直通模式,输入欠压保护点可设置,具备0.5V超低输入电压 3A高效率DC-DC同步升压转换器

概要

IU5536D是具有0.5V超低输入电压高效率同步升压转换器，能在3.6V输入5V输出下，提供高达3A的输出电流。采用低$R_{DS(on)}$功率MOS和内置同步整流器，在5V/1A负载下，其效率可达91%。这大大减少了功耗，降低了IC的热量，使其成为需要小电路板空间和严格温度限制的应用的理想选择，如电源组和移动设备。
IU5536D的开关频率为650KHz，可以使用小型外部输入和输出电容器和电感器。
IU5536D还具有输出过压保护、输出短路保护和热关断保护。

应用

- USB端口
- 移动蓝牙音乐播放器和扬声器
- 3G/4G PCI-emodule
- 充电宝
- Mobile 3G/4G Mi-Fi
- GPRS电源

描述

- 输入电压范围：0.5~5.5V
- 启动时最小输入电压：1.8V
- 可调输出电压范围：2.2~5.5V
- 高效率：最高可达到91%
- 电流输出能力：

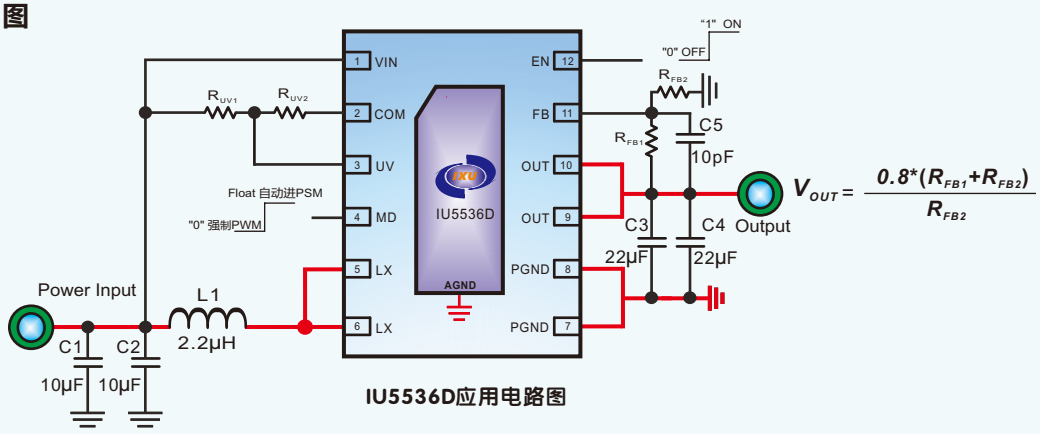
4.2V ⇢ 5.0V：3.0A	3.6V ⇢ 5.0V：2.8A
3.0V ⇢ 5.0V：2.5A	1.8V ⇢ 5.0V：1.2A
3.0V ⇢ 3.7V：3.0A	2.5V ⇢ 3.7V：2.3A
1.8V ⇢ 3.7V：1.5A	3.0V ⇢ 3.3V：3.0A
2.5V ⇢ 3.3V：2.7A	1.8V ⇢ 3.3V：1.6A

- 开关频率：650KHz
- 软启动功能
- 输入电压欠压保护点可设置
- VIN > VOUT 时切换为直通模式
- 轻负载工作时，MD管脚可选自动PSM工作模式或强制PWM工作模式
- 输出过压和输出短路保护
- 热关断保护

封装

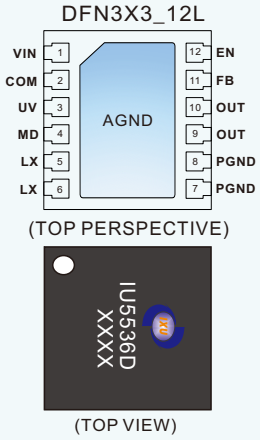
- DFN3X3_12L

典型应用图



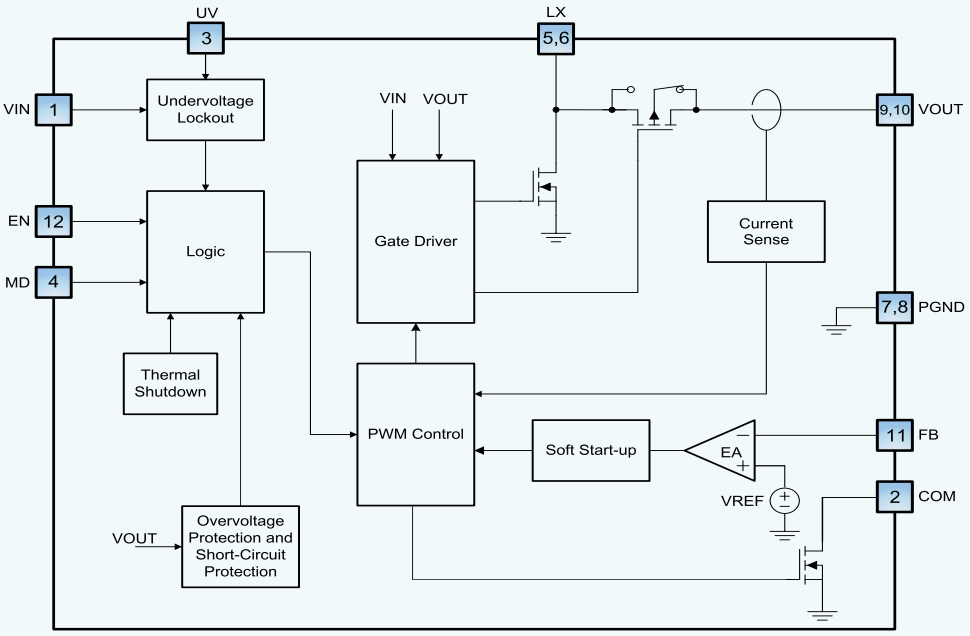
IU5536D应用电路图

引脚排列以及定义



管脚	管脚名称	输入/输出	功能
1	VIN	输入/输出	模拟电源输入
2	COM	输出	输入电压分压电阻与芯片内部开关管连接端
3	UV	输入	电源输入欠压检测端
4	MD	输入	模式选择，低电平强制PWM模式，浮空PSM模式
5,6	LX	输入	开关管脚，连接电感的一端
7,8	PGND	-	功率地
9,10	OUT	输出	输出电压端
11	FB	输入	输出电压反馈端
12	EN	输入	使能控制端，高电平芯片工作
13	AGND	-	模拟地

功能框图



极限参数表[1]

参数	描述	数值	单位
VMAX	VIN,COM,UV,MD,LX,OUT,FB,EN	-0.3~6	V
T_J	结工作温度范围	-40~150	℃
T_{STG}	存储温度范围	-55~150	℃
T_{SDR}	引脚温度（焊接 10s）	260	℃

推荐工作环境

参数	描述	数值	单位
V_{IN}	输入电源电压	1.8~5.5	V
T_J	结工作温度范围	-40~125	℃
T_A	环境温度范围	-40~85	℃

热效应信息[2]

参数	描述	数值	单位
θ_{JA}	封装热阻-芯片到环境热阻	50	℃/W
θ_{JC}	封装热阻-芯片到封装表面热阻	12	℃/W

订购信息

产品型号	封装形式	器件标示	包装尺寸	卷带宽度	数量
IU5536D	DFN3X3_12L		13″	12mm	3000

ESD范围

ESD 范围 HBM(人体静电模式) ---------- ±4KV

ESD 范围 MM(机器静电模式) ----------±400V

1.上述参数仅仅是器件工作的极限值，不建议器件的工作条件超过此极限值，否则会对器件的可靠性及寿命产生影响，甚至造成永久性损坏。
2.PCB板放置IU5536D的地方，需要有散热设计。使得IU5536D底部的散热片和PCB板的散热区域相连，并通过过孔和地相连。

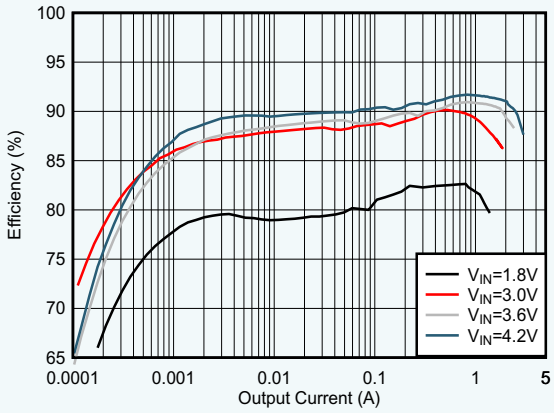
电气参数（除特殊说明外，VIN=3.6V, V_{OUT}=5V, L=2.2uH）

参数	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
POWER SUPPLY						
VIN	电源电压	芯片启动后	0. 5		5.5	V
		芯片启动时	1.8		5.5	V
VIN_{UVLO}	内置输入欠压保护阈值	UV短接VIN Falling		0.5		V
		UV短接VIN Rising		1.8		V
V_{UV}	UV端欠压保护阈值	VIN Rising		460		mV
ΔV_{UV}	UV端欠压保护滞回	VIN Falling		15		mV
R_{MD_UP}	MD端内置上拉电阻			450		KΩ
I_Q	VIN端静态工作电流	MD= “1”，No Load		80		μA
		MD= “0”，No Load		10.3		mA
I_{SD}	芯片关断电流	V_{EN}=0V			1	μA
OUTPUT						
V_{OUT}	输出电压设定范围		2.2		5.5	V
V_{REF}	反馈端参考电压		784	800	816	mV
V_{OVP}	输出过压保护阈值	V_{OUT} Rising		5.8		V
ΔV_{OVP}	输出过压保护滞回	V_{OUT} Falling		0.1		V
I_{OUT_LKG}	OUT端口泄漏电流	VIN=V_{LX}=0, Disable		12		μA
t_{SS}	软启动时间			700		μs
POWER SWITCH						
$R_{DS(on)}$	High-side MOSFET or resistance			80		mΩ
	Low-side MOSFET or resistance			40		mΩ
f_{SW}	开关频率	VIN = 3.6 V		650		KHz
LOGIC INTERFACE						
V_{EN_H}	EN逻辑高电平阈值		1.2			V
V_{EN_L}	EN逻辑低电平阈值				0.4	V

电气参数（除特殊说明外，VIN=3.6V, V_{OUT}=5V）

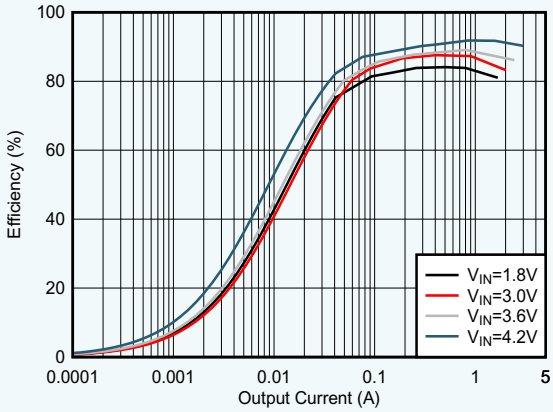
参数	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{MD_H}	MD逻辑高电平阈值		1.2			V
V_{MD_L}	MD逻辑低电平阈值				0.4	V
PROTECTION						
T_{SD}	芯片热保护温度			150		℃
ΔT	芯片热保护滞回			30		℃

特性曲线（除特殊说明外，VIN=3.6V, V_{OUT}=5V）



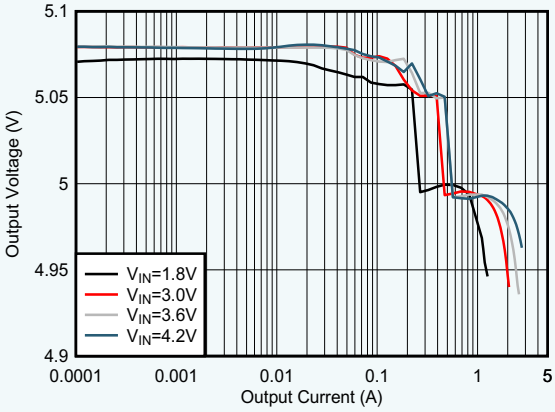
VIN= 1.8 V, 3 V, 3.6 V, 4.2 V; V_{OUT}= 5 V

Load Efficiency With Different Input in Auto PSM



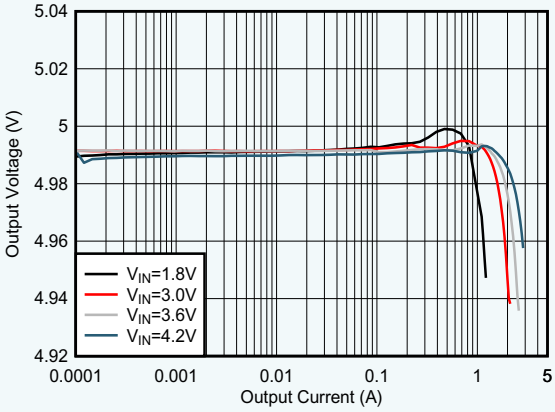
VIN= 1.8 V, 3 V, 3.6 V, 4.2 V; V_{OUT} = 5 V

Load Efficiency With Different Input in Forced PWM



VIN = 1.8 V, 3 V, 3.6 V, 4.2 V; V_{OUT} = 5 V

Load Regulation in Auto PSM



VIN = 1.8 V, 3 V, 3.6 V, 4.2 V; V_{OUT} = 5 V

Load Regulation in Forced PWM

IU5536D应用要点

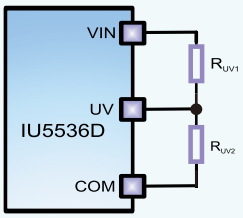
1. 概述

IU5536D是一款宽输入范围、高效率的DC/DC升压开关转换器。芯片使用PWM电流模式控制方案。误差放大器对FB信号和内部参考电压之间的误差进行积分，然后将积分器的输出与电流感测信号和斜率补偿斜坡之和进行比较。该操作产生的PWM信号调制功率MOSFET的占空比，以实现输出电压的调节。输出电压可通过外部电阻器调节。检测NMOS开关管的峰值电流，以限制流过开关和电感器的最大电流。最大峰值电流限制设置为6A。

2. 输入欠压保护功能

IU5536D有一个内置的欠压锁定电路(UVLO)，以确保设备正常工作。当芯片UV管脚与VIN管脚短接时，欠压保护上升阈值为内置的1.8V，即当输入电压高于1.8V时，芯片正常启动并开始升压工作。在芯片启动后，并且输出电压高于2.2V后，芯片可在低至0.5V的输入电压下工作。

当芯片UV管脚外接分压电阻时，欠压保护上升阈值VIN_{UV_R}以及下降阈值VIN_{UV_F}计算公式分别为：



$$VIN_{UV_R}=\frac{V_{UV}*(R_{UV1}+R_{UV2})}{R_{UV2}}$$

$$VIN_{UV_F}=\frac{(V_{UV}-\Delta V_{UV})*(R_{UV1}+R_{UV2})}{R_{UV2}}$$

3. 使能和软启动

当输入电压高于UVLO上升阈值，并且EN引脚被拉到1.2V以上时，芯片被使能并开始软启动。在输出电压达到输入电压后，芯片开始进行开关工作，输出电压进一步上升。对于输入电压为2.5V、输出电压为5V、输出有效电容为44μF且无负载的应用，从EN置高到输出达到目标电压的典型启动时间为700μs。当EN引脚的电压低于0.4V时，芯片完全关闭，输出与输入电源断开连接。

4. Current Limit Operation

IU5536D通过检测同步整流器两端的电压降，在关断时间内进行电流限制检测。根据DC/DC升压的一般原理，占空比D的公式为：

$$D=1-\frac{VIN*\eta}{V_{OUT}}$$

其中V_{OUT}是芯片的输出电压，VIN是输入电压，η是效率，通常取值90%。电感纹波电流峰峰值$\Delta I_{L(P-P)}$的计算公式为：

$$_{\Delta}I_{L(P-P)}=\frac{VIN*D}{L*f_{SW}}$$

其中f_{SW}是芯片的开关频率。在进入电流限制（CL）操作之前，可以定义连续输出电流$I_{OUT(LC)}$最大值为：

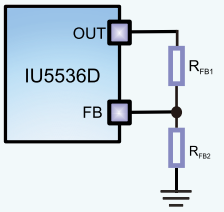
$$I_{OUT(CL)}=(1-D)*(I_{LIM}+\frac{1}{2}{}_{\Delta}I_{L(P-P)})$$

5. 直通模式（Pass-Through Operation）

当输入电压高于设定输出电压时，输出电压会高于目标调节电压。当输出电压为设定目标电压的101%时，IU5536D停止开关动作并完全接通高侧功率管，芯片以直通模式工作。输出电压等于输入电压减去跨过电感DCR与高侧功率管$R_{DS(on)}$上面的总压降。当输入电压下降或负载电流增加时，输出电压降至设定目标电压的96.5%以下时，芯片再次恢复开关动作以调节输出电压。

6. 输出电压的设置

芯片FB管脚对应的内部参考电压V_{REF}为0.8V，根据该电压和外部两个分压电阻R_{FB1}和R_{FB2}，即可设定芯片的输出电压，具体公式如下所示：



$$V_{OUT}=\frac{0.8*(R_{FB1}+R_{FB2})}{R_{FB2}}$$

7. 输出过压保护

IU5536D具有输出过压保护功能，以便在外部反馈电阻错误配置时保护芯片。当输出电压高于V_{OVP}（典型值为5.8V）时，芯片停止开关动作。一旦芯片输出电压低于V_{OVP}-ΔV_{OVP}（典型值为5.7V），芯片将再次恢复工作。

8. 输出短路保护

当输出电压低于2V时，IU5536D开始限制输出电流。输出电压越低，输出电流越小。当V_{OUT}引脚对地短路且输出电压小于0.3V时，输出电流限制在约1.2A。一旦短路解除，芯片再次经过软启动，达到规定的输出电压。

9. 热关断保护

一旦芯片结温超过150°C，IU5536D将进入热关断保护状态。当结温降至热关断恢复温度（通常为120°C）以下时，芯片再次开始工作。

10. MD模式选择

当管脚MD为0电平时，芯片无论轻载还是重载都强制工作在PWM模式下；当管脚MD浮空（不能直接置为逻辑高电平）时，芯片在轻载时会自动进入节能模式（PSM）从而提高轻载时的效率。

11. 电感的选取

由于电感的选择影响着系统的稳态运行、瞬态特性和环路稳定性，因此电感是功率转换器设计中最重要的组成部分。有三个重要的电感规格，电感值，饱和电流和直流电阻（DCR）。

要计算最恶劣情况下的电流，计算时需采用最小输入电压、最大输出电压和最大负载电流。为了有足够的设计裕度，选择具有-30%公差和低功率转换效率的电感进行计算。

在升压架构中，电感的DC电流（$I_{L(DC)}$）计算公式为：

$$I_{L(DC)}=\frac{V_{OUT}*I_{OUT}}{VIN*\eta}$$

结合前述的计算公式，电感峰值电流$I_{L(P)}$的计算公式为：

$$I_{L(P)} = I_{L(DC)} + \frac{1}{2}\Delta I_{L(P-P)}$$

对于最大输出电流，通常建议电感峰峰值电流小于平均电感电流的40%。较大电感值对应较小的纹波，可降低电感中的磁滞损耗和EMI。但在相同的方式下，负载瞬态响应时间增加。电感器的饱和电流必须高于计算的电感峰值电流。

12. 输出电容的选取

输出电容的选择主要是为了满足输出纹波和回路稳定性的要求。纹波电压与电容容值及其等效串联电阻（ESR）有关。假设一个ESR为零的陶瓷电容器，给定纹波电压所需的最小电容的计算公式为：

$$C_{OUT} = \frac{I_{OUT}*D_{MAX}}{V_{RIPPLE}*f_{SW}}$$

其中I_{OUT}为最大输出电流，D_{MAX}为开关最大占空比，V_{RIPPLE}为输出电压纹波峰峰值。如果使用钽电容或铝电解电容，必须考虑ESR对输出纹波的影响。由输出电容器的ESR引起的输出纹波峰峰电压的计算公式为：

$$V_{RIPPLE(ESR)} = I_{L(P)}*R_{ESR}$$

要注意评估陶瓷电容在直流偏置电压、老化和交流信号下的衰减。例如陶瓷电容在额定电压下会损失50%以上的电容。因此始终在额定电压下留有裕度，以确保所需输出电压下有足够的电容。

建议输出电容使用有效电容值在10μF~50μF范围内的X5R或X7R陶瓷电容。输出电容影响升压转换器小信号控制环路的稳定性。如果输出电容低于该范围，升压转换器可能变得不稳定。在PWM模式下，增大输出电容可以减小输出纹波电压。

13. 前馈电容的选取

当开关波形显示大的占空比抖动、输出电压或电感电流显示振荡时，芯片环路可能不稳定。负载瞬态响应也可以检测环路稳定性。在负载瞬态恢复期间，可以监测V_{OUT}的建立时间、过冲或振铃，以帮助判断转换器的稳定性。在没有任何振铃的情况下，环路的相位裕度通常超过45°。

首页应用图中与R_{FB1}并联的前馈电容C5，在环路传递函数中产生出一对零点和极点。通过设置适当的零频率，前馈电容可以增加相位裕度以提高环路稳定性。对于大于40μF的大输出电容应用，建议使用前馈电容将零频率（f_{FFZ}）设置为2KHz。对于输入电压低于2V的应用，建议在有效输出电容小于40μF时，将零频率（f_{FFZ}）设置为20KHz。前馈电容值的计算公式为：

$$C5 = \frac{1}{2\pi*f_{FFZ}*R_{FB1}}$$

14. 输入电容的选取

多层X5R或X7R陶瓷电容，由于具有极低的ESR，并且占地面积小，是升压转换器输入去耦的优选。输入电容必须尽可能靠近芯片。虽然20μF的输入电容对于大多数应用来说已经足够了，但更大的值可能用于更大程度地减少输入电流纹波。请注意当在输入端仅使用陶瓷电容，并且通过长线供电时，输出端的负载阶跃可能会在VIN引脚处引起振铃。这种振铃可能会耦合到输出端，被误认为是环回路不稳定，甚至可能损坏芯片。在这种情况下，放置额外的电容（钽电容或铝电解电容），以减少电源引线的电感和陶瓷输入电容之间可能发生的振铃。

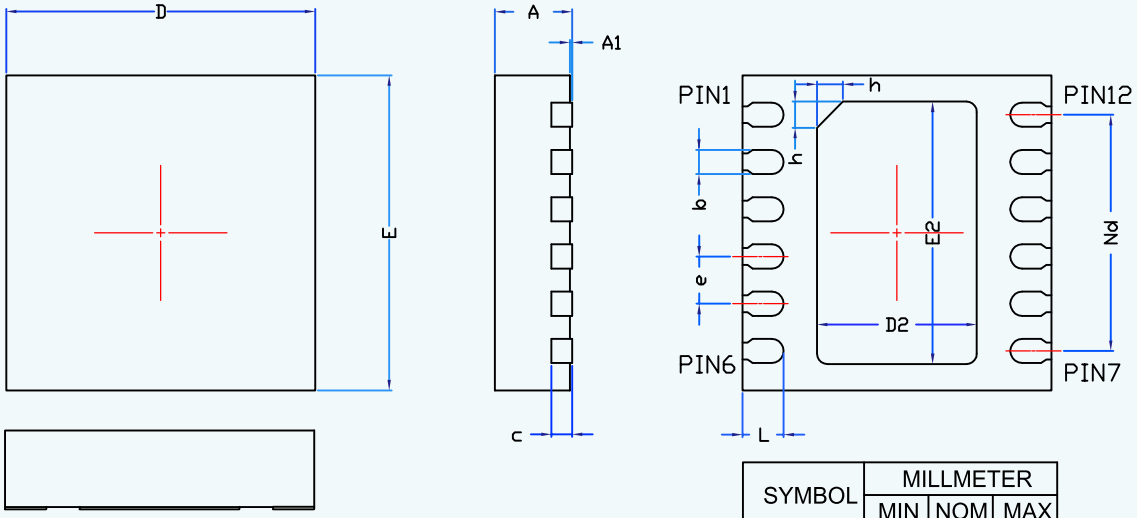
15. PCB设计建议

对于所有开关电源，特别是高开关频率、大电流的开关电源，版图设计是一个重要的设计步骤。如果布局不仔细，转换器可能会出现不稳定和噪声问题。为了最大限度地提高效率，开关上升和下降时间非常快。为了防止高频噪声（例如EMI）的辐射，高频开关路径的正确布局至关重要。尽量减少连接到LX引脚的所有布线的长度和面积，并始终在开关转换器下使用接地板，以尽量减少板间耦合。输入电容不仅需要靠近VIN引脚，还需要靠近GND引脚，以减少输入电源纹波。

对于所有Boost变换器，最关键的电流路径是从开关功率主管开始，通过整流同步管，然后到输出电容，以及回到开关功率主管的地。该大电流路径包含纳秒级的上升和下降时间，必须尽可能短。因此输出电容不仅必须靠近OUT引脚，还必须接近PGND引脚，以减少LX引脚和OUT引脚的过冲。

封装信息

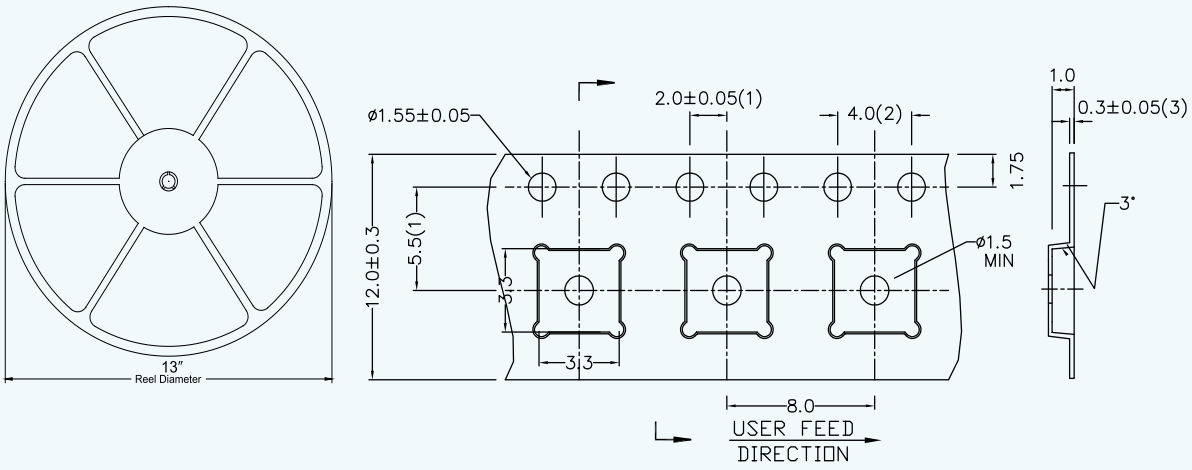
DFN3X3_12L (0303X0.75-0.45)



SYMBOL	MILLMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
b	0.18	0.23	0.28
c	0.15	0.20	0.25
D	2.90	3.00	3.10
D2	1.45	1.55	1.65
e	0.45 BSC		
Nd	2.25 BSC		
E	2.90	3.00	3.10
E2	2.40	2.50	2.60
L	0.35	0.40	0.45
h	0.20	0.25	0.30

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS





MOS电路操作注意事项：

静电在很多地方都会产生，采取下面的预防措施，可以有效防止MOS电路由于受静电放电影响而引起的损坏：

- 操作人员要通过防静电腕带接地。
- 设备外壳必须接地。
- 装配过程中使用的工具必须接地。
- 必须采用导体包装或抗静电材料包装或运输。

声明:

- 上海埃诚攸半导体有限公司保留说明书的更改权，恕不另行通知！客户在使用前应获取最新版本资料，并验证相关信息是否完整和最新。
- 任何半导体产品在特定条件下都有一定的失效或发生故障的可能，买方有责任在使用上海埃诚攸半导体有限公司产品进行系统设计和整机制造时遵守安全标准并采取安全措施，以避免潜在失败风险可能造成人身伤害或财产损失情况的发生！
- 产品品质的提升永无止境，上海埃诚攸半导体有限公司将竭诚为客户提供更优秀的产品！