

Circuits from the Lab™ Reference Circuits

Circuits from the Lab™ reference circuits are engineered and tested for quick and easy system integration to help solve today's analog, mixed-signal, and RF design challenges. For more information and/or support, visit www.analog.com/CN0218.

连接/参考器件

AD8212	高共模电压、分流监控器
AD8605	精密、低噪声、CMOS、轨到轨输入/输出运算放大器
ADuM5402	集成DC/DC转换器的四通道隔离器
ADR381	2.5 V、低噪声、高精度带隙基准电压源
AD7171	16位、低功耗Σ-Δ型ADC

500 V共模电压电流监控器

评估和设计支持

电路评估板

[CN-0218电路评估板\(EVAL-CN0218-SDPZ\)](#)

[系统演示平台\(EVAL-SDP-CB1Z\)](#)

设计和集成文件

[原理图、布局文件、物料清单](#)

电路功能与优势

图1所示电路监控系统中的电流，可在高达+500 V的正高共模直流电压下工作，且误差小于0.2%。负载电流通过一个电路外部的分流电阻。分流电阻值应适当选择，使得在最大负载电流时分流电压约为500 mV。

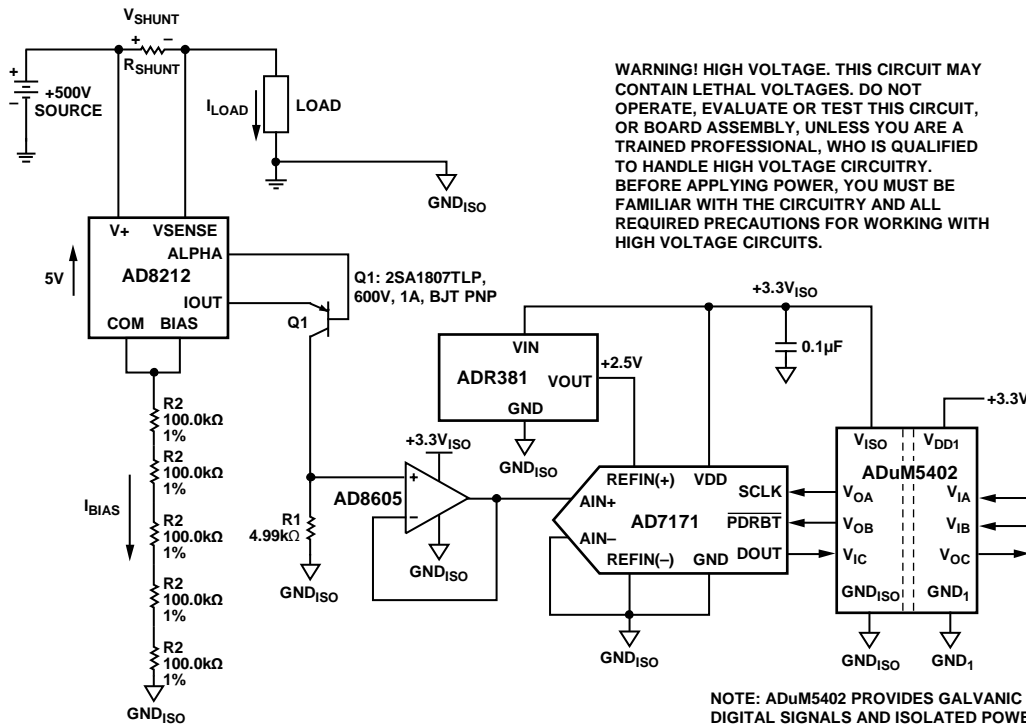


图1: 高共模电压电流监控器(未显示所有连接和去耦)

Rev. B

Circuits from the Lab™ circuits from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any Circuits from the Lab circuits. (Continued on last page)

与外部PNP晶体管配合使用时，AD8212能在具有大于500 V的正高共模电压情况下，精确放大小差分输入电压。

电隔离由四通道隔离器ADuM5402提供。这不仅是为了提供保护，而且还可将下游电路与高共模电压隔离开来。除了隔离输出数据以外，数字隔离器ADuM5402还为电路提供+3.3 V隔离电源。

AD7171的测量结果通过一个简单的双线SPI兼容型串行接口，以数字码形式提供。

这一器件组合实现了一款精确的正高压供电轨电流检测解决方案，具有器件数量少、低成本、低功耗的特点。

电路描述

该电路针对最大负载电流 I_{MAX} 下500 mV的满量程分流电压而设计。因此，分流电阻值为 $R_{SHUNT} = (500 \text{ mV}) / (I_{MAX})$ 。

AD8212工艺具有65 V的击穿电压限制。因此，共模电压必须保持在65 V以下。通过采用外部PNP BJT晶体管，共模电压范围可以扩展到500 V以上，具体取决于晶体管的击穿电压。

在此工作模式下，AD8212电路的电源电流(I_{BIAS})完全基于电源电压范围和所选的 R_{BIAS} 电阻值。例如，对于 $V+ = 500 \text{ V}$ 和 $R_{BIAS} = 500 \text{ k}\Omega$ ，

$$I_{BIAS} = (500 \text{ V} - 5 \text{ V}) / R_{BIAS} = 990 \mu\text{A}$$

在此高压模式下，IBIAS应当介于200 μA 和1 mA之间。这样可以确保偏置电路处于激活状态，从而让器件可以正常工作。

注意，500 k Ω 偏置电阻($5 \times R2$)由五个单独的100 k Ω 电阻构成。这是为了提供保护，以防电阻电压击穿。通过消除电阻串正下方的接地层，可以增加额外的击穿保护。

流经外部分流电阻的负载电流在AD8212的输入端产生电压。内部放大器A1通过促使晶体管Q1藉由电阻R1传导必要电流做出响应，以均衡放大器A1反相和同相输入端处的电位。

流过晶体管Q1发射极的电流(I_{OUT})与输入电压(V_{SENSE})成比例，因此也就与流过分流电阻(R_{SHUNT})的负载电流(I_{LOAD})成比例。输出电流(I_{OUT})通过外部电阻转换成电压，而外部电阻值取决于应用中所需的输入至输出增益。

AD8212的传递函数为：

$$\begin{aligned} I_{OUT} &= gm \times V_{SENSE} \\ V_{SENSE} &= I_{LOAD} \times R_{SHUNT} \\ V_{OUT} &= I_{OUT} \times R_{OUT} \\ V_{OUT} &= (V_{SENSE} \times R_{OUT}) / 1000 \\ gm &= 1000 \mu\text{A/V} \end{aligned}$$

输入检测电压具有固定范围，即0 V至500 mV。输出电压范围可以根据 R_{OUT} 值进行调整。当 V_{SENSE} 发生1 mV变化时，即可在 I_{OUT} 上产生1 mA变化，而当后者流过5 k Ω 电阻时，又会在 V_{OUT} 处产生1 mV变化。

在图1所示电路中，负载电阻为24.9 k Ω ，因此增益为5。500 mV的满量程输入电压会产生2.5 V输出，这对应于AD7171 ADC的满量程输入范围。

AD8212输出设计用于驱动高阻抗节点。因此，如果与转换器接口，则建议对 R_{OUT} 两端的输出电压进行缓冲，以保证AD8212的增益不受影响。

注意，ADR381和AD7171的电源电压由四通道隔离器ADuM5402的隔离电源输出(+3.3 V_{ISO})提供。

AD7171的基准电压由精密带隙基准电压源ADR381提供。ADR381的初始精度为 $\pm 0.24\%$ ，典型温度系数为5 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 。

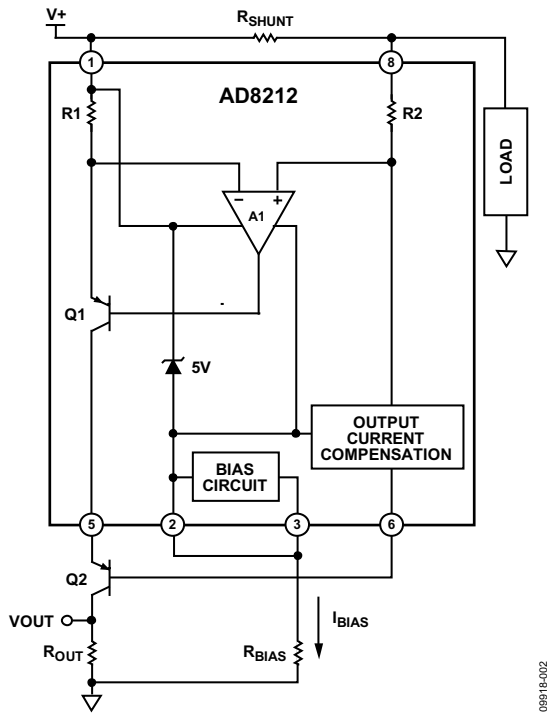


图2：AD8212采用外部PNP晶体管的高压工作模式

AD8212没有专用电源。相反，该器件实际上利用一个内部5 V串联调节器使自身“浮动”脱离500 V共模电压，从而创建一个5 V电源，如图2所示。此调节器确保所有端子中的最大负端COM(引脚2)始终要比电源电压(V+)低5 V。

虽然AD7171 VDD和REFIN(+)都可以采用3.3 V电源，但使用独立的基准电压源可提供更高的精度。可选择2.5 V基准电压源来提供充足的裕量。

AD7171 ADC的输入电压在ADC的输出端转换为偏移二进制码。ADuM5402为DOUT数据输出、SCLK输入和PDRST输入提供隔离。虽然隔离器是可选器件，但建议使用该器件来保护下游数字电路，使其不受高共模电压影响，以免发生故障。

代码在PC中利用SDP硬件板和LabVIEW评估软件进行处理，如图3所示。

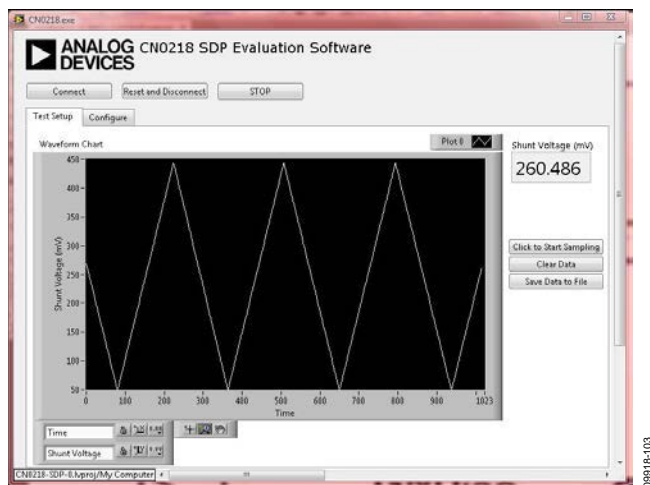


图3: 评估软件监控测试电路分流电压

图4中的曲线图显示，受测试的电路如何在整个输入电压范围(0 mV至500 mV)实现了不足0.2%的误差。另外还比较了LabVIEW记录的ADC输出代码与基于理想系统而计算的理想代码。

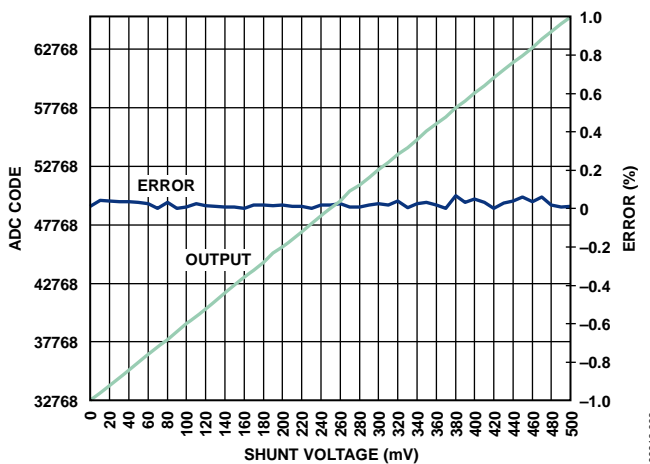


图4. 输出和误差与分流电压的关系

PCB布局考虑

在任何注重精度的电路中，必须仔细考虑电路板上的电源和接地回路布局。PCB应尽可能隔离数字部分和模拟部分。本PCB采用4层板堆叠而成，具有较大面积的接地层和电源层多边形。有关去耦技术的信息，请参阅指南MT-101。

AD7171和ADuM5402的电源应当用10 μ F和0.1 μ F电容去耦，以适当地抑制噪声并减小纹波。这些电容应尽可能靠近相应器件，0.1 μ F电容应具有低ESR值。对于所有高频去耦，建议使用陶瓷电容。

应仔细考虑ADuM5402原边和副边之间的隔离间隙。EVAL-CN0218-SDPZ电路板通过拉回顶层上的多边形或器件，并将其与ADuM5402上的引脚对齐来使该距离最大。

电源走线应尽可能宽，以提供低阻抗路径，并减小电源线路上的毛刺效应。时钟和其它快速开关的数字信号应通过数字地将其与电路板上的其它器件屏蔽开。

有关本电路笔记的完整设计支持包，包括电路板布局布线，请参阅<http://www.analog.com/CN0218-DesignSupport>

常见变化

关于正电源的高端检测，目前有多种解决方案可用，包括使用电流检测放大器、差动放大器或二者组合的IC解决方案。

“高端电流检测：差动放大器VS.电流检测放大器”一文(模拟对话，2008年1月)介绍了电流检测放大器和差动放大器的使用。阅读请访问：www.analog.com/HighSide_CurrentSensing

下列ADI公司产品的URL链接有助于解决电流检测问题：

电流检测放大器：www.analog.com/zh/CurrentSenseAmps

差动放大器：www.analog.com/DifferenceAmps

仪表放大器：www.analog.com/InstrumentationAmps

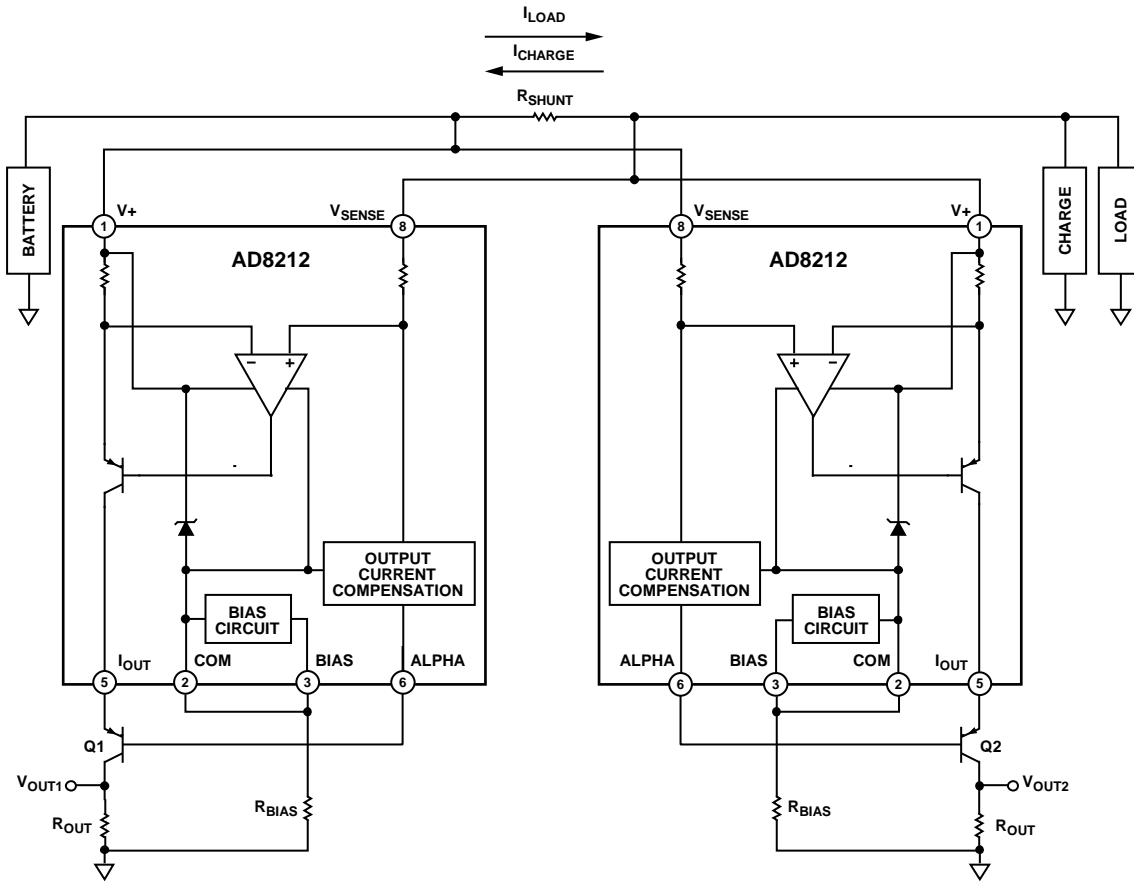


图5: 正共模电压大于+65 V时的双向电流检测

图5显示了一种可选电路，需要针对大于+65 V的正共模电压进行双向电流检测时可以使用该电路。通过在该配置中实施另一个AD8212，可以分别测量电荷和负载电流。注意， V_{OUT1} 会随着 I_{LOAD} 流过分流电阻而不断升高。 V_{OUT2} 会随着 I_{CHARGE} 流过分流电阻而不断升高。

电路评估与测试

警告！高电压。此电路可能包含致命电压。除非是接受过相关培训、懂得高压电路操作的专业人员，否则请勿操作、评估或测试此电路，或者进行电路板装配。加电之前，必须先熟悉该电路以及高压电路操作的所有必要注意事项。

本电路使用EVAL-CN0218-SDPZ电路板和EVAL-SDP-CB1Z系统演示平台(SDP)评估板。这两片板具有120引脚的对接连接器，可以快速完成设置并评估电路性能。EVAL-CN0218-SDPZ板包含要评估的电路，如本笔记所述。SDP

评估板与CN0218评估软件一起使用，可从EVAL-CN0218-SDPZ电路板获取数据，如下所示。

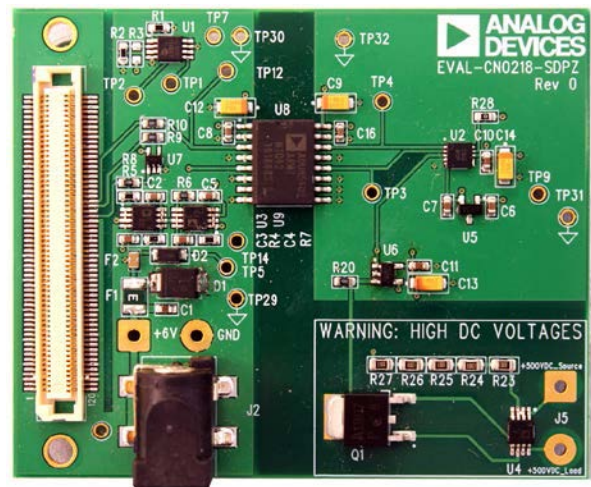


图6. EVAL-CN0218-SDPZPCB

设备要求

- 带USB端口的Windows® XP、Windows Vista®(32位)或Windows® 7(32位)PC
- EVAL-CN0218-SDPZ电路评估板
- EVAL-SDP-CB1Z SDP评估板
- CN0218评估软件
- 电源：+6 V或+6 V“壁式电源适配器”
- 最大负载电流下最大电压为500 mV的分流电阻
- 电子负载

开始使用

将CN0218评估软件光盘放进PC的光盘驱动器，加载评估软件。打开“我的电脑”，找到包含评估软件光盘的驱动器，打开Readme文件。按照Readme文件中的说明安装和使用评估软件。

功能框图

电路的功能框图参见本电路笔记的图1，电路原理图参见EVAL-CN0218-SDPZ-SCH.pdf文件。此文件位于[CN0218设计支持包](#)中。

设置

EVAL-CN0218-SDPZ电路板上的120引脚连接器连接到EVAL-SDP-CB1Z (SDP)评估板上标有“CON A”的连接器。应使用尼龙五金配件，通过120引脚连接器两端的孔牢牢固定这两片板。

将一个分流电阻(R_{SHUNT})跨接在输入引脚上，一个负载接地，如图1所示。在断电情况下，将一个+6 V电源连接到板上标有“+6 V”和“GND”的引脚。如果有+6 V“壁式电源适配器”，可以将它连接到板上的管式连接器，代替+6 V电源。SDP板附带的USB电缆连接到PC上的USB端口。注：此时请勿将该USB电缆连接到SDP板上的微型USB连接器。

必须连接系统地和PCB隔离地，以保证正确电平和正常工作。通过测试点31和测试点32可以访问正确形成此连接所需的GND_ISO。

测试

为连接到EVAL-CN0218-SDPZ电路板的+6 V电源(或壁式电源适配器)通电。启动评估软件，并通过USB电缆将PC连接到SDP板上的微型USB连接器。

一旦USB通信建立，就可以使用SDP板来发送、接收、捕

捉来自EVAL-CN0218-SDPZ板的串行数据。随着电子负载的逐级调整，可以记录不同负载电流值下的数据。

有关如何使用评估软件来捕捉数据的详细信息，请参阅CN0218评估软件Readme文件。

有关SDP板的信息，请参阅[SDP用户指南](#)。

了解详情

CN0218 Design Support Package:

www.analog.com/CN0218-DesignSupport

Sino, Henri. “High-Side Current Sensing: Difference Amplifier vs. Current-Sense Amplifier,” *Analog Dialogue* 42-01, January (2008).

Cantrell, Mark. Application Note AN-0971, *Recommendations for Control of Radiated Emissions with isoPower Devices*. Analog Devices.

Chen, Baoxing, John Wynne, and Ronn Kliger. *High Speed Digital Isolators Using Microscale On-Chip Transformers*, Analog Devices, 2003.

Chen, Baoxing. *iCoupler® Products with isoPower™ Technology: Signal and Power Transfer Across Isolation Barrier Using Microtransformers*, Analog Devices, 2006

Chen, Baoxing. “Microtransformer Isolation Benefits Digital Control.” *Power Electronics Technology*. October 2008.

Ghiorse, Rich. Application Note AN-825, *Power Supply Considerations in iCoupler® Isolation Products*, Analog Devices.

Krakauer, David. “Digital Isolation Offers Compact, Low-Cost Solutions to Challenging Design Problems.” *Analog Dialogue*. Volume 40, December 2006.

MT-022 Tutorial, *ADC Architectures III: Sigma-Delta ADC Basics*, Analog Devices.

MT-023 Tutorial, *ADC Architectures IV: Sigma-Delta ADC Advanced Concepts and Applications*, Analog Devices.

MT-031 Tutorial, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of “AGND” and “DGND,”* Analog Devices.

MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques*, Analog Devices.

Wayne, Scott. “iCoupler® Digital Isolators Protect RS-232, RS-485, and CAN Buses in Industrial, Instrumentation, and Computer Applications.” *Analog Dialogue*. Volume 39, October 2005.

数据手册和评估板

[CN-0218 Circuit Evaluation Board \(EVAL-CN0218-SDPZ\)](#)

[System Demonstration Platform \(EVAL-SDP-CB1Z\)](#)

[AD8212 Data Sheet](#)

[AD8212 Evaluation Board](#)

[AD8605 Data Sheet](#)

[AD8605 Evaluation Board](#)

[AD7171 Data Sheet](#)

[AD7171 Evaluation Board](#)

[ADR381Data Sheet](#)

[ADuM5402 Data Sheet](#)

[ADuM5402 Evaluation Board](#)

修订历史

2013年5月—修订版A至修订版B

更改图1 1

增加图3；重新排序 3

增加图6 3

2011年11月—修订版0至修订版A

更改图1 1

更改电路评估和测试 5

2011年7月—修订版0：初始版

(Continued from first page) Circuits from the Lab circuits are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the Circuits from the Lab circuits in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the Circuits from the Lab circuits. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab circuits are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any Circuits from the Lab circuits at any time without notice but is under no obligation to do so.