

新型线性稳压器

解决了老问题

作者：Bob Dobkin，工程部副总裁兼首席技术官，凌力尔特公司

稳压器可调节电压，但还能做很多其他的事情。自 1976 年三端浮动稳压器问世以来，线性稳压器的架构几乎没有改变过。稳压器要么是一种浮动架构 (LT317)，要么就是一种具有从输出至放大器之反馈的放大器环路。这两种架构在通用性、调节性能和准确度方面存在局限性。

反馈电阻器负责设定输出电压并反对进入放大器的反馈信号进行衰减。因此，输出端上的稳压是输出电压的一个百分数，于是，虽然百分数值上可能是相同，但较高输出电压的稳压 (单位：V) 却较差。而且，稳压器的带宽也会随着电压的变化而改变。由于环路增益下降，因此在较高的输出电压条件下带宽也将减小。当输出电压升高时，这会减缓瞬态响应速度并使纹波性能变差。

老式稳压器固定了电流限值，没有调节的余地。其内置于 IC 之中，对于不同的输出电流必须采用不同的器件。所以，如果电流限值必需与应用相匹配或需要准确的电流限值，就必须使用一个外部电路。图 1a 示出了老式稳压器的基本架构。

2007 年，在 LT3080 中引入了一种新型架构。该器件采用一个电流源作为基准，并使用一个电压跟随器作为输出放大器。这种架构的两个优势是：可并联多个稳压器以提供更高的输出电流；稳压器能在输出电压低至

零的条件下运作。由于输出放大器始终以单位增益工作，因此带宽是恒定的，稳压也是恒定的。瞬态响应与输出电压无关，而且可采用 mV (而不是输出的一个百分数) 来规定稳压。图

1b 示出了新型稳压器架构。

表 1 罗列了新型稳压器及其主要特性。伴随着不同的输出电流，这些稳压器进行了特别的设计，以在现有的稳压器中增添以前无法提供的功能

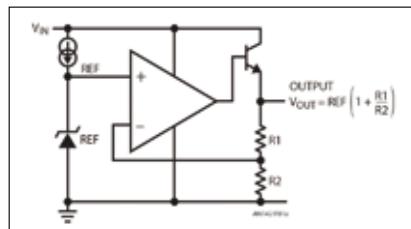


图 1a：老式稳压器

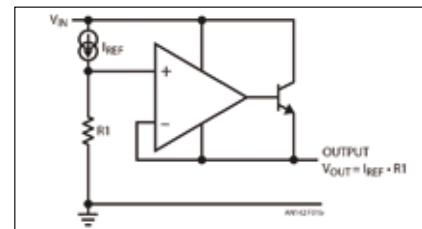


图 1b：新型架构稳压器

表 1

器件	输出电流	I _{SET}	可调电流限值 / 电流监视器	温度监视器	LDO	
LT3080	1.1A	10 μA	无 / 无	无	有	输出电容器可任选
LT3081	1.5A	50 μA	有 / 有	有	无	
LT3082	200mA	10 μA	无 / 无	无	无	
LT3083	3A	50 μA	无 / 无	无	有	
LT3085	600mA	10 μA	无 / 无	无	有	
LT3086	2.1A		有 / 有	有 + 温度限值	有	负稳压器
LT3090	600mA	-50 μA	有 / 有	有	有	电流源操作无需输出电 容器
LT3092	200mA	10 μA	无 / 无	无	无	

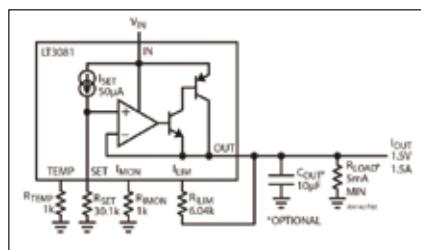


图 2：采用 LT3081 的基本稳压器

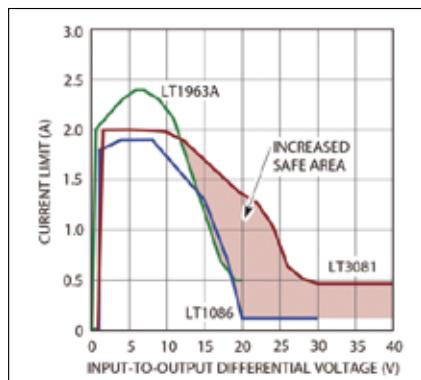


图 3：安全工作区性能的比较

特性。包括了用于温度和电流的监视器输出以及电流限值的外部控制。有一款器件 (LT3086) 还具备热停机的外部控制能力。一种新型负稳压器提供了监视功能，并能充当一个浮动稳压器或 LDO。所有这些新型稳压器均可通过并联以提供较高的电流、均流和散热。

一款新型工业稳压器

LT3081 是一款具有宽安全工作区的工业稳压器。其能提供 1.5A 输出电流、输出电压可调节至零、具备反向保护功能并拥有用于温度和输出电流的监视器输出。此外，还可通过连接一个外部电阻器至该器件来调节电流

限值。图 2 示出了 LT3081 的基本连接。

温度和电流监视器输出采用电流源配置，以在 $V_{OUT} + 0.4V$ 至 $V_{OUT} - 40V$ 的范围内运作。温度输出为 $1\mu A/^\circ C$ ，而电流监视器输出为 $I_{OUT}/5000$ 。这些电流源是通过将一个电阻器与电流源串联接地并在电阻器两端读取参数进行测量的。电流源具有一个 -40V 至 0.4V (参考于输出) 的范围，而且即使在输出短路的情况下其仍将继续工作。监视器输出的动态范围比输出高 400mV，因此当输出短路或被设定为零时，仍然能够测量温度和电流。采用一个 1k 电阻器可提供足够的裕量，并在输出短路时确保操作的正常进行。

输出利用一个连接在 SET 引脚和地之间的电阻器和一个 $50\mu A$ 精准电流源来设定。内部跟踪放大器强制输出电压与 SET 引脚电压相等。LT3081 的独特之处在于输出电容器是可任选的。稳压器可在采用或未采用输入和输出电容器的情况下实现稳定。所有的内部工作电流都流过输出引脚，并需要最小负载以保持调节作用。这里，在所有的输出电压下均需要一个 5mA 的负载，以把器件保持于全面调节状态。

设定电阻器会增加系统温度漂移。市售的表面贴装电阻器具有各种各样的温度系数。视制造商的不同，这些温度系数低的在 100ppm，高的则超过 500ppm。虽然电阻器不会因为稳压器中的功率耗散而被加热，但是在很宽的环境温度范围内其温度系数则会使输出产生 1% 至 4% 的变化。对于高精度应用，可使用具较低温度系数的薄膜电阻器。

采用内部的真正电流源作为基准 (而不像先前的稳压器那样

采用自举基准) 的好处并不是那么明显的。真正的基准电流源可使稳压器具有与正输入端上的阻抗无关的增益和频率响应。就此前推出的所有可调稳压器 (例如：LT1086) 而言，其环路增益和带宽都会随着输出电压的变化而改变。假如调节引脚被旁路至地，那么带宽也会发生变化。对于 LT3081 来说，环路增益不会因输出电压的变化或者调节引脚的旁路而改变。输出稳压不是输出电压的一个固定百分数，而是一个固定的 mV 数值。使用一个真正的电流源可允许缓冲放大器中的所有增益提供稳压，而且将基准放大至一个较高的输出电压不需要其中的任何增益。

工业应用需要很大的安全工作区。安全工作区反映的是在输入 - 输出电压差很高的情况下传输大电流的能力。图 3 比较了几种稳压器的安全工作区。上世纪 80 年代中期推出的 LT1086 是一款 1.5A 稳压器，当输入 / 输出电压差高于 20V 时其输出电流将降至非常低的水平。在输入 / 输出电压差高于 20V 的情况下，只能提供大约 100mA 的输出电流。倘若负载电流高于 100mA，则这会导致输出电压变至未调节状态，而且输入端上的瞬变将致使高电压电流限值被超过。LT1963A 是一款低压差稳压器，其同样具有一个有限的安全工作区。LT3081 扩展了安全工作区，在电压差为 25V 的情况下可提供约 1A 的输出电流。即使输入 / 输出电压差高于 25V，可用的输出电流仍然达到 500mA。这允许稳压器在那些操作期间有可能施加宽变化范围输入电压的应用中使用。给 PNP 传输器件采用一种大型结构可获得宽的安全工作区。另外，还为 LT3081 (以及负载) 提供了针对反向输入电压的保护。

图 4 示出了 LT3081 的方框图。有三个电流源，其中的两个负责报告

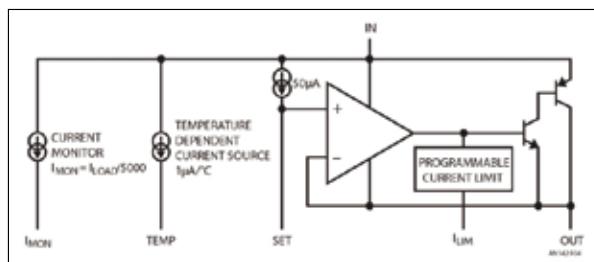


图 4：LT3081 的方框图

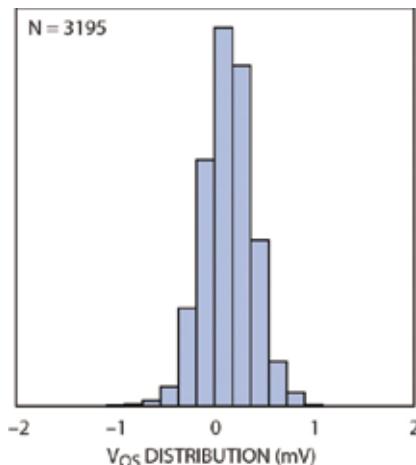


图 5：失调电压

表 2：PC 板走线电阻

重量 (盎司)	10 密耳 (mil) 宽度	20 密耳 (mil) 宽度
1	54.3	27.1
2	27.1	13.6

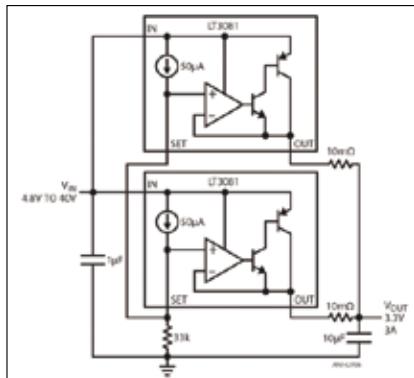


图 6：将器件并联

输出电流和温度。第三个电流源则用于提供 $50 \mu A$ 基准电流。LT3081 虽然并非低压差稳压器，但可在器件两端电压低至 $1.2V$ 的情况下运作，该性能略优于诸如 LT1086 等老款器件。内部放大器配置与经过良好调节的内部偏置电源相结合，使得器件可在未采用外部电容器时实现稳定。一项告诫：其无法以容许输入和负载中所有可能的阻抗为目标进行设计，因此重要的是在实际使用的系统中测试稳定性。如果发现存在不稳定性，则布设外部电容器可确保器件在所有输出电流条件下均保持稳定。

另外，外部电容器还能改善瞬态响应，因为其不再受限于内部放大器的带宽。

对于此类新型电流源基准稳压器而言，器件的并联是很容易的，而对于过去的稳压器来说这种做法则是不允许的，因为它们不能均流。器件并联适用于增加输出电流或散热。由于其被配置为一个电压跟随器，因此把所有的 SET 引脚连接在一起可使输出具有相同的电压。如果输出处于相同的电压，则只需采用几 $m\Omega$ 的镇流电阻即可对这些器件进行镇流，并使它们能够均流。

图 5 示出了 LT3081 的失调电压分布情况。分布全部位于 $1mV$ 之内以确保均流准确度达 10% ；采用 $10m\Omega$ 的镇流电阻便绰绰有余了。镇流电阻器可以是 PC 板上长度不到 1 英寸的印制线，或者是一小段导线，并利用并联器件提供了优良的电流匹配。即使在 $1V$ 输出下，由此造成的稳压性能下降也仅有 1.5% 左右。表 2 列出了 PC 板电阻。

图 6 示出了通过并联两个 LT3081 以获得 $3A$ 输出的电路原理图。此时，设定电阻器中流过的设定电流增加了 x_2 ，因此输出为 $100 \mu A \times R_{SET}$ ，而且 $10m\Omega$ 的镇流电阻器可在满电流时确保镇流作用。可以通过并联任意数目的器件来提供更高的电流。可把 I_{LIM} 引脚并联起来（如果采用的话），因此一个电阻器设定了电流限值。

图 7 示出了将 LT3081 与一个固定稳压器相并联的情形。当系统的可用输出电流设计值不足时，这种做法很有用。它提供了一种增加输出电流的应急方法。分压器仅使固定器件的输出电压下降几个 mV 。LT3081 的 SET 引脚连接至比固定输出低大约 $4mV$ 的电压。这可确保在无负载情况下不会有电流从 LT3081 流出。此外，

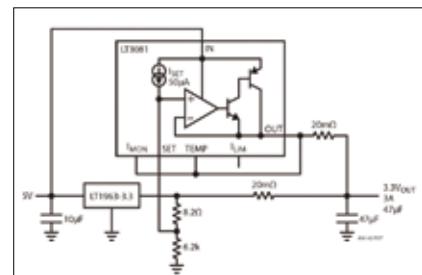


图 7：增加固定稳压器的输出电流

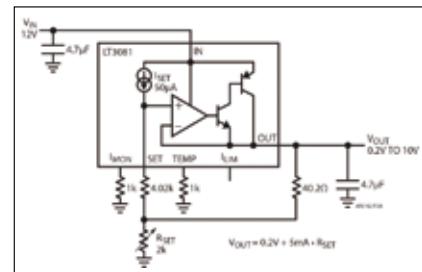


图 8：采用一个阻值较低的设定电阻器

$20m\Omega$ 的电阻器提供了用于克服该失调的充分镇流，并在较高的输出电流条件下确保了电流匹配。

当布设了用于生成基准电压的 $50 \mu A$ 电流源时，位于该电流源和 SET 引脚之间的漏电路径会在基准和输出电压中产生误差。需要对所有的绝缘表面进行清洁以去除焊剂和其他残留物。表面涂层也许是必不可少的，用于在高湿度环境中提供一个防潮层。通过采用一个连接至 OUT 引脚的保护环将 SET 引脚和电路围绕起来，可最大限度地减少电路板漏电。另外，按图所示增大 SET 电流也可降低寄生漏电的影响。

在某些应用中， $50 \mu A$ 的低 SET 电流会引起问题。高阻值薄膜电位器的稳定性不如阻值较低的线绕电位器。电路板漏电也会在输出中引起不稳定。通过把 SET 电流增加至高于 $50 \mu A$ 的标称值，可尽量减少问题的发生。图 8 示出了一款采用较低阻值设定电阻器的解决方案。这里，通过 R_2 产生了一个增大的电流并与 SET 引脚电流相加，从而提供一个用于调节输出的大得多之电流。SET 电流流经一个 $4k$ 电

阻器，在 R_1 的两端产生 $200mV$ 。接着，流过 R_2 的电流加入SET引脚电流，提供了一个流经 I_{SET} 至地的 $1.05mA$ 总电流。这降低了电压对于 R_{EST} 周围漏电流的敏感性。应谨慎地以开尔文(Kelvin)方式将 R_2 直接连接至输出。从输出至 R_2 的电压降将影响稳压。另一种配置将LT3092用作一个 $1mA$ 的外部电流源。这提供了增大的SET电流，并允许把输出调低至零。

图9示出了采用一个LT3092电流源来给LT3081提供电流基准的情形。生成的 $1mA$ 基准电流允许调节设定电阻器的阻值大幅降低，同时仍然可将器件的输出调低至零。

如图10所示，可采用电流监视器输出来补偿线路压降。通过设定电阻器的一部分向电流监视器馈电可在SET引脚上产生一个电压，该引脚提升电压的幅度与电流之间存在某种函

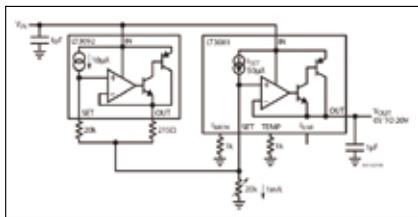


图9：采用一个外部基准电路

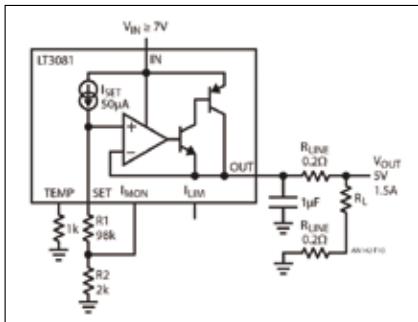


图10：采用电流监视器输出来补偿线路压降

数关系。补偿电阻器的阻值为 $R_2 = 5000 \cdot R_{CABLE(TOTAL)}$ 和 $V_{OUT} = 50 \mu A (R_{SET}$

$+ R_{COMP})$ 。运用这种方式可以补偿几V的线路压降。

结论

与先前的器件相比，新型稳压器针对负载和电压变化提供的调节性能提升了一个数量级。稳压规格指标以及瞬态响应不会随输出而改变。此类器件中的新功能提供了温度和电流监视，以及可调的电流限制。多个器件的并联不再需要外部电流平衡电路，以避免发生电流扰乱。伴随着这些改进，器件的坚固性也有所提高。

新型稳压器可实现新的应用。器件的并联轻而易举，而且可补偿线路压降。电流限值门限如今由用户定义，而且输出可调节至零。扩大了稳压器的安全工作区，以在输入摆幅较宽的情况下运作。

www.linear.com.cn