事处**

西安市碑林区南关正街88号

长安国际大厦D座501

电话: 86 29 88861357

传真: 86 29 88861355

邮编: 710068

**南京办事处**

南京市鼓楼区汉中路2号

金陵饭店亚太商务楼8层

电话: 86 25 66102588

传真: 86 25 66102641

邮编: 210005

**苏州办事处**

苏州市工业园区苏华路一号

世纪金融大厦1611室

电话: 86 512 62532023

传真: 86 512 62887307

邮编: 215021

**武汉办事处**

武汉市武昌区中南路99号

武汉保利广场18楼A座

电话: 86 27 87119188

传真: 86 27 87119177

邮编: 430071

**上海MSD办事处**

上海市虹口区欧阳路196号

26号楼一楼J+H单元

电话: 86 21 26102888

传真: 86 21 26102688

邮编: 200083



本文中的产品指标和说明可不经通知而更改

© Keysight Technologies, 2015

Published in USA, May 11, 2015

出版号: 5992-0755CHCN

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)