

11 A 高功率密度 Neo-Switcher™ 同步升压转换器 QFN 4.5 x 3.5 封装

概述

AP2016 是一款高效率，高功率密度，同步升压转换器，可由宽输入电压范围 2.7 ~ 5.5 V 供电。宽泛的输入电压范围非常适用于单节或双节锂离子电池便携设备，例如带有高压专用充电端口 HVDACP 的移动电源。

由于采用全新的 Neo-PWM 控制架构，AP2016 在定频时可获得快速瞬态响应，在轻载时处于 DCM 模式可获得省电效果。芯片集成了低 $R_{DS(ON)}$ 功率开关，在轻载和重载下都能保持高效率。

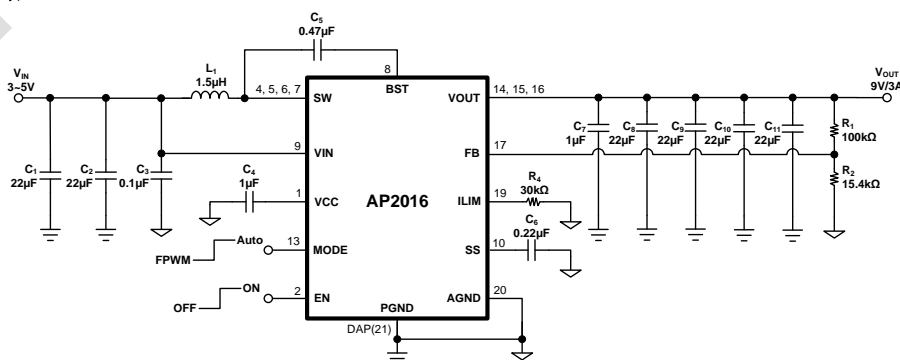
芯片在重载时工作于 PWM 模式，在极轻载时工作于 PFM 模式以降低功率损耗。另外，一个模式选择功能脚可以允许用户选择让芯片在极轻载时工作于强制 PWM 模式或者 PFM 模式。如果应用对于轻载纹波或者频率分量很敏感，建议选择强制 PWM 模式。

AP2016 包含可调软启动，可调逐周期峰值限流，热关断，输入欠压保护和栅极驱动 UVLO。AP2016 采用 4.5 mm × 3.5 mm 20 脚 QFN 封装。

应用

- 带有 HVDACP 的移动电源
- 便携式扬声器
- 便携式电池供电应用

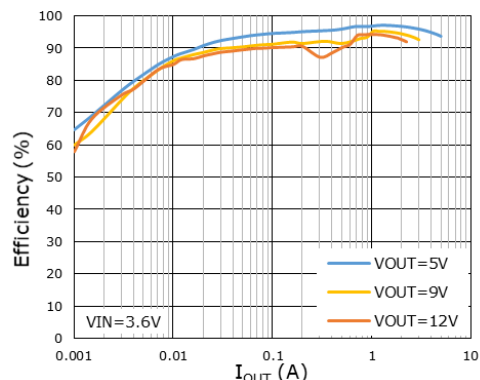
典型应用电路



特性

- Neo-PWM 控制架构
- 输入电压范围: 2.7 ~ 5.5 V
- 输出电压范围: 4.5 ~ 12.6 V
- 11 A 开关电流
- 超过 91 % 效率， $V_{IN} = 3.3 V$, $V_{OUT} = 9 V$, $I_{OUT} = 3 A$
- 内置低 $R_{DS(ON)}$ 13 mΩ 和 11 mΩ 功率管
- 强制 PWM 模式获得低纹波电压和固定开关频率
- 600 kHz 开关频率
- 可调软启动
- 输入 UVLO
- 快速瞬态响应
- 没有外部补偿
- 输出自动放电
- 输出过压保护
- 可调逐周期峰值限流
- 谷值限流
- 热关断
- 4.5 mm × 3.5 mm 20 引脚 QFN 封装

典型应用效率

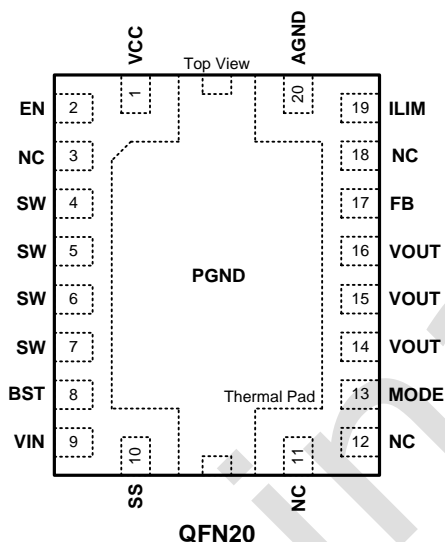


订货信息

订购代码	包装信息	顶层标记
AP2016QFER	5,000/Reel	AP2016 AXYP ⁽¹⁾

(1). XY = 日期代码, P = 封装厂

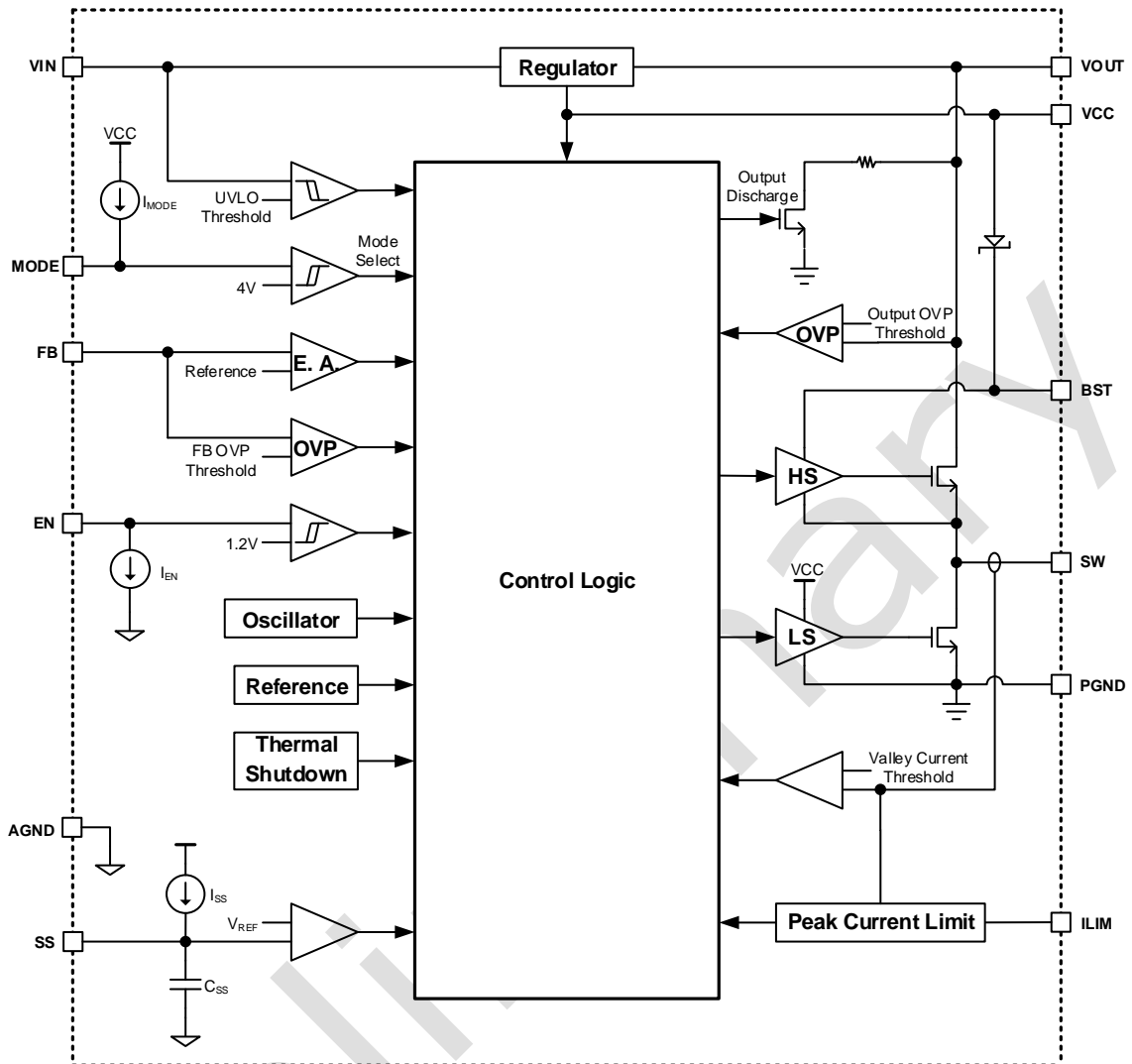
引脚配置



引脚描述

引脚序号	引脚名称	引脚功能
1	VCC	内部稳压器输出。此引脚和 AGND 之间需接一个大于 1 μ F 的瓷片电容。
2	EN	使能输入控制。高有效。
3, 11, 12, 18	NC	无内部电路连接。这些引脚可以接到PCB的铺地以获得更好的散热。
4, 5, 6, 7	SW	上管和下管之间的开关节点。连接这个引脚到电感的开关节点。
8	BST	同步管的栅极驱动输入引脚。BST 和 SW 之间连接一个 470 nF 电容。
9	VIN	输入电压供电。
10	SS	可调软启动引脚。一个外部电容设置软启动期间内部误差放大器参考电压上升速率。
13	MODE	模式选择。当 MODE 引脚置高, 芯片根据不同负载在 PWM 和 PFM 之间切换。当 MODE 置低, AP2016 仅工作于强制 PWM 模式, 与负载无关。
14, 15, 16	VOUT	升压转换器输出。
17	FB	转换器反馈输入。连接到输出反馈电阻的中点编程输出电压。
19	ILIM	可调开关峰值电流限制。一个外部电阻连接此引脚到 AGND 引脚。
20	AGND	IC 的信号地。
DAP(21)	PGND	功率地。同步管源连接功率返回引脚。

功能框图



绝对最大额定值⁽¹⁾

V_{IN}, SW, V_{OUT}, EN -0.3 V ~ 16 V
 V_{CC}, SS, MODE, ILIM, FB.-0.3 V ~ 5.5 V
 BST to SW.....-0.3V ~ 5.5 V
 ESD 等级 (人体模式).....±2 kV⁽²⁾
 封装热阻⁽³⁾

最小工作温度 T_J.....-40 °C
 最大工作温度 T_J.....内部限制
 储存温度.....-55 °C ~ 150 °C
 引脚温度 (焊接 10s.).....260 °C

Θ_{JA}..... 38.8 °C/W

- (1). 所有电压都是指对GND引脚的电压，除非另有说明；超过这些额定值可能会损坏器件。
- (2). 测试等级Class 2按 ESDA/JEDEC JDS-001-2014。
- (3). 热阻是在T_A=25 °C自然对流条件下，使用JEDEC 51-3热计量标准的低效单层热导系数测试板测得。

电气特性⁽¹⁾

(V_{IN} = 3.6 V, T_A = 25 °C, 除非另有说明。)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压						
输入电压	V _{IN}		2.7		5.5	V
UVLO						
输入 UVLO 阈值	V _{IN_UVLO}	V _{IN} 上升,	2.0	2.1	2.2	V
输入 UVLO 迟滞	V _{IN_UVLOHYS}	V _{IN} 下降		150		mV
VCC						
VCC 电压	V _{CC}	I _{VCC} = 5 mA, V _{IN} = 3.6 V, V _{OUT} = 9 V	4.7	5.0	5.3	V
输入电流						
V _{IN} 引脚工作供电电流 (无开关)	I _Q	V _{EN} = 2 V, I _{LOAD} = 0 A, R _{ILIM} = 30 kΩ, V _{FB} = 1.25 V, V _{OUT} = 12 V,		16	18	μA
V _{OUT} 引脚工作供电电 流(无开关)				526	606	μA
V _{IN} 引脚关断电流	I _{SHDN}	V _{EN} = 0 V, I _{LOAD} = 0 A, 没有反馈电阻连接 到 V _{OUT} 引脚,		1.4	3.0	μA
输出						
输出电压范围	V _{OUT}		4.5		12.6	V
反馈电压阈值	V _{REF}		1.186	1.204	1.222	V
反馈电流	I _{FB}	V _{FB} = 1.5 V			100	nA
输出/反馈过压保护						
输出过压保护阈值	V _{OUT_OVP}	V _{OUT} 上升,	12.7	13.3	13.9	V
反馈过压阈值 ⁽²⁾	V _{FB_OVP}	V _{FB} 上升 (% of V _{FB_TH})		110		%
振荡器						
开关频率	F _{SW}	V _{OUT} = 12 V,	540	600	660	kHz
最小导通时间 ⁽²⁾	T _{ON_MIN}			120		ns
最小关断时间 ⁽²⁾	T _{OFF_MIN}			400		ns

电气特性⁽¹⁾ (续)(V_{IN} = 3.6 V, T_A = 25 °C, 除非另有说明。)

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
使能 & 模式输入						
EN 引脚高电平输入电压	V _{EN_HI}		1.2			V
EN 引脚低电平输入电压	V _{EN_LO}				0.4	V
EN 内部下拉电流 ⁽²⁾	I _{EN}			400		nA
模式引脚高电平输入电压	V _{MODE_HI}	V _{CC} = 5.5 V	4			V
模式引脚低电平输入电压	V _{MODE_LO}	V _{CC} = 5.5 V			1.5	V
模式引脚上拉电流 ⁽²⁾	I _{MODE}	V _{CC} = 5.5 V, V _{MODE} = 0 V		2.0		μA
MOSFET						
上管导通电阻	R _{DSONH}	V _{CC} = 5.5 V		13		mΩ
下管导通电阻	R _{DSONL}	V _{CC} = 5.5 V		11		mΩ
上管漏电流	I _{LEAK_H}	V _{SW} = 0 V			5	μA
下管漏电流	I _{LEAK_L}	V _{SW} = V _{IN}			5	μA
限流						
下管峰值限流	I _{LIM_LS_PEAK}	R _{LIM} = 30 kΩ V _{CC} = 5.5 V	11.5	14.0	16.5	A
ILIM 引脚参考电流 ⁽²⁾	I _{LIM}	R _{LIM} = 30 kΩ		3		μA
软启动						
软启动充电电流 ⁽²⁾	I _{SS}	V _{SS} = 0 V		4		μA
输出自动放电						
放电电阻	R _{DISCH}	V _{FB} = 1.6 V	376		564	Ω
放电时间 ⁽²⁾	T _{DISCH}	C _{OUT} = 470 μF, V _{OUT_INITIAL} = 12.6V V _{OUT_FINAL} = 5 V		300		ms
热关断						
热关断阈值 ⁽²⁾	T _{SD}			175		°C
热关断迟滞 ⁽²⁾	T _{SDNHYS}			50		°C

(1). 此温度范围外的规格由设计以及电路特性保证。

(2). 设计及电路特征保证。

功能描述

工作说明

AP2016 是一款高功率密度同步升压转换器，可由宽输入电压范围 2.7 V ~ 5.5 V 供电。芯片集成了低 $R_{DS(ON)}$ 功率开关，在轻载和重载下都能保持高效率。芯片在重载时工作于 PWM 模式，在极轻载时工作于 PFM 模式以降低功率损耗。另外，一个模式选择功能脚可以允许用户选择让芯片在极轻载时工作于强制 PWM 模式或者 PFM 模式。

正常工作期间，内部主开关打开一段时间，电感电流在内部振荡器的每个上升沿上升，当峰值电感电流采样电压高于误差电压，主开关关闭。电流比较器限制峰值电感电流。一旦主开关关闭，同步整流管立即开启并维持直到电感电流衰减到零，此状态由过零电流比较器标志给控制电路，然后开始下一个周期

编程输出电压

输出电压可以通过 FB 引脚编程，低至 4.5 V 高达 12.6 V（推荐值）。反馈电压典型值为 1.204 V。 R_1 （上反馈电阻）和 R_2 （下反馈电阻）形成反馈分压器。输出电压通过方程 1 计算。

$$V_{OUT} = 1.204 \times \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) \quad (1)$$

这里

- V_{OUT} ，输出电压。
- R_1 ，输出和反馈引脚之间的电阻值。
- R_2 ，FB 和 GND 之间的电阻值。

输入欠压锁定(UVLO)

输入 UVLO 电路阻止转换器开启工作直至输入电压达到典型阈值 2.1 V。150 mV 迟滞使得电路不会被禁用直至输入电压将至 1.95 V。此功能为了防止芯片在输入电压 1.95 V 到 2.1 V 之间出故障。

可调峰值限流

峰值电流限制可防止 AP2016 从电感或输入端拉出过大电流。过大电流可能发生短路或重载条件下使电感饱和。如果电感电流达到峰值电流阈值，主开关管关闭，同步管开启，以使电感电流斜坡下降。峰值限流可通过连接 ILIM 和地之间的外部电阻 R_4 编程。

对于典型 14 A 限流，电阻应设置为 30 k Ω 。最小峰值限流必须大于在最低输入电压和最大输出功率时的所需峰值开关电流，以确保正常工作不会冲击到峰值开关电流。

输出和反馈过压保护(OVP)

AP2016 有两个输出 OVP 功能。分别是输出 OVP 和 FB OVP。输出 OVP 直接检测输出电压。如果输出电压超过输出 OVP 阈值 13.3 V(典型值)，芯片立即停止开关。此功能防止输出电容被输出端高压损坏即使是反馈电阻失效开路。

FB OVP 工作非常类似于输出 OVP 除了它是检测 FB 引脚(V_{FB})。一旦 V_{FB} 上升超过反馈电压阈值的 110%，FB OVP 将立即被触发并停止开关。直到 V_{FB} 下降到 FB OVP 迟滞以下，OVP 条件被移除。

输出自动放电

AP2016 专为 USB 接口 IC(QC 2.0 / 3.0)工作而设计。对于输出电压变化的应用，AP2016 集成输出自动放电电阻，一旦 FB 引脚电压高于反馈阈值的 110%，将对输出电容放电。此功能在高压充电方案中很重要。

例如，输出电容被 AP2016 充电到高电压（由快充便携设备与快充接口芯片通讯后设置），如果在便携设备拔出后没有较强的放电路径，电容要花很长时间去放电。也就是说，当断开 QC 2.0 / 3.0 设备后立刻连上传统的 5 V 便携设备时就有机会损坏 5 V 设备。

模式选择输入

AP2016 有一个模式选择功能，允许用户在轻载时选择 PFM 和强制 PWM 模式。

如果模式引脚置高或悬空，AP2016 在轻载时工作于 PFM 模式以降低功耗提高效率。在每个开关周期开始时，上管开启，电感电流上升。一旦电感电流超过峰值限流，上管关闭下管开启，电感电流下降。下管一直保持开启直到电感电流衰减到零，此状态由过零电流比较器标志给控制电路。在这个模式下，电感峰值电流保持恒定，开关处于间歇模式。输出电压通过改变与负载电流成比例的脉冲频率来调节。

如果模式引脚置低，AP2016 在轻载时工作于强制 PWM 模式可获得较好瞬态响应，较低输出

纹波和固定开关频率以减少噪声干扰。过零比较器被禁用，下管保持开启直到下一个开关。因此，轻载时，电感电流衰减到零后开始反向。

使能输入

AP2016 通过 EN 逻辑高电平开启。如果 EN 被拉低，芯片强制关断模式。在关断模式下，内部功率管以及整个控制电路被关闭。

可调软启动

AP2016 实现一个可调的软启动功能以减小启动时的浪涌电流。一旦输入电压上升到 UVLO 阈值 2.1 V 以上，软启动开始。在软启动期间，外部电容 C_6 和内部电容 C_{SS} 以恒定的电流充电以使 SS 引脚电压缓慢上升，并与内部参考电压 (1.204 V) 比较。当 SS 引脚电压超过内部参考

电压 (1.204 V)，软启动周期完成。软启动时间通过方程 2 计算。

$$T_{SS} = \frac{V_{REF} \times (C_{SS} + C_6)}{I_{SS}} \quad (2)$$

这里

- T_{SS} ，软启动时间。
- V_{REF} ，内部反馈电压 1.204 V。
- C_{SS} ，连接到 SS 引脚的内部电容。
- C_6 ，连接到 SS 引脚的外部电容。
- I_{SS} ，软启动充电电流 4 μ A。

热关断

热关断功能防止由于过热和功耗引起芯片损坏。通常情况下，热关断发生在结温 175 °C 时。当热关断触发，芯片停止开关，直至结温下降到热关断迟滞以下，芯片又开始开关。

应用信息

设计要求

设计参数	目标值
输入电压范围	3 V ~ 5 V
输出电压	9 V
输出电流	3 A
轻载工作模式	PFM

表 1. 设计参数

设置输出电压

反馈电阻 R_1 , R_2 , 通过公式 1 编程输出电压。

在 QC 2.0 / 3.0 应用中, 上反馈电阻 R_1 一般固定为 100 k Ω 。通过公式 1 中的 R_1 和 V_{OUT} , 计算出 $R_2 = 15.4$ k Ω 。

电感选择

由于电感的选择不影响电源工作稳定性, 瞬态, 环路稳定和整体效率, 因此电感是开关电源设计中最重要的一部分。电感三个最重要的参数是电感值, DC 电阻和饱和电流。

AP2016 设计的工作电感值为大于 1.5 μ H。1.5 μ H 电感是封装较小的典型应用, 而较大的电感值具有较低的电感电流纹波。

电感额定公差范围是 10 % ~ 30 %。根据不同电感制造商对电感饱和的规定, 在零偏置电流时, 可能会进一步减少到 20 % ~ 35 %。选择电感的最基本要求是饱和电流必须大于峰值开关电流和 DC 额定电流大于正常工作的平均电流。在升压转换器中, 平均电感电流等于输入电流。电感峰值纹波电流可以通过公式 3 计算。

$$\Delta I_L = \frac{1}{L \times F_{SW}} \times \left(\frac{1}{V_{IN}} - \frac{1}{V_{OUT}} \right) \quad (3)$$

这里

- L , 电感值。
- V_{OUT} , 输出电压。
- V_{IN} , 输入电压。
- F_{SW} , 开关频率。

电感直流电流可以通过公式 4 计算。

$$I_{DC} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times \eta} \quad (4)$$

这里

- I_{OUT} , 输出电流。
- V_{OUT} , 输出电压。
- V_{IN} , 输入电压。
- η , 整体效率。

电感峰值电流是直流电流加上峰值纹波电流的一半。因此, 电感峰值电流可以通过公式 5 计算。

$$I_{PK} = I_{DC} + \frac{\Delta I_L}{2} \quad (5)$$

这里

- I_{DC} , 电感直流电流。
- ΔI_L , 电感峰值纹波电流。

由于升压转换器高输入电流特性, 功率路径的阻抗对总效率有明显影响。考虑到这一点, 建议采用低值电感, 如 1.5 μ H, 以降低直流阻抗。

将 $V_{IN} = 3$ V(最低输入电压), $V_{OUT} = 9$ V, $I_{OUT} = 3$ A(最高输出电流), $L = 1.2$ μ H(1.5 μ H 的 -20% 公差), $F_{SW} = 540$ kHz(最低工作频率) 和 $\eta = 90$ %(大概效率) 代入公式 3, 4 和 5, 可获得最坏情况下的峰值电感电流, $I_{PK} = 10.17$ A。

在最糟糕的情况下, 电感饱和电流必须大于电感峰值电流, 以防止饱和。表 2 列出了满足设计要求的电感规格。

Manufacturer	Part Number	L (μH)	IDC (A)	ISAT (A)	DCR ($\text{m}\Omega$)	Size [LxWxH] (mm)
Mag.Layers	MMD-10DZ-1R5M-X2	1.5 \pm 20%	16	32	3.8	11.5x10.3x4.0

表 2. 推荐电感

设置峰值限流

计算出峰值电流为 10.17 A。由于限流公差和动态时的较高电流，设置峰值限流时应考虑至少 20 % 的裕量。通过图 11，ILIM 和地之间的电阻值应低于 56 k Ω 。

输入电容选择

输入电容可降低输入浪涌电流和芯片开关噪声。输入电容在开关频率时的阻抗必须小于输入源阻抗，以防止高频开关电流传到输入。必须选用满足最大 RMS 电流的低 ESR 电容。推荐使用 X5R 或 X7R 的多层陶瓷电容，它们具有低 ESR，低温度系数和紧凑的尺寸。两个 22 μF 的多层陶瓷电容可以满足大多数应用。

输出电容选择

输出电容要求保持输出电压纹波小且确保环路稳定。输出电容必须在开关频率时具有低阻抗。

推荐使用 X5R 或 X7R 的多层陶瓷电容，它们具有低 ESR 和紧凑的尺寸。在选择电容器时，应考虑直流偏置下的电容降额。在直流偏压下，MLCC 的有效电容比标记值低得多。因此，建议在电压额定值上选择具有一定裕量的 MLCC，以确保足够的有效电容。输出纹波， ΔV_{OUT} ，通过下式获得：

$$\Delta V_{\text{OUT}} = \frac{I_{\text{OUT}} \times (V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN_MIN}})}{V_{\text{OUT}} \times F_{\text{SW}} \times C_{\text{OUT}}} + \text{ESR} \times I_{\text{PK}} \quad (6)$$

这里

- I_{OUT} ，输出电流。
- V_{OUT} ，输出电压。
- $V_{\text{IN_MIN}}$ ，最小输入电压。
- F_{SW} ，开关频率。
- C_{OUT} ，输出电容有效值。
- ESR，输出电容等效串联电阻。
- I_{PK} ，电感峰值电流。

布局建议

在布局 PCB 时，应考虑以下建议以确保 AP2016 正常工作。这些建议在图 1，图 2，图 3 和图 4 中显示。

1. 功率路径包括 GND，SW 和 VIN，应该尽可能的短，直和宽。
2. FB 引脚应直接和输出反馈分压电阻中心点连接。
3. 分压电阻必须直接和输出电容，AGND 引脚连接。
4. 输入电容 C₃ 必须尽可能地靠近 VIN 和 AGND。
5. 输入电容 C₁ 和 C₂ 必须尽可能地靠近功率电感和 PGND 引脚，并直接连接到输入电源和地。这个电容给内部功率 MOSFET 提供 AC 电流。
6. 输出电容和 VOUT 引脚路径应尽可能短，电容的另一端应直接和大面积地连接以减少噪声。
7. 保持开关节点 SW，远离敏感的 FB 节点。
8. 保持输入电容和输出电容的负端尽可能靠近。
9. GND 使用大面积铺铜和散热过孔以获得最佳散热和噪声抑制。

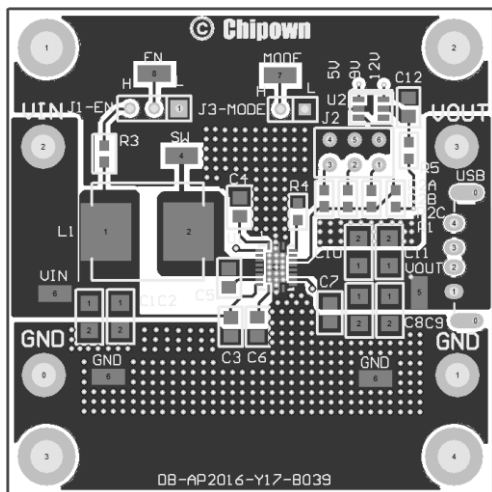


图 1. 顶层

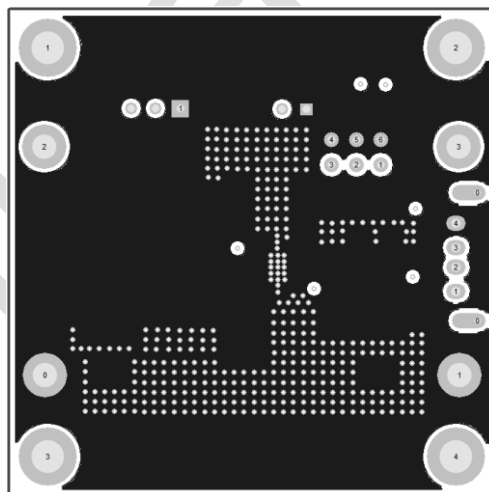


图 2. 中间层 1

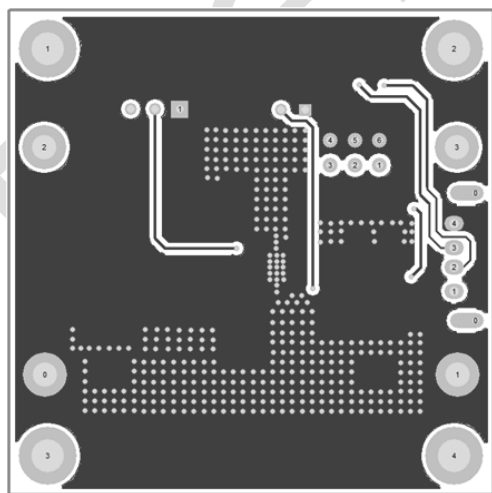


图 3. 中间层 2

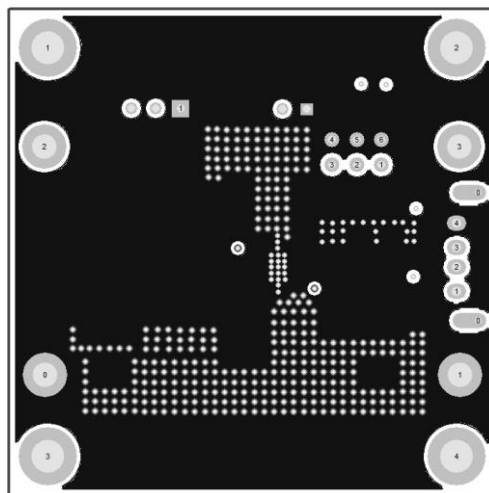


图 4. 底层

典型性能特征

所有波形测试条件为 $V_{IN} = 3.6\text{ V}$ ，配置见手册中典型应用电路所示。 $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ，除非另有说明。

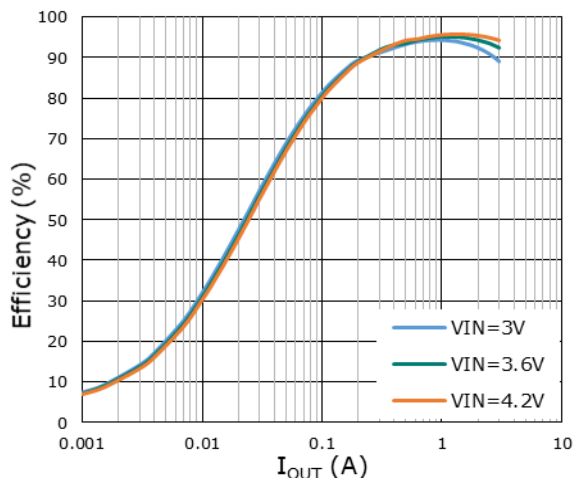


图 5. 效率 vs. 负载电流
 $V_{OUT} = 9\text{ V}$, FPWM

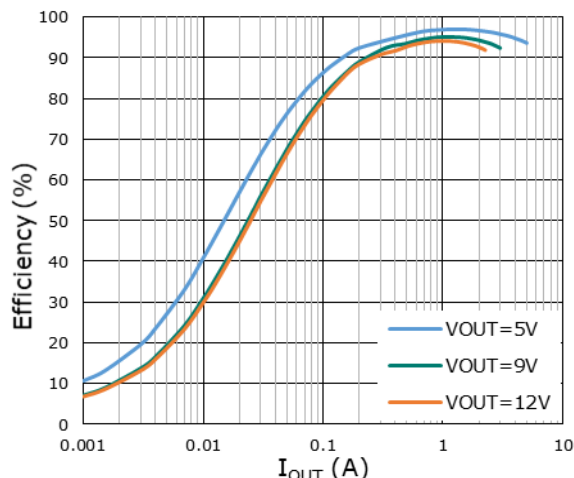


图 6. 效率 vs. 负载电流
 $V_{IN} = 3.6\text{ V}$, FPWM

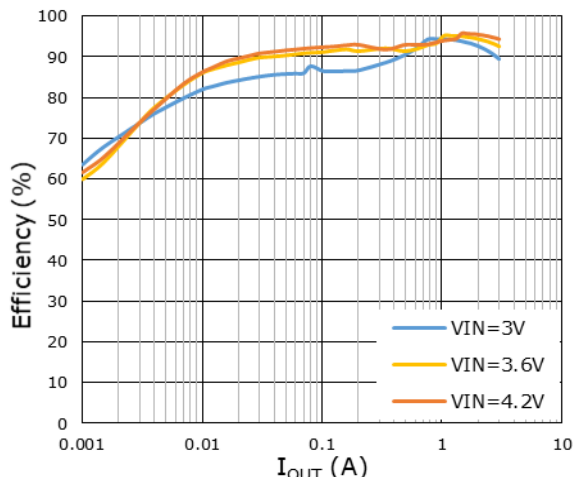


图 7. 效率 vs. 负载电流
 $V_{OUT} = 9\text{ V}$, 自动模式

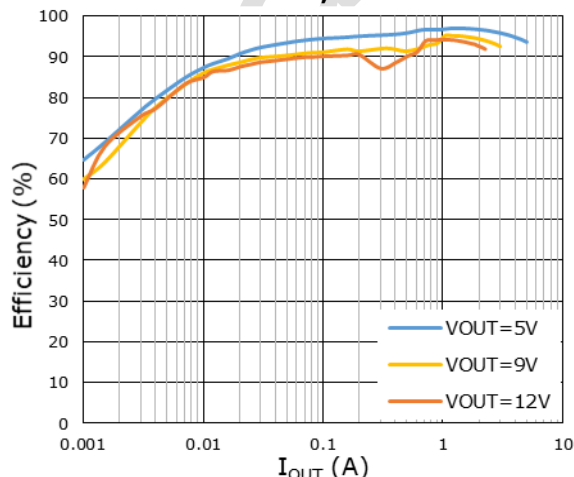


图 8. 效率 vs. 负载电流
 $V_{IN} = 3.6\text{ V}$, 自动模式

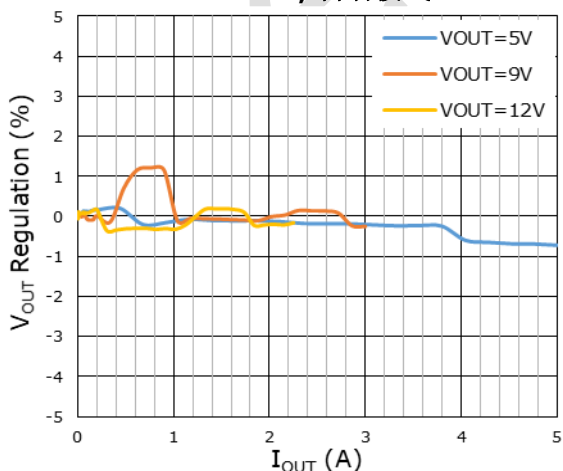


图 9. V_{OUT} 调整率 vs. 负载电流
自动模式

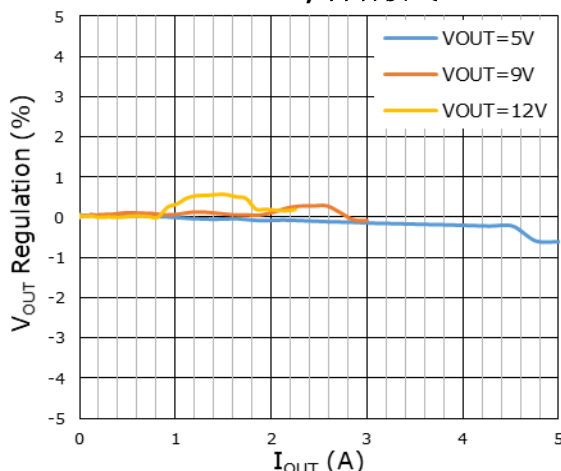


图 10. V_{OUT} 调整率 vs. 负载电流
FPWM 模式

典型性能特征 (续)

所有波形测试条件为 $V_{IN} = 3.6\text{ V}$, 配置见手册中典型应用电路所示。 $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 除非另有说明。

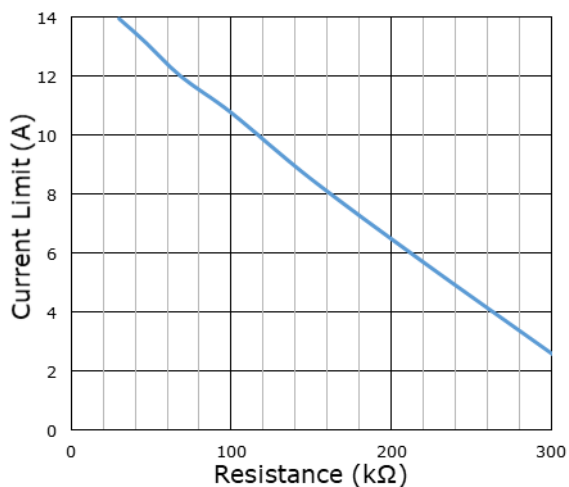


图 11. 电流限制 vs. 设置电阻

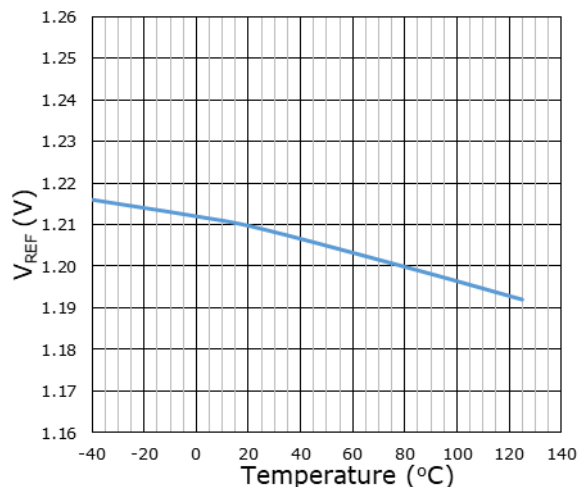


图 12. 反馈电压 vs. 温度

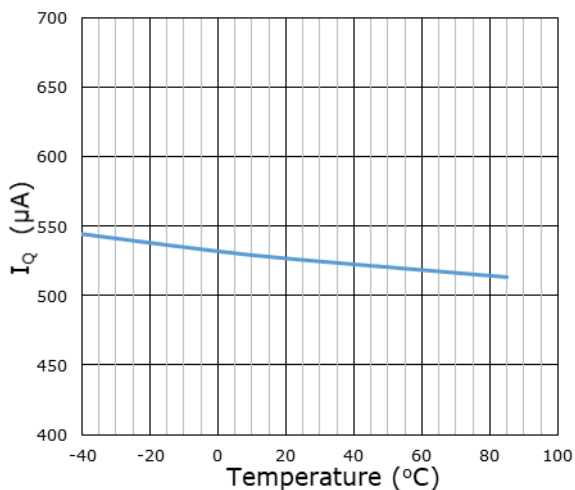


图 13. V_{OUT} 引脚静态电流 vs. 温度

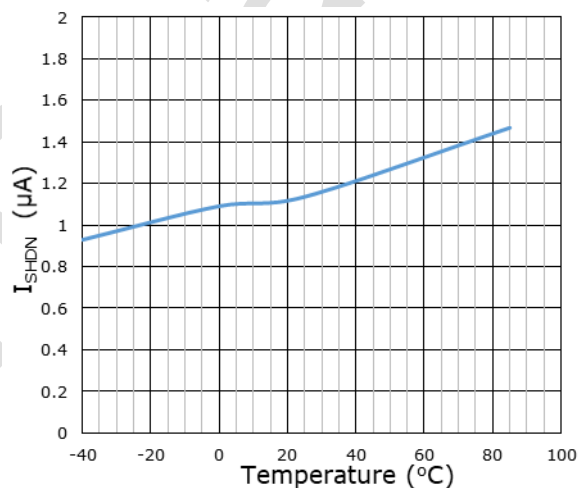


图 14. 关断电流 vs. 温度

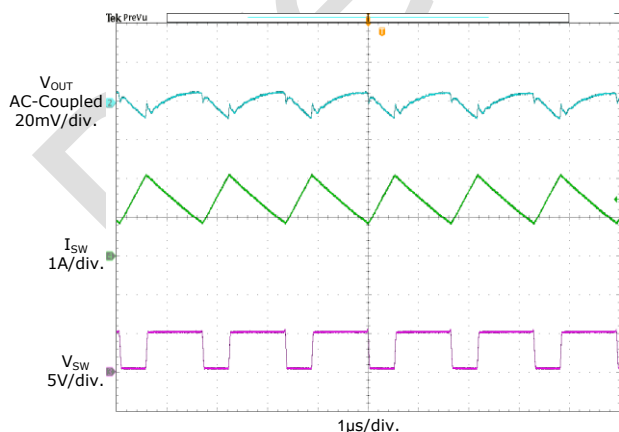


图 15. CCM 模式开关波形

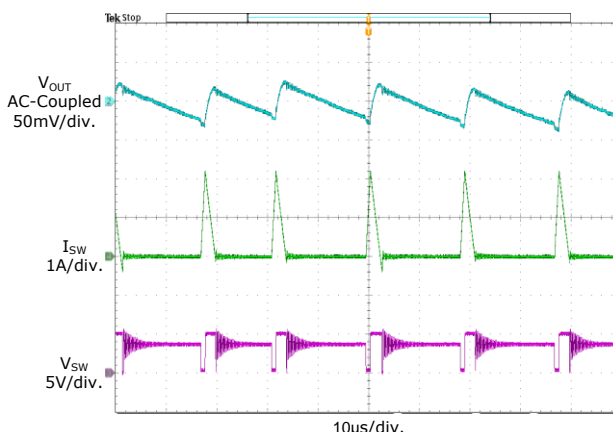


图 16. PFM 模式开关波形

典型性能特征 (续)

所有波形测试条件为 $V_{IN} = 3.6\text{ V}$, 配置见手册中典型应用电路所示。 $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$, 除非另有说明。

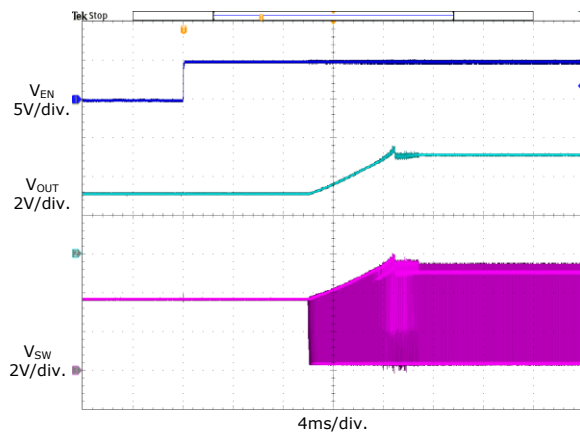


图 17. 启动波形

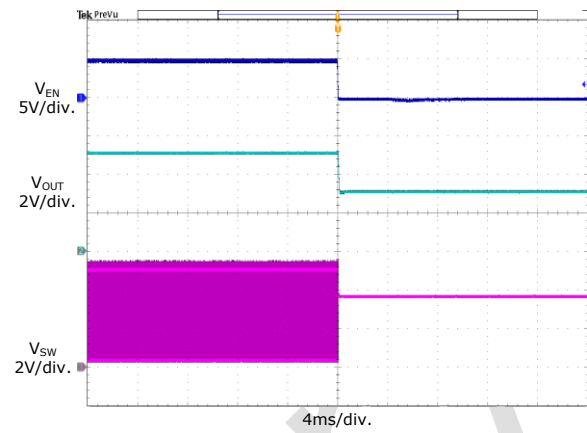


图 18. 关断波形

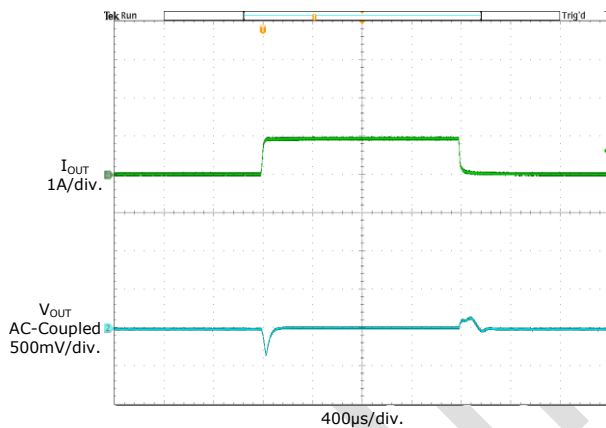


图 19. 负载响应

$V_{OUT} = 5\text{ V}, I_{OUT} = 80\text{ mA} \leftrightarrow 1\text{ A}$

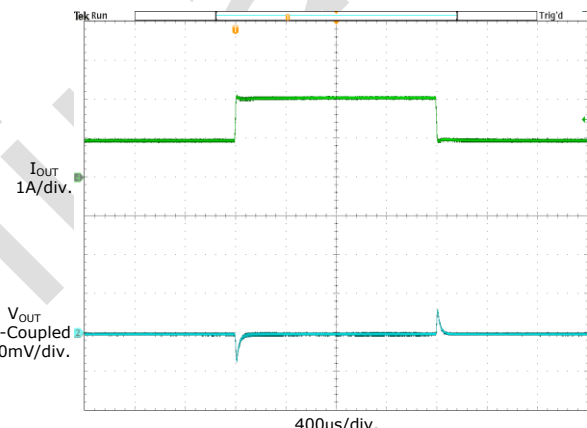


图 20. 负载响应

$V_{OUT} = 5\text{ V}, I_{OUT} = 1\text{ A} \leftrightarrow 2.1\text{ A}$

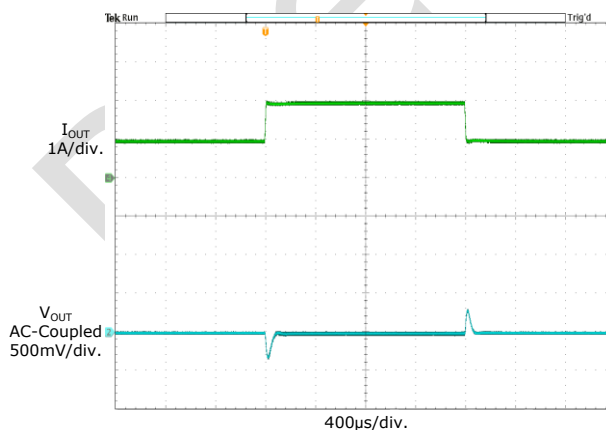


图 21. 负载响应

$V_{OUT} = 9\text{ V}, I_{OUT} = 1\text{ A} \leftrightarrow 2\text{ A}$

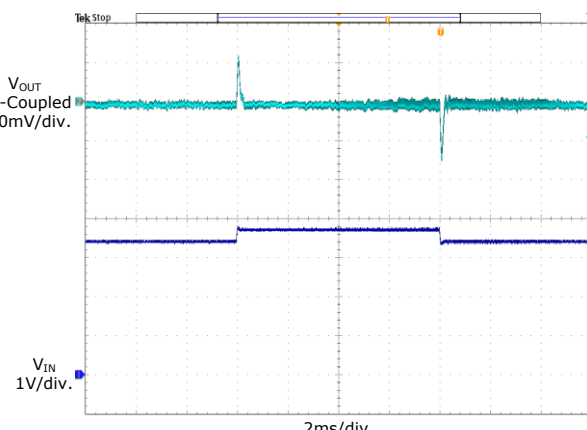
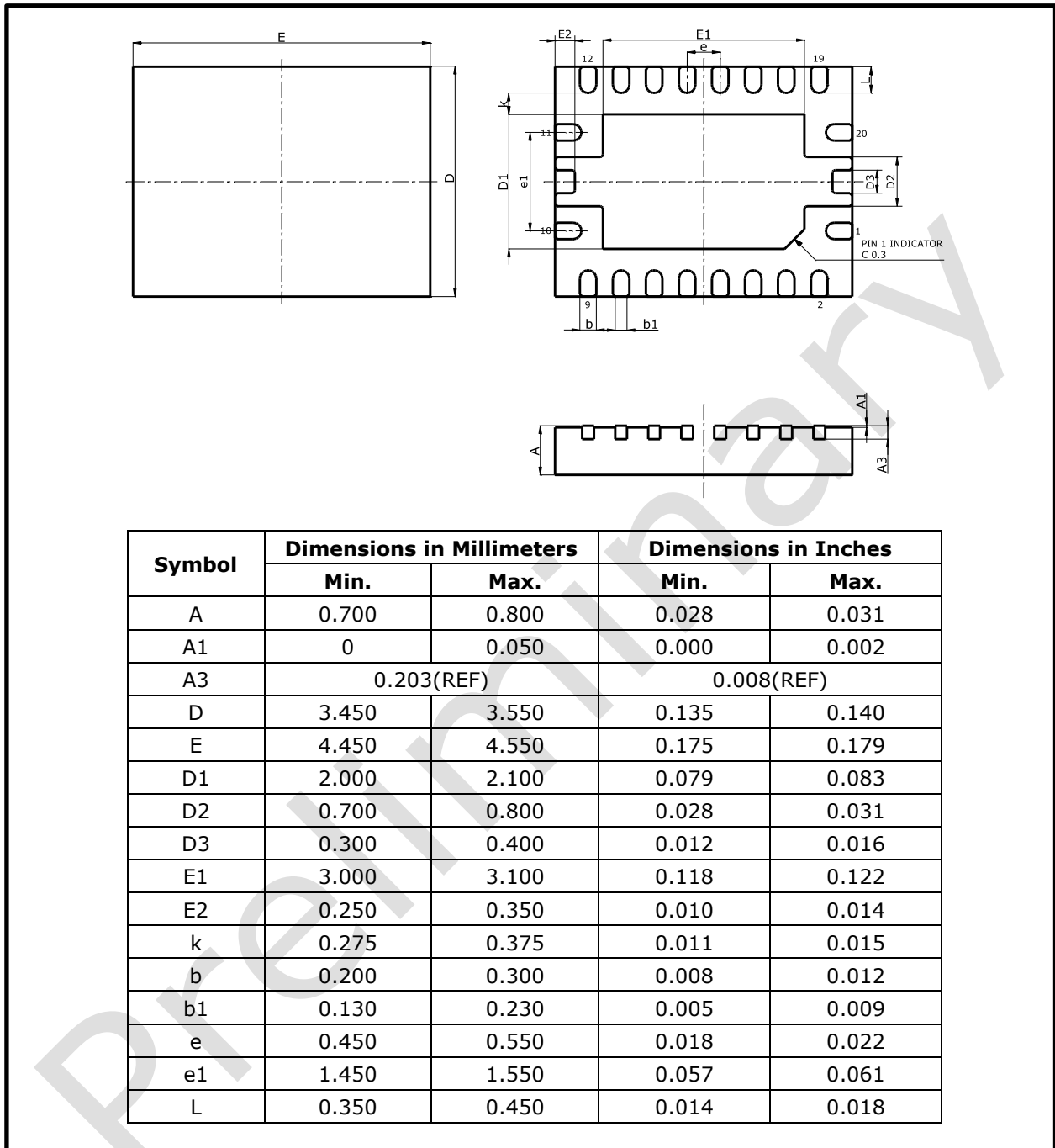


图 22. 线性响应

$V_{OUT} = 9\text{ V}, V_{IN} = 3.3\text{ V} \rightarrow 3.6\text{ V} \rightarrow 3.3\text{ V}$

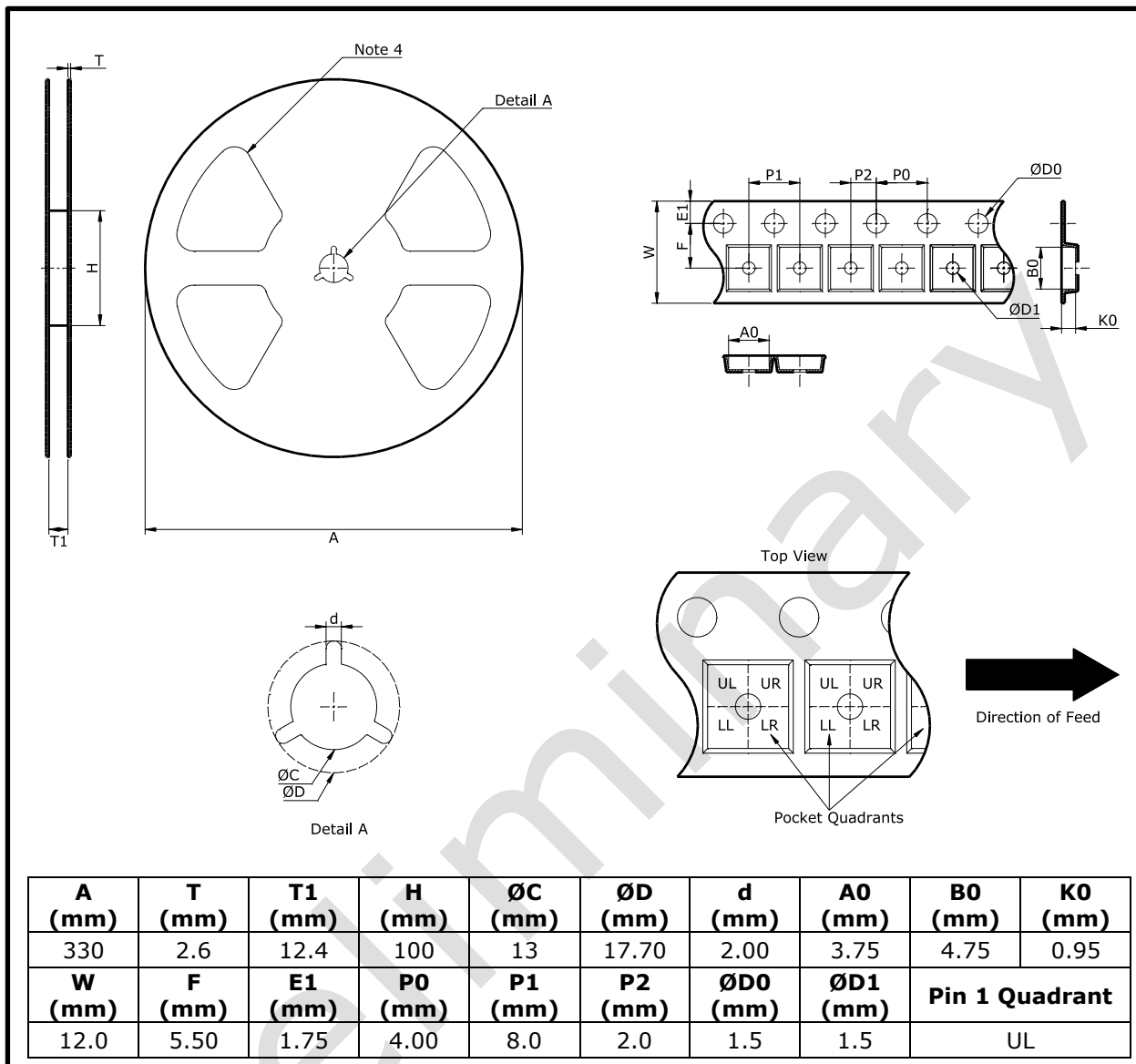
封装信息 封装外形尺寸



备注:

1. 此制图可以不经通知进行调整。
2. 器件本体尺寸不含模具飞边。

编带和卷轴信息



备注:

1. 此制图可以不经通知进行调整。
2. 所有尺寸是毫米公制的标称值。
3. 此制图并非按严格比例，且仅供参考。客户可联系芯朋销售代表获得更多细节。
4. 此处举例仅供参考。

Certificate of Non-Qualified Engineering Samples

As a consideration for the right to sample preliminary pre-production devices prior to full qualification and production release ("Engineering Samples") by Wuxi Chipown Microelectronics Limited ("Chipown"), including its wholly-owned subsidiaries ("Chipown"), user agrees to accept such Engineering Samples **"AS IS"** IN PRE-PRODUCTION FORM WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND for the sole purpose of engineering evaluation and testing.

CHIPOWN PROVIDES THE ENGINEERING SAMPLES **"AS IS"** AND HEREBY DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESSED, IMPLIED OR OTHERWISE, INCLUDING WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS. CHIPOWN DOES NOT ASSUME OR AUTHORIZE ANY OTHER PERSON TO ASSUME FOR IT ANY OTHER LIABILITY IN CONNECTION WITH THE ENGINEERING SAMPLES. THE ENTIRE RISK AS TO THE QUALITY, OR ARISING OUT OF THE USE OR PERFORMANCE OF THE ENGINEERING SAMPLES REMAINS WITH USER. IN NO EVENT SHALL CHIPOWN BE LIABLE IN CONTRACT, TORT, WARRANTY, STRICT LIABILITY, OR OTHERWISE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, THE COST OF LABOR, REQUALIFICATION, DELAY, LOSS OF PROFITS OR GOODWILL, EVEN IF CHIPOWN IS ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

Chipown reserves the right, at any time and without notice, to modify the circuitry and/or specifications of such Engineering Samples prior to Chipown's full qualification and PRODUCTION of such Engineering Samples. Chipown makes no representation that Chipown will continue production of such Engineering Samples in the pre-production form subsequent to full qualification and production release of such Engineering Samples.