

高性能便携式 DC 工作台电源

凌力尔特公司 Keith Szolusha

任何电子实验室工具箱中都需要有工作台电源以及电烙铁和手持式万用表这些东西。有些项目仅需要一个恒定电压源，但是更常见的情况是，正确测试及调试一个项目时需要各种电压和电流。能够用一个高性能可调工作台电源随心所欲引入所需电压和电流可节省大量调试时间。可惜典型通用可调工作台电源笨重、昂贵，至少性能较高的版本是这样，而且受到一些限制。由于必要的散热结构，所以这些电源都不是真正是便携式的(手持式的)。此外，即使价格很高的电源也不支持零电流或电压，且在瞬态及短路性能上比不上本文所示电源。

通过自己建立高质量工作台电源可节省费用及所需占用的工作台面积。自建电源的关键组件是LT3081线性稳压器，周围再加上少数几个易于获得的组件(见图1)。LT3081具备独特的电流源基准和电压跟随器输出放大器，因此两个线性稳压器可以并联，以实现高达3A和超过24V的可调电流及电压输出控制。电源输出端的线性稳压器无须大型输出电容器就可抑制输出纹波，从而真正实现了平坦的DC输出和小尺寸电源。

在图2所示的电源中，并联LT3081

之前是高性能、同步降压型转换器，在本文所示情况下为40V、6A LT8612。这个电路无须散热器或风扇，与采用功

率晶体管的线性工作台电源形成了鲜明对照，后者需要散热器和强制空气流动(风扇)以充分散热。

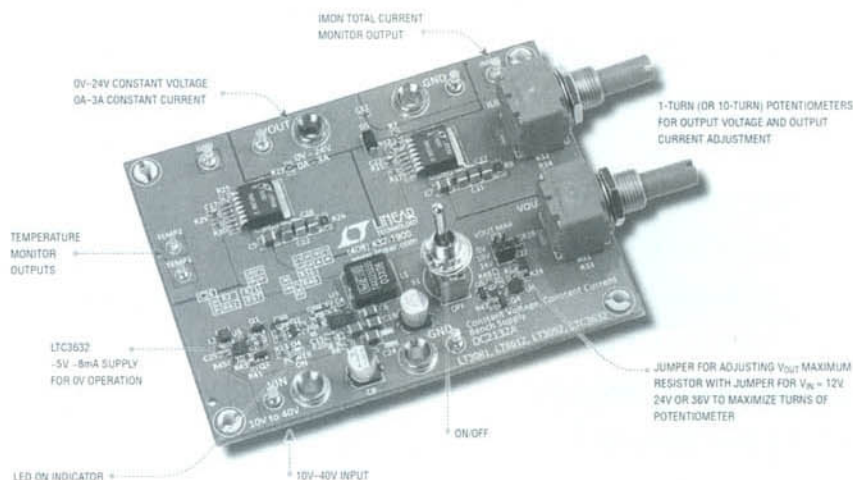


图1 DC2132A是一个高性能、紧凑、高效率的DC工作台电源

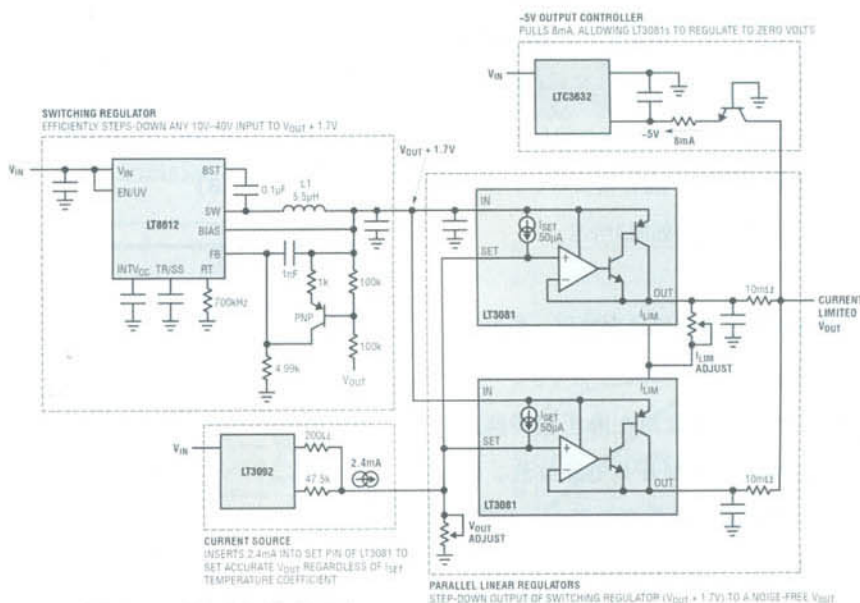


图2 混合模式DC工作台电源的方框图

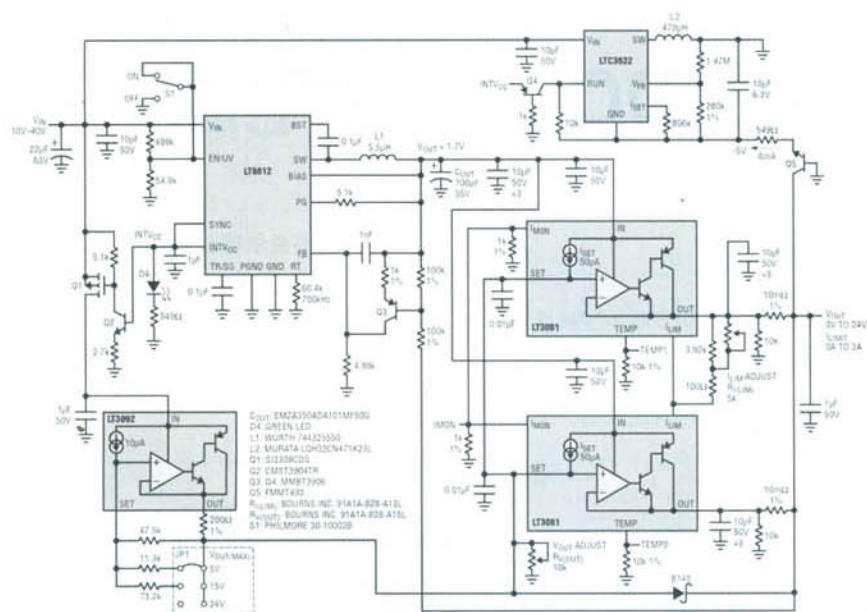


图3 完整的0~24V、0~3A DC工作台电源

LT8612以大或小电流以及高效率将10~40V电压降压为动态自适应输出电压，该输出电压仍然略高于该工作台电源的输出电压(LT3081线性稳压器的输出)。LT8612的输出是低纹波的，而且在整个工作台电源电压范围内以高效率转换。通过保持LT3081器件的输入略高于压差电压，最大限度地降低了这些器件的功耗。这个工作台电源具备一种不常见的功能，即能够将限压和限流值调节至零。这个混合模式DC工作台电源的完整原理图如图3所示。

并联线性稳压器提供稳定输出，控制电压和电流

线性稳压器常用在降压型转换器的输出端，以抑制开关电源纹波，同时最大限度减小对效率的影响。如图2和图3所示的并联LT3081线性稳压器消除了LT8612的输出纹波，并准确地控

制电源的恒定电压和恒定电流输出。LT3081具备独特的能力(就线性稳压器而言)，即能够简便地并联，以提供更

大的输出电流。

图2和图3显示，两个并联LT3081是怎样将单个LT3081所支持的电流(1.5A)提高一倍至3A。在两个器件之间准确均流同时不损失输出电压准确度，其所需的组件就是几条并联连接线和两个小型10mΩ镇流电阻器。高质量10kΩ和5kΩ电位器可以方便地获得，当连接至SET引脚和ILIM引脚时，提供0~24V和0V、3A控制。当然，为了让工作台电源更上档次，也可以使用具备更多匝数和更高准确度的电位器。

该工作台电源的最小限流值为0A。只要ILIM电阻器值降至低于200Ω，LT3081就保证0A输出电流。一个小100Ω电阻器与ILIMIT电位器串联，以最大限度扩大调节范围，同时当

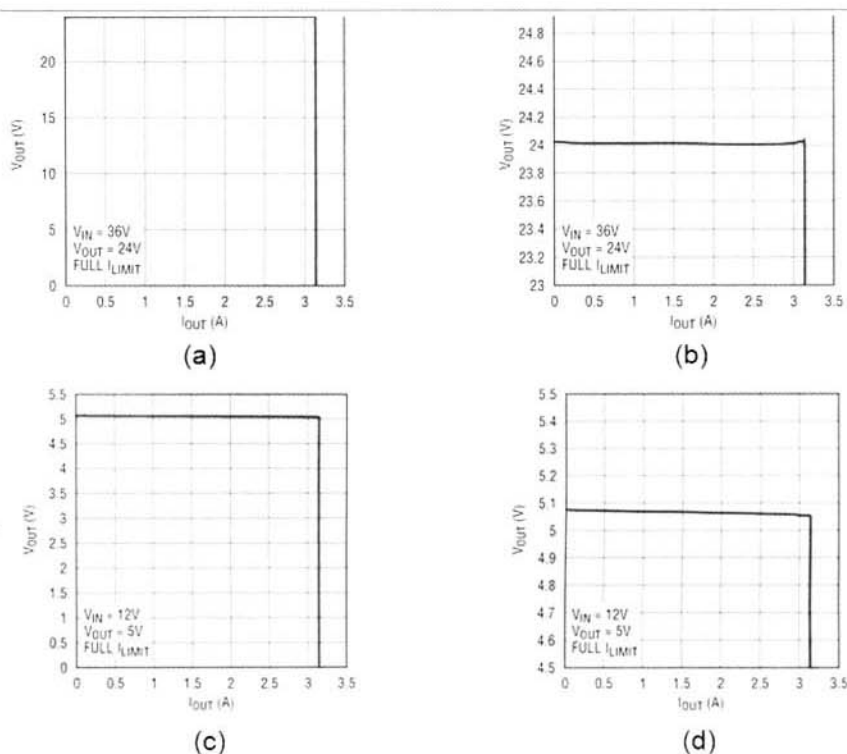


图4 DC工作台电源V-I曲线

两个稳压器并联使用时，仍然能保证零电流。

该工作台电源的最低输出电压为0V。只要从输出吸取4mA电流，LT3081就保证0V输出。保持0V输出的最佳方式是采用一个负电源，从两个LT3081吸取8mA电流。-5V稳压器LTC3632很容易产生这个负的负载，消耗很少的功率，且仅占用很小的电路板空间。

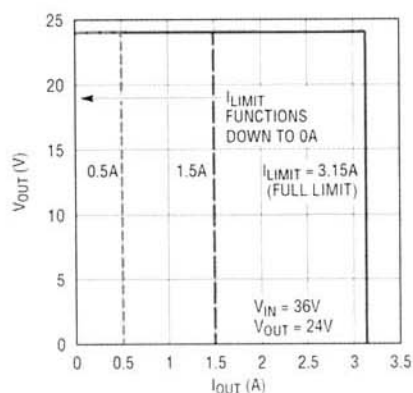


图5 由于限流值可调，因此图4的陡然下降点可移至3.1A直至0.0A的任意值上

平坦的负载调节和锐利的V-I曲线

一旦调整到准确的目标电压，人们就不想看到工作台电源电压在加上负载后出现漂移。理想情况下，在直至限流值的整个负载电流范围内，都应该保持平坦的调节曲线（见图4和图5）。

本文所示电源满足了上述要求。LT3081的输出从0~1.5A几乎是完全平坦的。该IC最大限度地减少了所产生的热量，就任意输出电压而言，这有助于保持该工作台电源电压的负载调节范围低于50mV，如图4所示，甚至在10mΩ镇流电阻器导致15mV压降时。

驱动1.5A负载时线性稳压器两端产生的1.7V压降仅使DIP封装的温度上升30℃，如图6所示。

限流旋钮设定应该与电压旋钮设定一样具有决定性意义。如果限流值设定为3.0A，那么工作台电源应该准确地在此3.0A进入限流状态，绝不会提供更大的电流。高性能工作台电源所显示的电压随电流变化的调节曲线，在达到限流值、陡降至0V之前，一定是一直保

持平坦的。图5显示，该工作台电源无论限流值设定在哪里，都达到了预想性能。

同步降压型转换器保持很高的整体效率

在输入电压比所希望的输出电压至少高5V时，便携式DC工作台电源在10~40V输入电压范围内，可以在0~24V之间的任意输出电压上产生0~3A电流。输入可以来自前端AC/DC转换

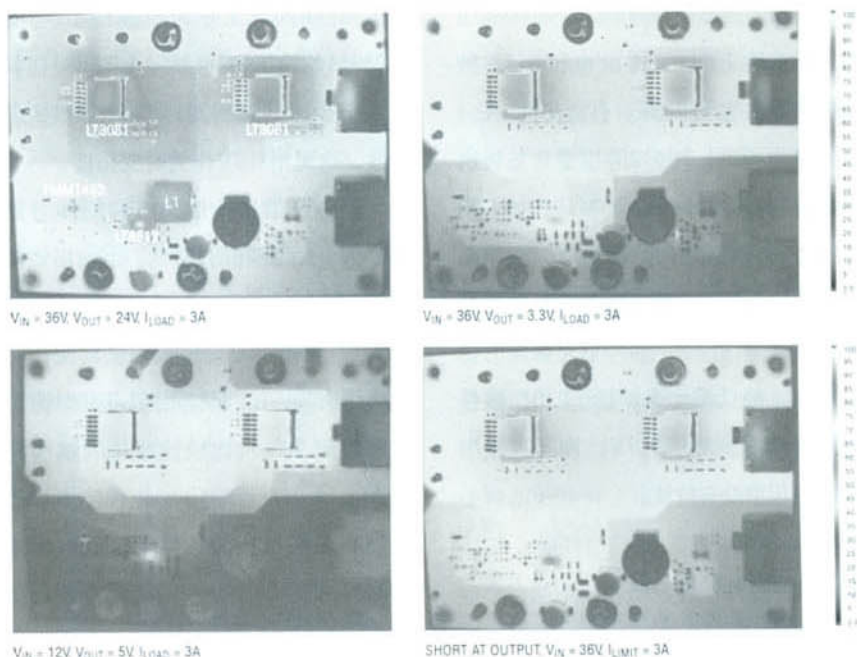


图6 在大功率和短路以及未使用散热器或风扇的情况下，对工作台电源的热扫描图

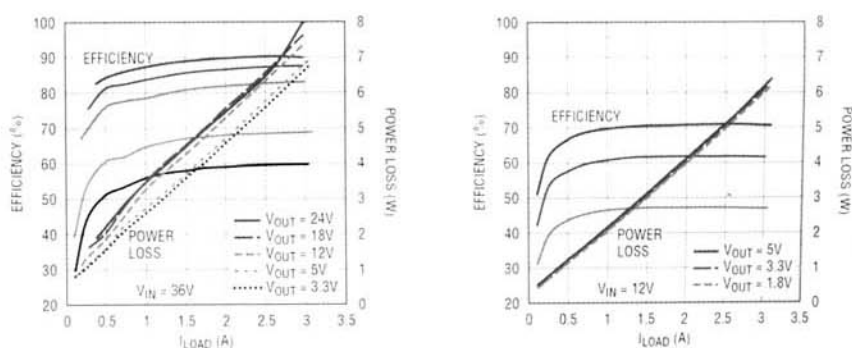


图7 DC工作台电源在各种输入及输出条件下的效率和功耗

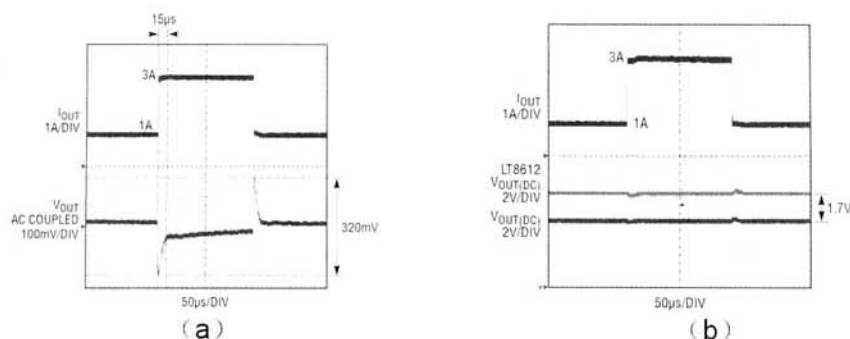


图8 5V、1~3A输出瞬态响应显示(a)低输出纹波和(b)LT8612输出跟踪LT3081 VOUT通过一次瞬变

器，这时很容易获得 19V、28V和36V电压。输入也可来自简单的24V AC变压器、桥式整流器以及10mF电容器，这种电容器提供约34V电压，有1~2V纹波。

该电源的LT8612降压型开关转换器部分将AC/DC前端电压(10~40V)降至以下范围内的任意电压：0V至刚刚低于其输入电压。基于LT8612 转换器的低纹波输出被进一步降低至最终的稳定电压，降低幅度为并联LT3081线性稳压器两端的降压1.7V，而且在输出电压上几乎没有纹波。

高效率使器件不会发热

LT8612同步降压型稳压器很容易支持3A电流，且能够以高效率将高达40V的输入降为低至1.7V的输出，甚至以相对高的700kHz开关频率，因为最短接通时间为很短的40ns。效率如图7所示。高开关频率的高效率允许仅用为数不多的小型组件，就可实现在大功率时保持不发热的转换器。

差分反馈

如图2和图3所示，LT8612采用差

分反馈电路调节其输出(一对LT3081的输入)，使其比工作台电源输出(一对LT3081的输出)高1.7V。LT3081在其输入至少比其输出高1.5V时工作状态最佳，这里用1.7V作为瞬变裕度。

差分反馈在输出瞬变和短路时连续工作，如图8和图9所示。当输出短接至GND时，LT8612的输出跟随输出到GND。当输出随短路或电位器变化而突然增大时，LT8612跟随LT3081输出上升，努力保持比快速变化的输出高1.7V。大小合理的100µF输出电容器足够用来在很宽的条件变化范围内为LT8612提供稳定性，同时保持相对快速的瞬态响应，尽管它永远都不会像线

性稳压器那样变化得那么快。

这个配置还可运用 3个并联LT3081线性稳压器，扩展为支持4.5A输出电流。开关稳压器无需改变，因为LT8612具备6A峰值开关电流能力。

准确的电流源对抗ISET温度系数

通过连接至一对LT3081 SET引脚的电位器，该工作台的输出电压非常容易手工调节。两个SET引脚每个提供50µA电流，而且无需额外的组件，它们的电流之和乘以可调电阻器的电阻值，就可以产生合适的输出电压，这些看似足够简单。然而，对一个可靠的工作台电源解决方案而言，产生这个电流也许还不够，因为这个电流可能随着LT3081温度变化而出现一点漂移。

对抗电流漂移的一种方法是用电流较大的电流源驱动SET引脚电位器。LT3092是一款准确的电流源，以高达40V电压工作，用来产生准确的2.4mA电流，用10kΩ电阻器产生24V输出。当需要不同的最高输出电压时，通过改变设定电阻器的值，非常容易调节其

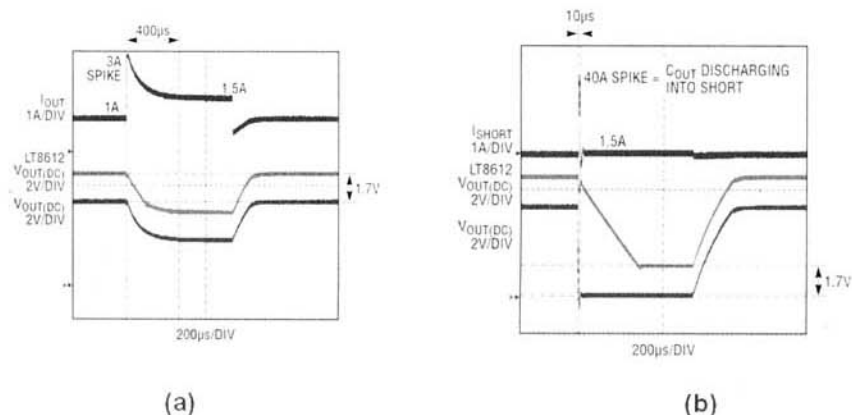


图9 DC工作台电源很好地承受了5V输出的(a)过载瞬变和(b)短路瞬变

输出电流。当采用12V电源时，最高输出电压应该为5.5V，而用24V电源时为15V，36V电源时为24V。该电路中使用了一个输入开关，以在电源开关关闭时，切断LT3092的电源。当开关关闭时，断开这个IC与VIN的连接，可防止其恒定电流给一个未加载的工作台电源输出充电，从而使工程师能够防止可能发生的有害情况。

易于转动的电位器旋钮方便电压和电流调节

LT3081的SET和ILIM引脚功能使得很容易通过简便地旋动电位器将输出电压和电流设定为任意值。并联的LT3081分享相同的SET引脚连接和电压以及相同的ILIM⁺和ILIM⁻引脚连接。这里选择用10k Ω 和5k Ω 电位器提供0~24V和0~3A输出范围(或略高以留出些许空间)。这类电位器非常容易获得，可以根据性能和价格进行挑选。

之前的照片中所示工作台电源采用了单匝电位器，该电位器不仅有易于旋动的轴，而且提供合适的PCB连接角度。如果决定用一个保护罩封

闭PCB，那么这些电位器可以安装在保护罩侧面打出的孔上。金属陶瓷组件以 $150 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 的额定值防止随时间和温度变化出现漂移，而类似的塑料组件额定值为 $1000 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。对于标准工作台电源，价格较低的塑料电位器使用效果仍然很好，而10匝精确电位器可用于对限压和限流值进行非常精细的调节。

如果ISET温度系数引起的VOUT漂移不是问题，那么，LT3092电流源可以去掉，并可以用质量类似的250k Ω 电位器取代10k Ω 电位器。

负电源转换器实现0V调节

尽管将SET电位器旋动至0V即短路到GND不是什么大事。但是，LT3081必须被吸取4mA电流，以直至0V都保持运行。在VOUT与GND之间预先加上的电阻性负载仅当VOUT不等于零时才能吸取电流，因此要使用负电源从0V输出吸取电流。LTC3632负电源稳压器是一款小型-5V电源，通过一个小型电阻器跨-5V和低于地的VBE(-0.6V)吸取-8mA电流。尽管当电源

开关关断时，LTC3632关断，但是当电源接通时，它持续工作，甚至当输出电压高于0V时。选择负电流晶体管时必须谨慎，因为如果该晶体管的热阻高于 $250^{\circ}\text{C}/\text{W}$ ，或者该负电流增大至超过-10mA，那么-8mA、24.6V压降可能是一个非常大的热源。

短路和0A控制

无论输出电压设定值是多少，LT3081都提供0A限流控制。随着电流调节旋钮一直调高，该工作台电源仅在约3.1A时执行锐利的限流。如果负载增大至高于这个限流点，那么其电压会陡然下降。简便地旋动该旋钮可以将对应电压陡然下降的限流值变为直至0A的任意值，如图5所示。

最极端的过载情况是短路，这种情况不仅使输出陡然下降，而且一直下降至地。该工作台电源在短路时平稳地保持其限流值，将LT8612输出调节至1.7V，通过LT3081将受到限制的电流提供给短路回路。

瞬态短路的结果如图9所示，图中显示了该IC的短路调节和短期存在的输出电容器放电尖峰。小于 $10\mu\text{s}$ 的短路尖峰持续时间仅为常用的大功率混合模式实验室工作台电源(设置类似的1/500，如图10所示。图10中所示持续时间较长的放电尖峰可能损坏试验设备，这是常用的、价格昂贵的通用工作台电源的一个缺点，产生这一放电尖峰的原因是低功率晶体管速度较低和/或输出电容较大。

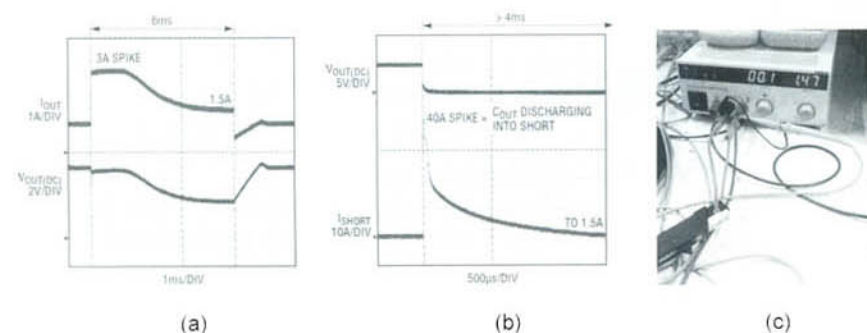


图10(a和b)：昂贵的XH100-10混合模式工作台电源的瞬态结果。(c)Sorenson XHR100-10实验室工作台电源，短路时限流值为1.5A

监视输出

将万用表或简单的模拟显示器连接到输出，可以产生准确的电压读数。再增加一块与输出串联的万用表或显示器，就可以准确读取电流值。如果想避免额外增加与输出串联的检测设备，那么IMON端子还可用来实现电压至电流的转换。

AC/DC输入

这款DC电源是一种方便的工具，可用来在实验室中随时产生恒定电压或电流。仅需用10~40V DC电压为其加电、接通开关、旋动旋钮即可。既然这种电源尺寸小、价格不高，那么当需要多种电路输出及电流时，就可以用同一个DC输入源为几个这类便携式工作台电源供电。

在前端增加一个简单的AC/DC转

换器，就可以非常方便地制作一个完全自含式的工作台电源。图12显示，一个简单的120~24V AC(5:1)变压器、一个桥式整流器和一个10mF输出电容器相结合，就可产生纹波很小的34V DC。这个简单的AC/DC转换器可以用来产生一个22V的最工作台电源输出。

桥式整流器应该采用3A或额定值更大的肖特基二极管。如果这些二极管工作时过热，那么用LT4320理想二极管桥式控制器和4个MOSFET取代这些肖特基二极管，可以降低电桥产生的热量，因此仍然可以避免增加散热器。10mF输出电容器的尺寸可以改变，以适应输出纹波要求。在满功率时，10mF电容器在34V DC输入上会产生大约±1V的纹波。

还可以通过连接任意12~36V、3A额定值的通用AD/DC黑匣子转换器，

组合成一个通用工作台电源。从旧的笔记本电脑上拆下来或从电子产品零售商那里买来的任意AC/DC转换器都可以使用。唯一的限制是，该工作台电源的最高输出电压应该保持在比输入电压源的额定最低电压低约5V。

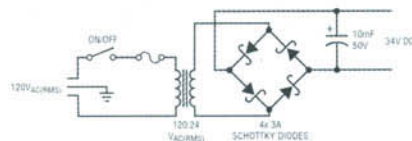


图12 AC/DC 34V前端完整解决方案

结论

用两个并联的LT3081线性稳压器、一个同步降压型LT8612、一个LT3092电流源和一个纤巧的LTC3632负电源，就可以自建一个高性能DC工作台电源，实现0~24V和0~3A的恒定电压和电流控制。该工作台电源凭借小的输出电容产生很低的输出纹波，提供卓越的瞬态响应，可调节至0V和0A，在短路时仍然保持稳定，而且不会过热，无须笨重的散热器。该工作台电源可以非常容易地与AC/DC转换器一起使用，或者可以用DC电源供电。这个完整的工作台电源解决方案成本低、尺寸小、易于制作，性能却很高。

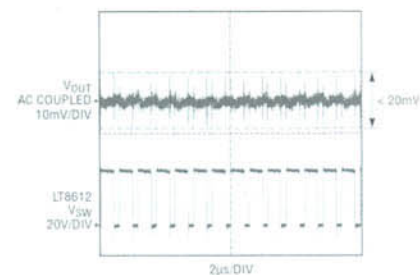


图11 对于一个采用小型60μF COUT的混合模式电源而言，DC工作台电源产生的输出纹波很低

