

概述

CL1663AA是一款集成上下功率MOS管的3A同步降压DC/DC稳压器，具有4.2V-65V的宽输入电压范围，具备SKIP控制模式，静态电流仅70 μ A，将低静态电流与高开关频率相结合，采用电流控制模式，可在广泛的负载电流范围内实现高效率的稳压输出。宽开关频率可实现对效率或者外部组件尺寸的优化。该器件在内部控制输出电压启动斜坡，从而控制启动过程并消除过冲。

CL1663AA具有低阻值130m Ω 高侧和95m Ω 低侧功率管，可提供最大3A的输出电流能力，具有出色的负载和线路瞬态响应。

CL1663AA可调节更宽范围的输出电压，因此可以应用于多种应用环境中。此稳压器非常适合48V电源总线范围。附加功能包括：软启动，热关机，UVLO欠压锁定，最大占空比限制定时器，和智能电流限制关闭定时器。并且集成了输出短路保护，相比异步获得更好的短路保护性能，在FB电压较低时提供HICCUP模式以避免短路时过热。

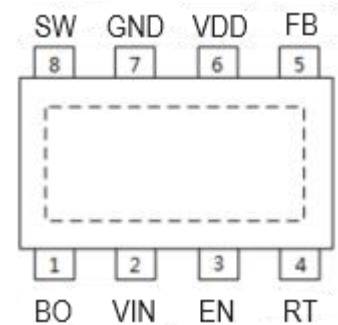
特性

- ◆ 输入电压范围：4.2-65V
- ◆ 输出最大电流：3A
- ◆ 支持80V的瞬态电压
- ◆ 待机电流：70 μ A
- ◆ 关断电流：4 μ A
- ◆ 轻负载条件下使用脉冲跳跃实现高效率
- ◆ 轻负载条件下接近100%的占空比
- ◆ Low Drop-Out模式
- ◆ 带EN使能功能
- ◆ 内部300 μ S软启动
- ◆ 集成上下功率管，最大输出电流3A
- ◆ 可调固定开关频率：200KHz~2MHz
- ◆ CCM/DCM/PFM模式自适应切换
- ◆ 内部环路补偿，简化系统设计
- ◆ 1V $\pm$ 1%的反馈电压
- ◆ 支持大负载电容启动
- ◆ 保护功能：UVLO/OCP/SCP/OTP
- ◆ 结温范围为-40 $^{\circ}$ C至+125 $^{\circ}$ C

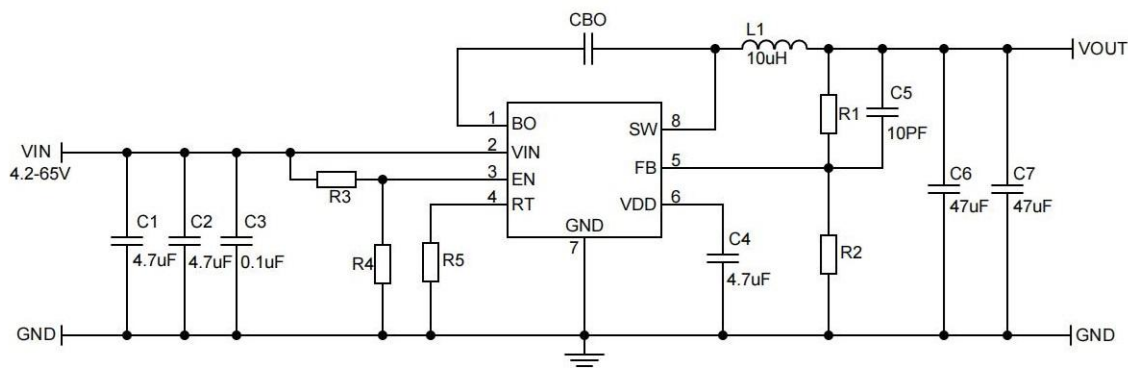
应用范围

- ◆ 12V、24V、48V 工业、汽车和通信电源系统
- ◆ 宽电压输入范围电源

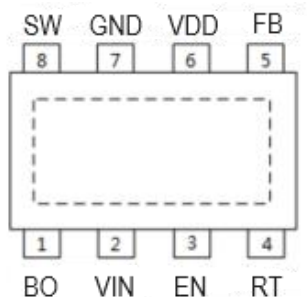
CL1663AA 系列采用 ESOP-8L 封装



典型应用



脚位定义



管脚描述

管脚号	管脚名	描述
1	BO	SW补偿电容，需要在BO和SW之间连接容值至少100nF的高质量陶瓷电容器，以偏置内部高压侧栅极驱动器。
2	VIN	输入供电端。
3	EN	使能控制，高电平有效，可以通过配置外部电阻分压，实现VIN的可设置欠压保护。
4	RT	降压器工作频率设定引脚，在RT和GND之间连接一个合适的电阻，可调节开关频率从200KHz~2MHz。
5	FB	输出电压反馈引脚。通过V _{OUT} 和GND之间配置分压比，可以调节输出电压。
6	VDD	提供内部控制电路供电的电源，须在VDD和GND之间连接一个1μF~4.7μF的陶瓷去耦电容，尽量靠近芯片引脚。
7	GND	大地。
8	SW	内部功率开关节点。外部连接功率电感和C _{BO} 电容。
9	PAD	金属散热盘，作为GND使用。

丝印说明



管脚图	丝印字符	丝印字符说明
左示意图	CL	品牌
	1663	型号
	AA	特性代码
	XXXXXX	年份、周期、批号代码

型号说明

完整型号	后缀说明
CL1663AA	AA: 无OVP保护，轻载高效模式

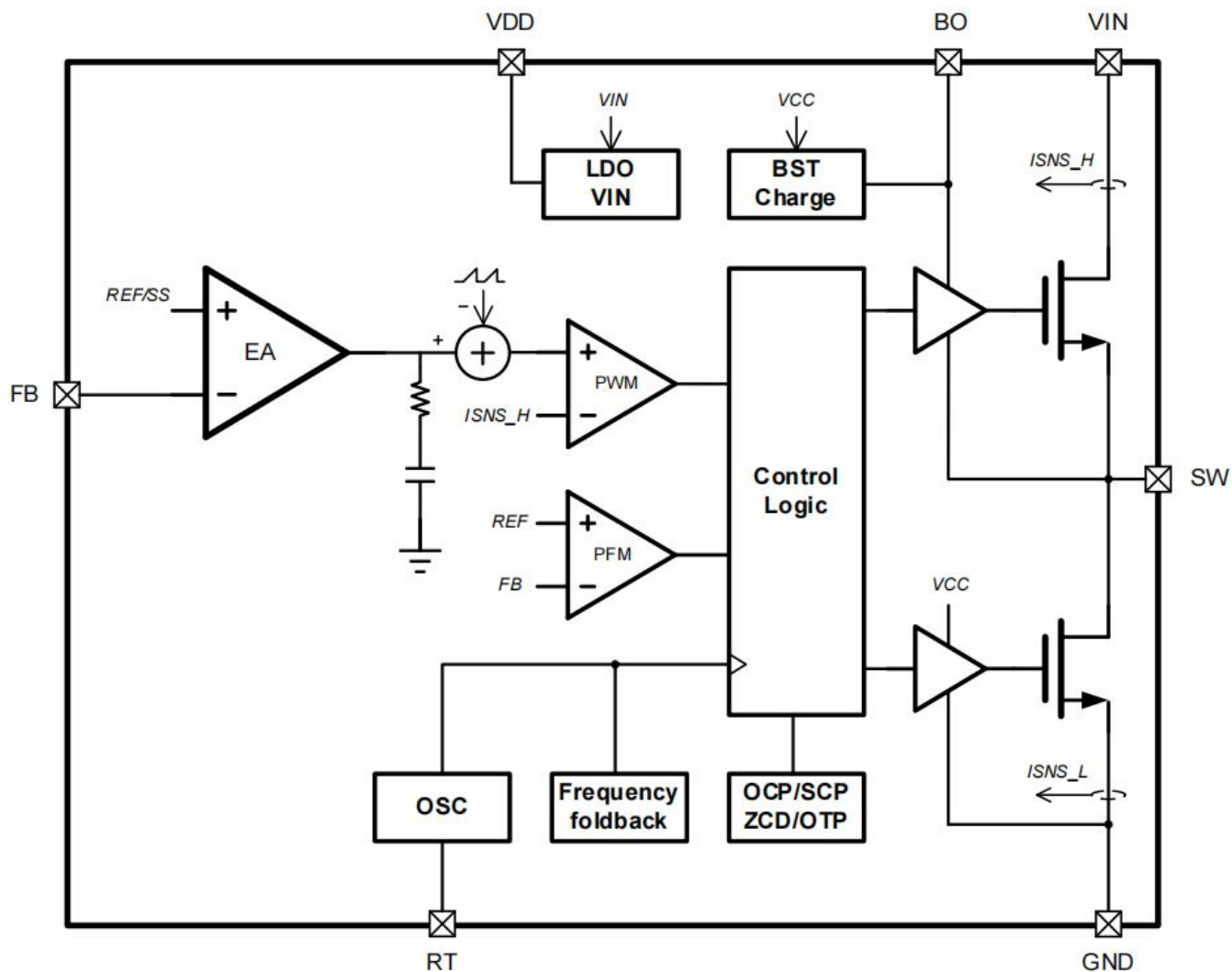
最大额定值 (注)

参数	符号	范围	单位
V_{IN}, V_{SW}, V_{EN} 电压	V_{IN}, V_{SW}, V_{EN}	-0.3 ~ 80	V
V_{SW} 电压 (小于 10nS)	V_{SW}	-1 ~ 80	V
BO 端电压	V_{BO}	-0.3 ~ 5.5	V
FB, RT, V_{DD} 反馈端电压	V_{FB}, V_{RT}, V_{DD}	-0.3 ~ 5.5	V
最大工作结温	T_J	-40 ~ +150	°C
最小/最大存储温度	T_{stg}	-65 ~ +150	°C
焊接温度 (焊锡, 10 秒)	T_{solder}	260, 10s	°C
ESD	HBM	±2	KV
	CDM	±1	KV

推荐工作条件

参数	范围
V_{IN}	4.5V ~ 65V
EN	-0.3V ~ 65V
FB	-0.3V ~ 1.1V
输出电压 V_{OUT}	1V ~ V_{IN}
输出电流 I_{OUT}	0A ~ 3A
工作结温	-40°C ~ 125°C

结构框图

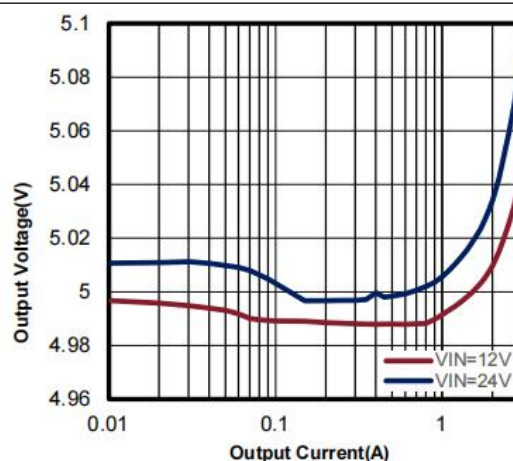
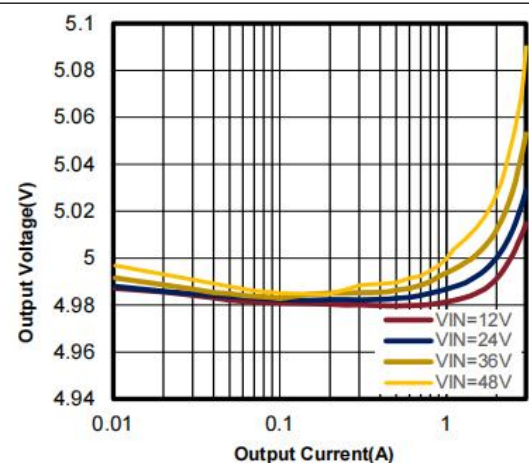
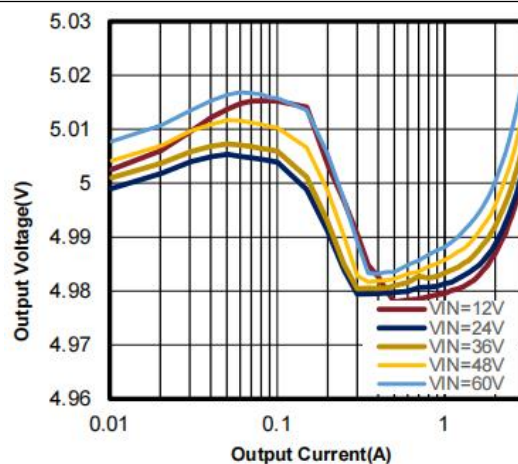
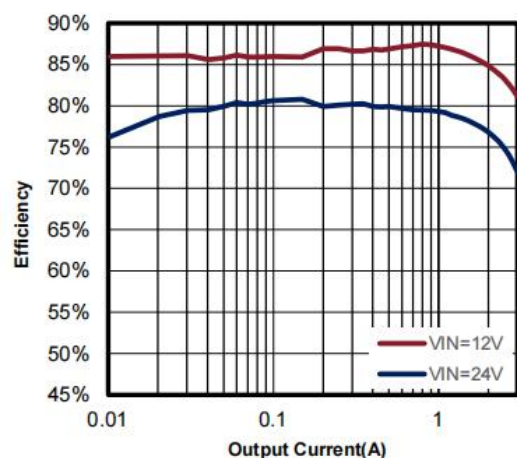
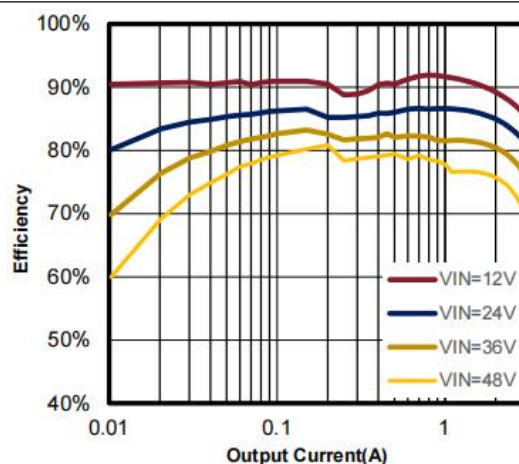
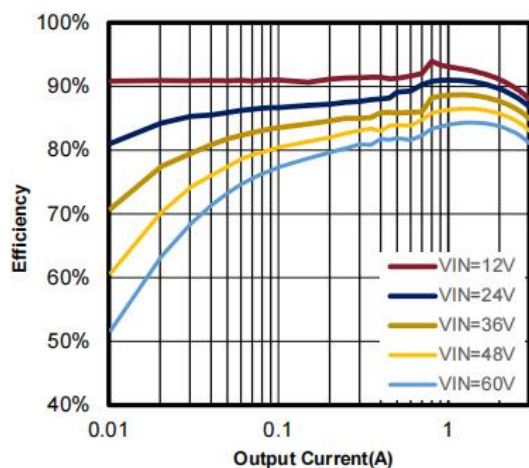


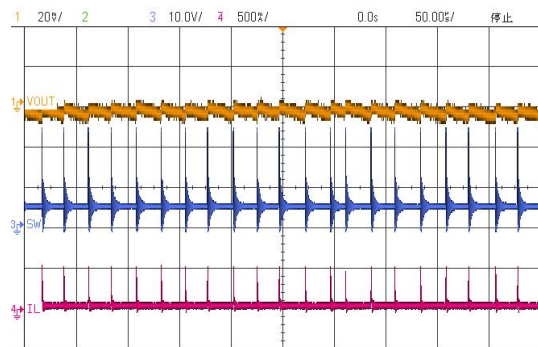
电气特性

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压范围		4.2		65	V
VIN欠压保护阈值	Rising		4.2		V
	Falling		3.6		V
待机电流	VIN=24V, VFB=1.2V No switch		70		μA
关断电流	VEN=0 or EN=GND		4		μA
VDD输出电压范围	VIN=24V	4.8	5	5.2	V
VDD欠压保护	Rising		3.5		V
	Falling		3.2		V
VDD短路电流 (VIN供电)	VIN=24V		20		mA
FB反馈参考电压		0.99	1	1.01	V
FB跳周期阈值			1.003		V
FB漏电电流			80		nA
RON_H	TJ = 25℃		130	160	mΩ
RON_L	TJ = 25℃		95	130	mΩ
上管电流限制			4.2		A
下管电流限制			3.8		A
下管电流过零			50		mA
SW漏电电流				1	μA
开关频率精度	PWM Operation RRT=162k	0.9	1	1.1	MHz
开关频率范围	with 1% RRT	0.2		2	MHz
上管最小导通时间			90		ns
下管最小导通时间			160		ns
短路保护触发时间			5		ms
短路保护打嗝等待时间			4		ms
EN高逻辑门限		1.1			V
EN低逻辑门限				0.5	V
EN欠压保护上升沿		1.19	1.2	1.21	V
EN欠压保护下降沿		1.14	1.15	1.16	V
EN输入电流	EN < 65V			1	μA
过温保护	TJ Rising		160		℃
过温保护解除	TJ Falling		145		℃

典型特性

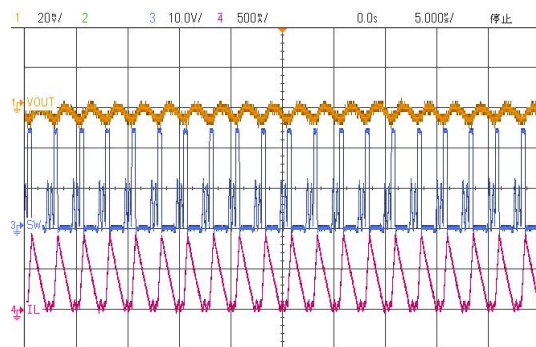
若无特别说明，测试条件为 $V_{IN}=24V$, $V_{OUT}=5V$, $F_S=400kHz$, $L=10\mu H$, $C_{OUT}=100\mu F$.





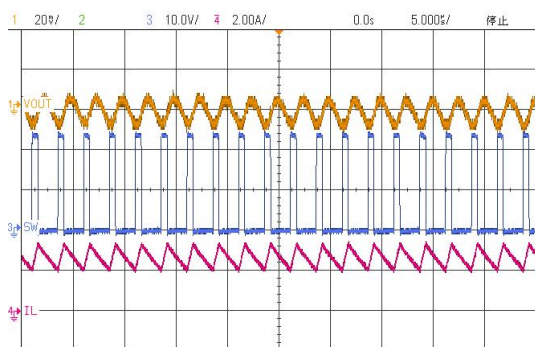
$V_{IN}=24V, V_{OUT}=5V, F_S=400kHz, I_{OUT}=10mA$

图 7. PFM 模式的开关波形



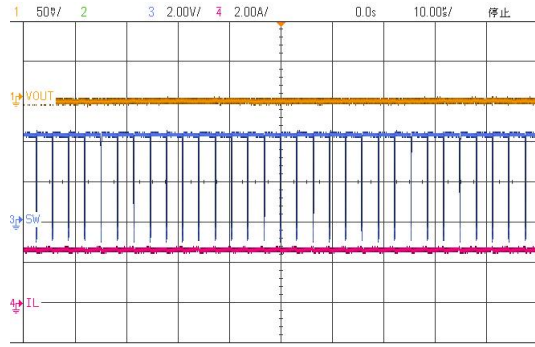
$V_{IN}=24V, V_{OUT}=5V, F_S=400kHz, I_{OUT}=300mA$

图 8. PWM 中 DCM 模式的开关波形



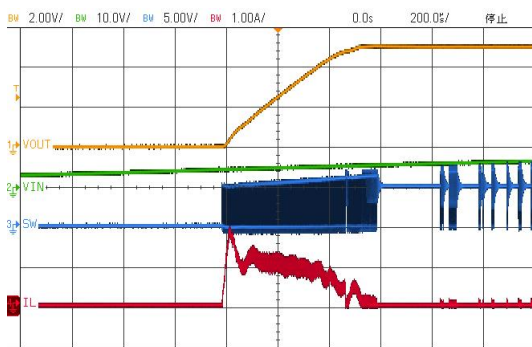
$V_{IN}=24V, V_{OUT}=5V, F_S=400kHz, I_{OUT}=3A$

图 9. PWM 模式的开关波形



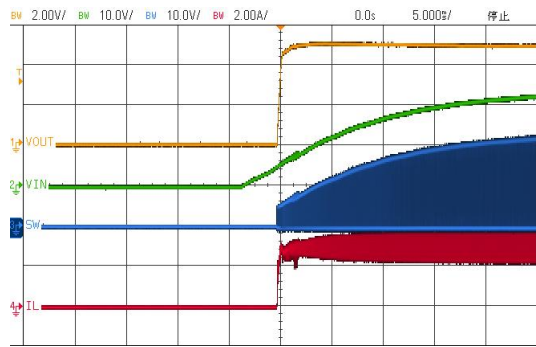
$V_{IN}=5.2V, V_{OUT}=5V, F_S=400kHz, I_{OUT}=3A$

图 10. Dropout 模式的开关波形



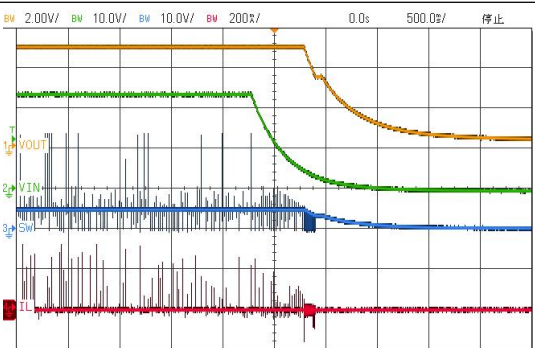
$V_{IN}=24V, V_{OUT}=5V, F_S=400kHz, I_{OUT}=0A$

图 11. 开机波形



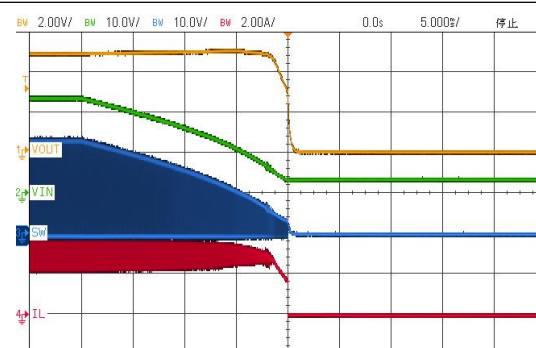
$V_{IN}=24V, V_{OUT}=5V, F_S=400kHz, I_{OUT}=3A$

图 12. 开机波形



$V_{IN}=24V, V_{OUT}=5V, F_S=400kHz, I_{OUT}=0A$

图 13. 关机波形



$V_{IN}=24V, V_{OUT}=5V, F_S=400kHz, I_{OUT}=3A$

图 14. 关机波形

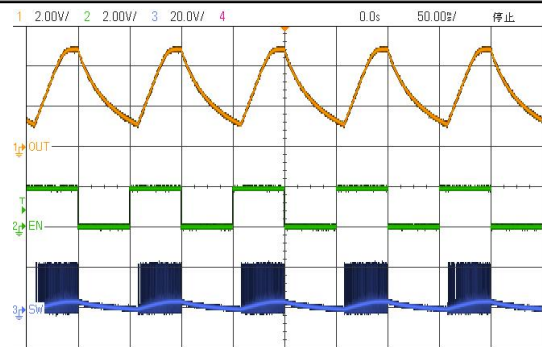
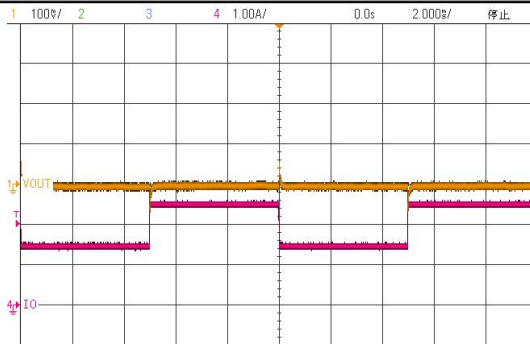
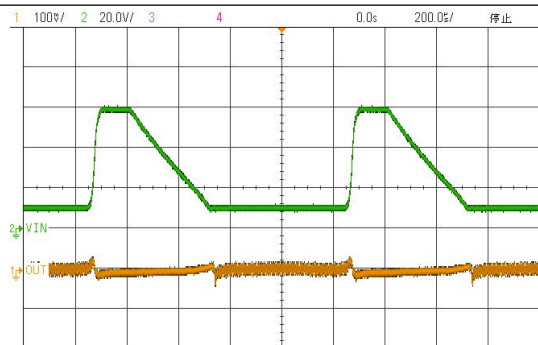


图 15. 预充电电压开机



$I_{OUT}=1.5\sim 3A$
图 16. 动态负载



$V_{IN}=12V\sim 60V$
图 17. 动态输入

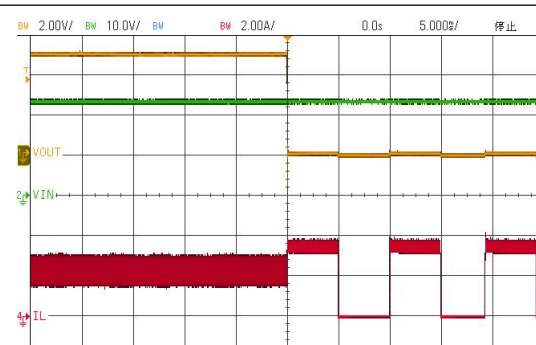


图 18. 输出短路和 Hiccup 模式

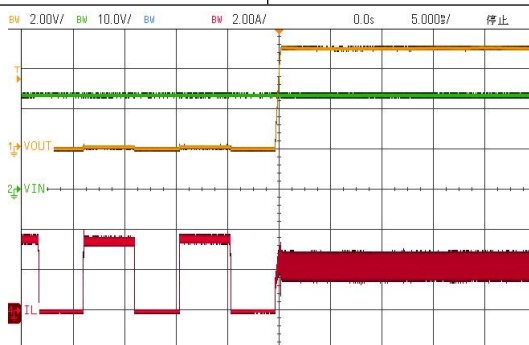


图 19. 输出短路恢复

功能描述

使用说明

CL1663AA是一款高效率，高功率密度的同步降压转换器。该芯片的输入电压范围为4.2V到65V，内部集成上下功率MOS管，可以输出高达3A的负载电流。并可以提供从1V到VIN的稳定输出电压。

CL1663AA具备SKIP控制模式，将低静态电流与高开关频率相结合，可在广泛的负载电流范围内实现高效率。采用集成内部补偿的固定频率峰值电流控制模式，从而缩短设计时间，并且需要更少的外部器件。CL1663AA通过外接电阻调节开关频率，调节范围为200kHz~2MHz。宽开关频率范围允许芯片根据不同需求进行优化，适应较高频率的小体积需求或者较低频率的高效电源。此外，CL1663AA可以轻负载条件下接近100%的占空比。

CL1663AA还提供其他多种功能，包括外置电阻调节输出电压。保护功能包括逐周期的峰值电流与谷值电流限制，打嗝模式的输出短路保护，热关断与自恢复，以及精准的输入欠压保护。

内部VDD供电

CL1663AA内部集成了一个LDO线性电源，为控制电路与MOSFET驱动器提供VDD电源。VDD的标称电压为5V，该引脚必须通过一个1μF-4.7μF的陶瓷去耦电容尽可能靠近该引脚并连接到GND。

输出电压VOUT与FB引脚

CL1663AA的电压调节回路会将FB电压调节至与内部参考电压相同，可以该改变上分压阻R1与下分压阻R2的电阻比例来调节输出电压大小。请将电阻分压器连接在输出节点与地之间，其中点连接至FB引脚。其中VFB的稳态电压通常为1V。R1可通过下式计算得出：

$$R1 = \left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right) \times R2$$

R_{FBB}的选择取决于应用环境，较大的分压电阻可以减少流过分压网络的电流，但过大的阻值会使反馈回路更容易受到噪声的影响，建议R1取值最大不要超过1MΩ。较大的精度误差与温度系数会影响输出电压的控制精度，推荐使用精度误差不超过1%，温度系数小于100ppm的电阻。

反馈回路因保持远离PCB噪声干扰的地方，可参考后文给出PCB布局参考。

BO与SW引脚

CL1663AA需要在BO与SW引脚之间外加一个小的陶瓷电容，为高侧MOSFET提供栅极驱动电压。当高侧MOSFET关闭且低侧MOSFET导通时，C_{BO}电容充电。该陶瓷电容推荐使用100nF，连接在BO与SW之间以便正常工作。建议使用X7R或X5R级介质陶瓷电容，因为其具有稳定的温度和电压特性。陶瓷电容的额定电压应该为16V或者更高。

开关频率与RT引脚

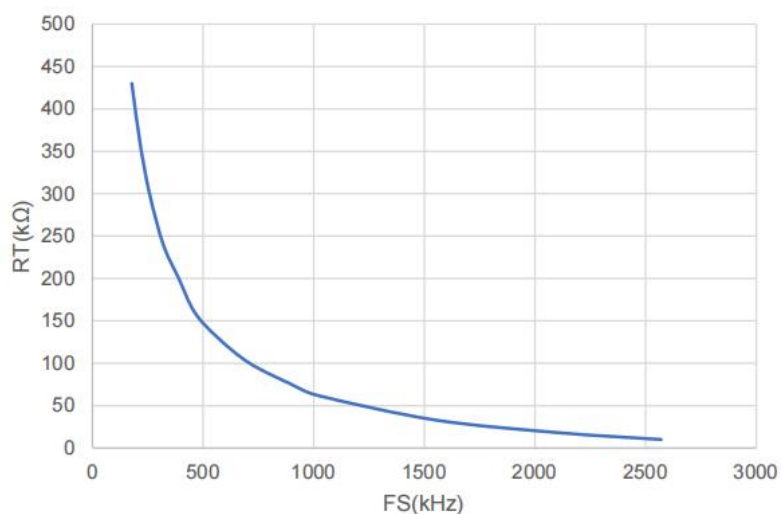
CL1663AA的开关频率可由连接在RT引脚与GND之间的外部电阻 R_{RT} 决定，其调节范围在200kHz至2.5MHz之间。 R_{RT} 可由下列公式计算得到：

$$R_{FREQ} = \frac{81053}{F_S (KHz)} - 21$$

对于常见开关频率， R_{RT} 的设置可以参考下表：

$R_{RT}(k\Omega)$	$F_S(kHz)$
10	2500
18.7	2000
33	1500
64.9	1000
160	500
200	400
470	200

R_{RT} 阻值与开关频率关系曲线如下图所示



Low Drop-Out模式

当输入电压接近设定的输出电压时，CL1663AA会进入Low Drop-Out模式。此时高侧功率管单个周期导通时间允许超过设定的开关周期，导通时间会随着输入电压自动调整来保持对输出电压的控制。当输入电压低于设定的输出电压时，高侧功率管的最大导通时间限制在 $T_{HSON,MAX}$ ，此时低侧功率管会短暂导通 $T_{LSON,MIN}$ 来实现对 C_{BO} 的充电。保证 C_{BO} 有足够电压来维持高侧功率管驱动电路的正常工作。

过流保护与短路保护

CL1663AA通过对电感电流峰值与谷值的逐周期限制来防止过流情况。如果过流情况出现持续存在，则会触发打嗝模式防止芯片过热。

高侧MOSFET过流保护是通过峰值电流控制模式的特性实现的。误差放大器的输出减去每个开关周期的斜波补偿后与采样得到的高侧功率管电流进行比较，详情请参考功能框图。故高侧功率管的峰值电流受到误差放大器最大输出钳制，从而达到逐周期峰值电流限制的能力。

在低侧MOSFET导通期间，CL1663AA会检测低侧功率管的电流并与谷底限流阈值进行比较。当低侧功率管电流高于谷底限流阈值时，将不允许高侧功率管导通，直到低侧功率管低于谷底限流阈值。

当高侧功率管电流触发误差放大器限制同时电源正常指示标志下拉，CL1663AA会进入打嗝(Hiccup)模式。此时芯片将会关闭输出并保持5ms后芯片尝试重启，如果过流或者短路故障状态仍然存在则重复打嗝直到故障状态结束。

Hiccup模式在严重过流或者短路条件下降低功耗，防止过热对芯片造成损坏。

过温保护

热过载保护电路将结温限制在160℃（典型值）以下。在极端条件下（即高环境温度和/或高功耗），当结温开始升至160℃以上时，过温保护即被激活，系统将会强制关闭稳压器输出。当结温降至145℃以下时，OTP状态就会解锁，稳压器输出重新开启，输出电流恢复为正常工作值。热过载保护旨在保护器件免受瞬间偶然过载条件发生时的影响。

本器件的保证工作结温范围为-40℃至125℃。高结温会降低工作寿命；结温长时间高125℃时，器件寿命会缩短。

请注意，与这些规格一致的最高环境温度取决于具体工作条件以及电路板布局、额定封装热阻和其他环境因素。结温(T_J ，单位为℃)根据环境温度(T_A ，单位为℃)和功耗(P_D 单位为W)计算，计算公式如下：

$$T_J = T_A + (P_D \times \theta_{JA})$$

其中 θ_{JA} (单位为℃/W)为封装热阻。

输入欠压锁定

在器件VIN引脚上包含一个内部欠压锁定电路。当VIN电压低于UVLO的下降阈值，会触发UVLO保护，关闭稳压器输出。该UVLO的上升阈值约为4V，VIN达到此电压以上移除UVLO后，芯片会进入软启动过程。

SKIP跳脉冲模式

CL1663AA内置跳脉冲电路；在轻负载时，该电路接通；仅在必要时切换，将输出电压保持在规定范围内。这样可以降低开关损耗，让驱动器在轻负载条件下保持较高效率。

在跳脉冲模式下，当输出电压跌至规定值以下时，CL1663AA进入PWM模式，并停留数个振荡器周期，使输出

电压升至规定范围。在突发脉冲之间的等待时间内，功率开关断开，由输出电容提供所有负载电流。由于输出电压会不定期地骤降和恢复，因此这种模式下的输出电压纹波大于PWM工作模式下的纹波。

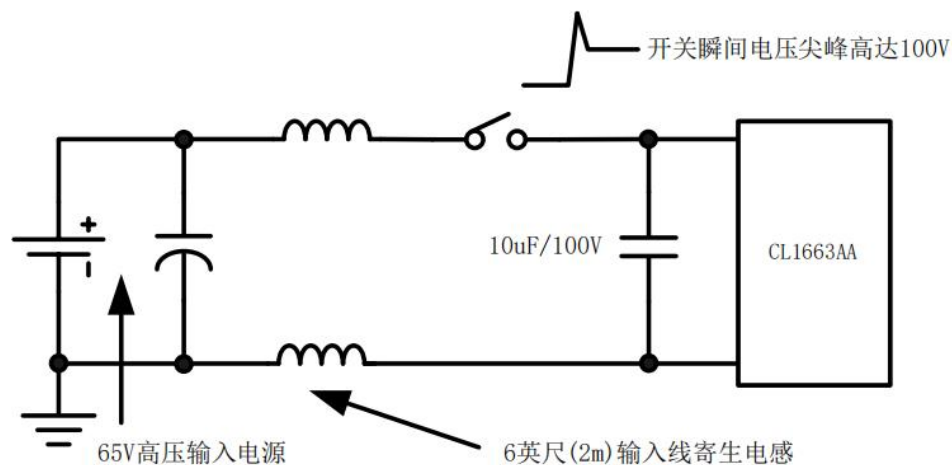
热插拔安全

陶瓷电容器具有体积小、稳定性好、低阻抗等优点，是CL1663AA电路输入旁路电容器的理想选择。但是如果将CL1663AA插入带电电源，这些电容器可能会导致问题。低ESR特性的陶瓷电容器与电源串联的杂散电感形成“欠阻尼槽电路”，CL1663AA的VIN引脚处的电压可能达到标称输入电压的两倍，可能超过CL1663AA的额定值并损坏零件。如果输入电源控制不当或用户需要将CL1663AA插入通电电源，则输入网络的设计应防止这种超调。

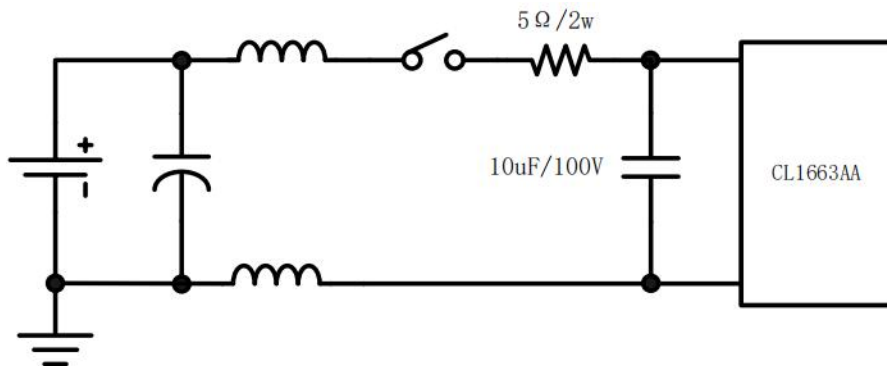
图一显示了当CL1663AA电路通过6英尺(2m)24AW双绞线连接到65V电源时产生的波形。第一个图是10μF输入端的陶瓷电容器的瞬间响应。输入电压高达100V，输入电流峰值为10A。

改善和预防此问题影响一种方法是在电路中添加一个RC吸收网络。PCBA中增加了串联电阻1Ω以及47μF 输入铝电解电容。这种电容器的高等效串联电阻产生的阻尼，可以消除电压过冲。额外增加的电容改善了输入纹波，可以稍微提高电路的效率，尽管它可能是电路中最大的元件。

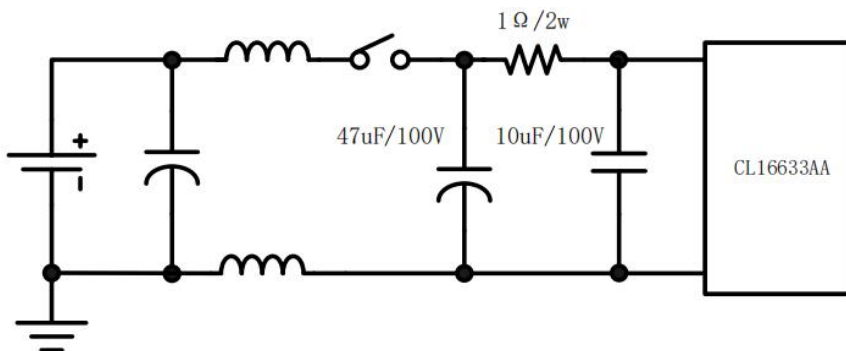
另一种解决方案如下图二所示。一个5Ω电阻器串联与输入，以消除电压过冲（它也降低了峰值输入电流）。这种解决方案比电解电容器更小，也更便宜。对于在输入电流高于0.5A情况下不建议加上该电路防止电流过大导致电阻损坏，且效率较低。



图一：无滤波电路状态下高压热插拔示意图



图二：单电阻滤波状态下高压热插拔示意图



图三：加RC吸收状态下高压热插拔示意图

输入电容选择

在典型应用场景中，推荐使用4.7μF-10μF的X7R或者X5R材质的陶瓷电容，该电容需要具有足够的额定电压。为了补偿陶瓷电容的直流偏置导致的降额，建议额定电压为最大输入电压的两倍。同时也推荐使用尽可能靠近VIN与GND引脚的小封装电容吸收高频开关噪声，如0603封装，0.1μF的陶瓷电容。

电感选择

电感的选择需要考虑以下几个方面：

- (1) 选择电感提供所需的电流纹波。建议选择电流纹波约为当前最大输出电流的 20%-40%，电感计算公式如下：

$$L = \frac{V_{OUT} \times \langle 1 - V_{OUT}/V_{IN_MAX} \rangle}{F_{SW} \times I_{OUT_MAX} \times K}$$

其中Fsw为开关频率，I_{OUT_MAX}为LED电流，常数K是电感电流纹波的百分比。

对于CL1663AA绝大多数典型应用电路中电感最佳选择范围是2.2μH到15μH。

- (2) 为保证电路安全，必须选择电感的饱和电流额定值大于满载条件下的峰值电流，推荐选取电感饱和电流超过

正常工作时电感电流峰30%-40%。电感的峰值电流可依照以下公式计算：

$$I_{L_PEAK} = I_{OUT_MAX} + \frac{V_{OUT} \times (1 - V_{OUT} / V_{IN_MAX})}{2 \times F_{SW} \times L}$$

输出电容选择

CL1663AA允许使用的输出电容值范围比较广，为保证成本和较小的体积，尽量选择合适的输出电容。实际应用中，输出电容会直接影响输出电流瞬态响应时的电压过冲/欠冲和输出电压的纹波。当负载发生瞬态变化时，输出电容需要在环路调节完成前提供电荷，瞬态电压变化值 ΔV_{OUT} 可由以下公式计算：

$$\Delta V_{OUT} = \Delta I_{OUT} \times ESR$$

其中 ΔI_{OUT} 表示负载电流的跳变值，ESR为输出电容的等效串联电阻值。

输出电压纹波主要是由两部分组成：一是电感电流纹波流过输出电容的ESR引起的，二是电感电流纹波对输出电容充放电引起的。

$$\Delta V_{OUT-ripple} = \frac{\Delta I_L}{8 \times C_{OUT} \times F_{SW}} + \Delta I_L \times ESR$$

其中 ΔI_L 表示电感纹波电流， F_{SW} 表示MOSFET开关频率。

为了在瞬态变化中保持较小的输出电压过冲或欠冲、减小输出纹波，需要电容具有较大的容值和较小的ESR，这也会使成本和体积增加，选择合适的输出电容至关重要。

C_{VDD} 电容

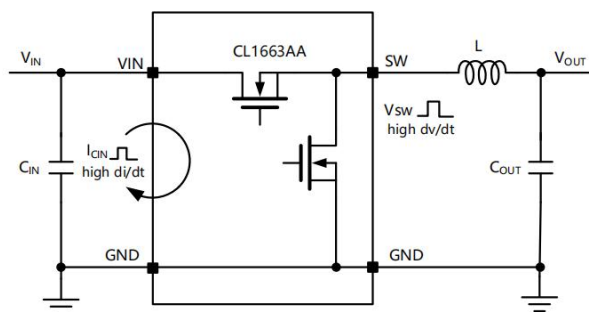
V_{DD} 引脚是CL1663AA内部LDO的输出，用于CL1663AA内部控制电路供电与两个内部集成MOSFET的驱动。这个LDO的输入来自于 V_{IN} （详情请参照内部功能框图）。为了保证电压稳定性，推荐将一颗1 μ F-4.7 μ F陶瓷电容尽可能放置在靠近 V_{DD} 与GND引脚，额定电压推荐10V以上。

C_{BO} 电容

C_{BO} 电容是CL1663AA应用中的自举电容，用于高侧功率管的驱动。为了保证电压的稳定性，建议在紧靠BO与SW引脚位置放一颗0.1 μ F-1 μ F的陶瓷电容，额定电压在16V以上。

PCB 布线原则（优化 EMC）

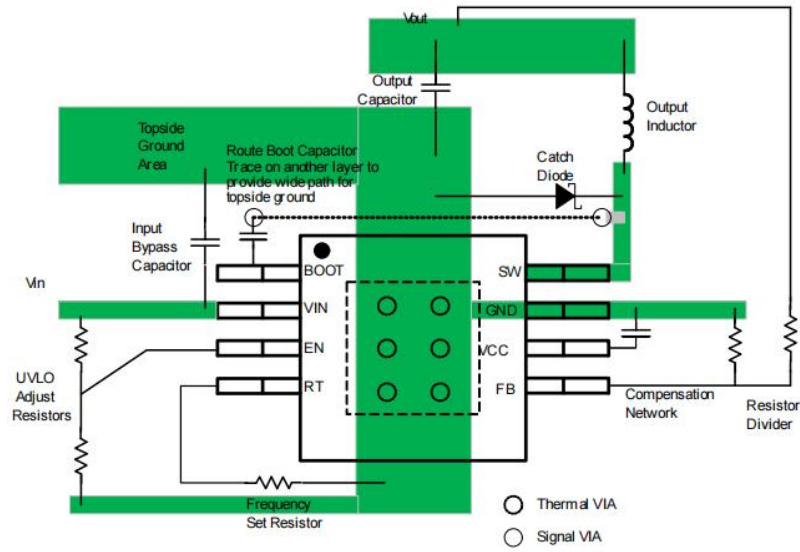
开关电源的性能与PCB布线息息相关。CL1663AA在管脚的位置的分配上充分考虑了PCB布线上的优化需求，比如VIN和GND管脚在相邻的位置，方便放置VIN旁路电容。如下图所示，降压型开关电源的输入端电流有着很高的di/dt变化率，这部分电流在暂态变化时由VIN管脚流入芯片，经上桥臂开关管，经下桥臂开关管，从GND管脚流出芯片。在离VIN和GND管脚最近的地方放置高频旁路电容，从而降低这个电流环路的衍生电感，是提高开关电源性能和降低EMI污染的最有效的办法。另外SW上的电压有着很高的dv/dt变化率，所以在制作PCB版图时，要尽量缩短SW走线；敏感的信号线要避免离SW过近。



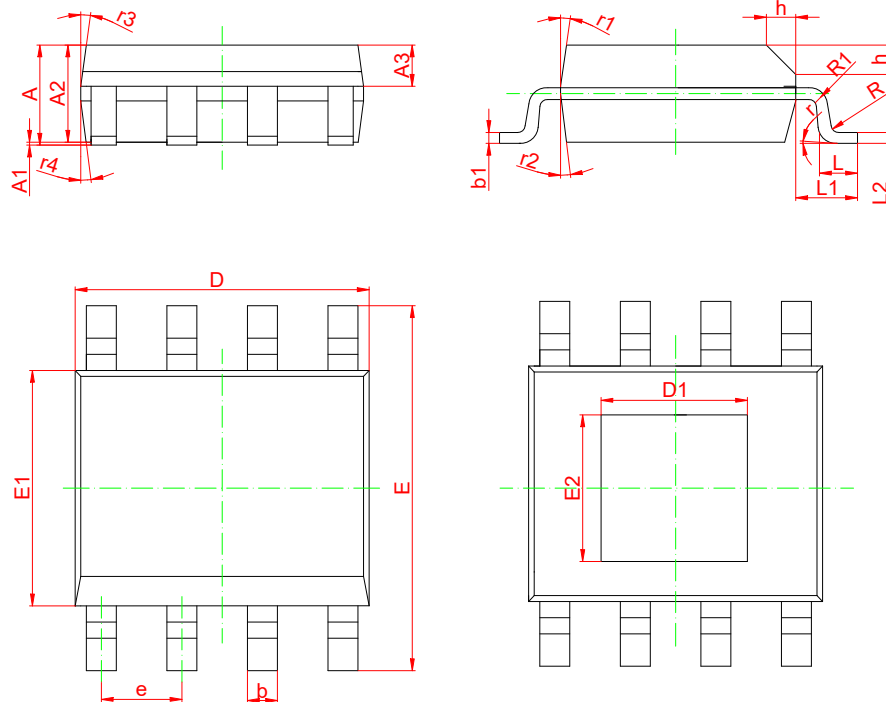
图四：CL1663AA简化应用电路

为了达到最佳的工作效率、散热和EMI性能，我们建议在PCB布线上，遵循以下基本规则。

1. 高频旁路陶瓷电容CIN至关重要，需要将它们放在CL1663AA的VIN和GND管脚附近，尽量减小高频输入电流的回路面积；根据滤波需求，如果需要多个输入电容，把小封装（比如0603）的陶瓷电容放置在离管脚最近的地方，可以有降低高频噪音的最佳效果；
2. VIN、VOUT和GND的大电流回路采用尽量宽且短的连线；
3. VDD的旁路电容布置要靠近管脚，并且用尽量短的连线回到芯片的GND管脚；
4. 推荐使用4层板，CL1663AA的散热焊盘通过阵列过孔的形式连接到每一层。并将第一个中间层作为地层，可以同时起到散热和屏蔽的作用；各层都采用尽量大的GND覆铜，达到充分散热的效果；
5. SW网络包含大量高频噪音，因此管脚的连线需尽量短，同时也要有足够的宽度导通电流；
6. 敏感的模拟信号，如FB和RT，需远SW，BO网络，以及避免离电感太近，可以考虑将走线布置在屏蔽层以下信号层的方式；
7. FB连接的反馈电阻尽量靠近管脚，并且尽量缩短FB的走线长度，以减少噪音引入；



封装说明：ESOP-8L



项目	最小值	典型值	最大值
A	1.35	1.55	1.70
A1	0	0.10	0.15
A2	1.25	1.40	1.65
A3	0.50	0.60	0.70
b	0.38	-	0.51
b1	0.37	0.42	0.47
D	4.80	4.90	5.00
D1	3.10	3.30	3.50
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
E2	2.20	2.40	2.60
e	1.17	1.27	1.37
L	0.45	0.60	0.80
L1	1.04REF		
L2	0.25BSC		
R	0.07	-	-
R1	0.07	-	-
h	0.30	0.40	0.50
r	0°	-	8°
r1	15°	17°	19°
r2	11°	13°	15°
r3	15°	17°	19°
r4	11°	13°	15°

- 此处描述的信息有可能有所修改，恕不另行通知。
- 智凌芯不对由电路或图表描述引起的与工业标准，专利或第三方权利相关的问题负有责任。应用电路图仅作为典型应用的示例用途，并不保证其对专门的大规模生产的实用性。
- 当该产品及衍生产品与瓦圣纳协议或其他国际协议冲突时，其出口可能会需相关政府的授权。
- 未经智凌芯刊印许可的任何对此处描述信息用于其他用途的复制或拷贝都是被严厉禁止的。
- 此处描述的信息若智凌芯无书面许可不能被用于任何与人体有关的设备，例如运动器械，医疗设备，安全系统，燃气设备，或任何安装于飞机或其他运输工具。
- 虽然智凌芯尽力去完善产品的品质和可靠性，但半导体产品的失效和故障仍在所难免。因此采用该产品的客户必须要进行仔细的安全设计，包括冗余设计，防火设计，失效保护以防止任何次生性意外、火灾或相关损毁。