

1 描述

IBSP3032Q1 是一款低压差线性稳压器(LDO)，采用2.5V至20V电源供电，最大输出电流为500mA。这款高输入电压LDO支持1.2V至 $V_{IN}-V_{DROP}$ 可调电压输出，并拥有高电源抑制比、低噪声等特性，非常适合为高性能模拟和混合信号电路供电。该器件采用先进的电路架构与独特的处理技术， C_{IN} 和 C_{OUT} 均仅需一个2.2 μ F小型陶瓷输出电容，便可实现出色的线路与负载瞬态响应性能。

IBSP3032Q1 符合车规AEC-Q100 Grade1等级要求，支持-40℃至125℃的工作环境温度范围，最高结温为150℃。

2 应用范围

- 适用于对噪声很敏感的应用，ADC和DAC，精密放大器等
- 车载应用
- 医疗和保健
- 工业与仪器仪表

3 特性

- 低噪声：10 μ Vrms($I_{OUT} = 10$ mA)
- 电源抑制比(PSRR):
90 dB(10 kHz)
62 dB(100 kHz)
45 dB(1MHz)
- 输入电压范围：2.5 V至20 V
- 输出电压范围：1.2V~ $V_{IN}-V_{DROP}$
- 输出电流：500 mA
- 输出电压精度： $\pm 1\%$ ($T_j=25^\circ\text{C}$)

- 输出电压精度： $\pm 2\%$ ($-40^\circ\text{C} \leq T_j \leq 125^\circ\text{C}$)
- 低压差：
20 mV($I_{OUT} = 10$ mA)
250 mV($I_{OUT} = 200$ mA)
700 mV($I_{OUT} = 500$ mA)
- 内部软启动
- 低静态电流： $I_{GND} = 50$ μ A(典型值，无负载)
- 低关断电流：1.2 μ A
- 精密使能
- 反接电池保护功能
- 通过车规AEC-Q100 Grade1认证

4 管脚定义

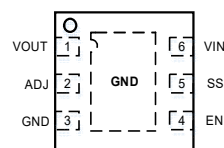


图4.1 DFN-6封装(2mm×2mm×0.75mm)

表4.1 DFN-6封装引脚定义

DFN-6	管脚名称	管脚定义
1	OUT	稳压器输出电压端口。使用2.2 μ F或更大电容旁路VOUT至GND。
2	ADJ	检测输入，连接到负载端。还可使用外部电阻分压器将输出电压设为高于固定输出电压。
3	GND	地。
4	EN	使能引脚。EN接高启动稳压器。EN接低关断稳压器。EN接到VIN可实现自动启动。
5	SS	软启动时间调节脚。外接不同容值的电容可以调节软启动时间。
6	IN	稳压器输入电源。使用2.2 μ F或更大电容旁路VIN至GND。
有	EP	封装底部裸露焊盘。可增强散热性能。

5 电气特性

除非另有说明, $V_{IN} = (V_{OUT} + 1V)$ or 5V, $V_{OUT} = 1.2V$, $I_{OUT} = 10\text{ mA}$, $C_{IN} = C_{OUT} = 2.2\text{ }\mu\text{F}$, $C_{FF} = 100\text{ nF}$, $T_J = -40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ 。

表5.1 IBSP3032Q1 电气特性

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压范围	V_{IN}		2.5		20	V
工作电源电流	I_{GND}	$I_{OUT} = 0\mu\text{A}$ $I_{OUT} = 10\text{mA}$ $I_{OUT} = 500\text{mA}$	50	50 140 2	200 3	μA μA mA
关断电流	I_{GND-SD}	EN=GND		1.2	40	μA
输出电压精度	V_{OUT}	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-1		+1	%
		$T_J = -40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$	-2		+2	%
ADJ 引脚电压温漂	V_{ADJ}	$T_J = -40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$	-1		+1	%
ADJ 引脚电流	I_{ADJ}	$V_{IN}=20V$, $I_{OUT}=10\text{mA}$			20	nA
电压调整率 ^{注1}	Line Regulation	$V_{IN}=(V_{OUT}+1V)$ 至20V		0.002	0.01	%/V
负载调整率 ^{注2}	Load Regulation	$I_{OUT} = 100\mu\text{A}$ 至500mA		0.002	5	%/mA
压差 ^{注3}	$V_{DROPOUT}$	$I_{OUT} = 10\text{mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		20		mV
		$I_{OUT} = 200\text{mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		250		mV
		$I_{OUT} = 500\text{mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		700		mV
启动时间	$t_{START-UP}$	C_{SS} 悬空, EN上电到 V_{OUT} 为 $0.9 \times V_{OUT}$		250		μs
限流阈值	I_{LIMIT}	$V_{DROPOUT}=2V$		630		mA
热关断 阈值 迟滞	TS_{SD}	T_J 上升		150		$^\circ\text{C}$
	TS_{SD-HYS}			15		$^\circ\text{C}$
欠压阈值 输入上升 输入下降 迟滞	$UVLO_{RISE}$		2.1	2.5	2.6	V
	$UVLO_{FALL}$			2.2		V
	$UVLO_{HTS}$			300		mV
精密EN输入 高电平 低电平 逻辑迟滞 漏电流 延迟时间	EN_{HIGH}	$2.5V \leq V_{IN} \leq 20V$		1.2	1.3	V
	EN_{LOW}			1.1		V
	EN_{HYS}	$EN=V_{IN}=20V$ EN从0V上升到 V_{IN} 为 $0.1 \times V_{OUT}$		120	100	mV
	I_{EN-LKG} t_{EN-DLY}			80		nA μs
软起动 SS引脚电流	I_{SS}			0.55		μA
输出噪声	OUT_{NOISE}	10Hz至100kHz		10		μVrms
电源抑制比	PSRR	1MHz, $V_{IN} = 3V$, $V_{OUT} = 1.2V$		45		dB
		100kHz, $V_{IN} = 3V$, $V_{OUT} = 1.2V$		62		dB
		10kHz, $V_{IN} = 3V$, $V_{OUT} = 1.2V$		90		dB

注1: $(\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}) / V_{OUT-nomal}$

注2: $(\Delta V_{OUT}/\Delta I_{OUT}) / V_{OUT-nomal}$

注3: 压差定义为将输出电压降至额定典型值的99%时输入电压与输出电压之差。

6 工作原理

IBSP3032Q1 是一款低静态电流、线性稳压器，采用2.5V至20V电源供电，最大输出电流为500mA。满载时静态电流典型值低至2mA，关断模式下的功耗电流典型值低至1.2μA，非常适合便携式、低待机功耗设备使用。

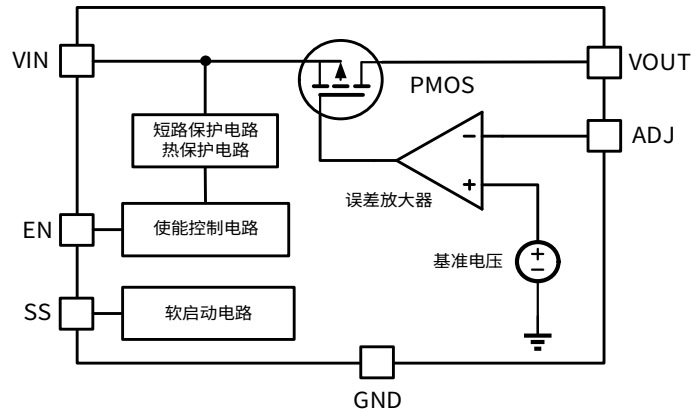


图6.1 IBSP3032Q1功能框图

IBSP3032Q1 内置一个基准电压源、一个误差放大器和一个PMOS调整管。输出电流经由PMOS调整管提供，其受误差放大器控制。误差放大器比较基准电压与输出端的反馈电压，并放大该差值。如果反馈电压低于基准电压，PMOS器件的栅极将被拉低，以便增大输出电流，提高输出电压。如果反馈电压高于基准电压，PMOS器件的栅极将被拉高，以便减少输出电流，降低输出电压。

6.1 输出电压调节

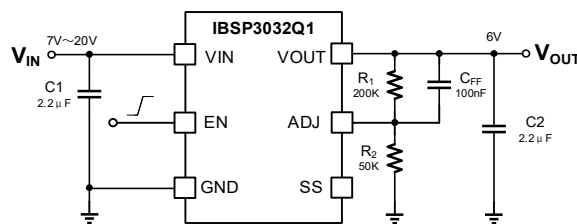


图6.2 IBSP3032Q1输出电压可调的典型应用

如图6.2所示，IBSP3032Q1可通过外部电阻实现输出电压调节(最高输出电压由器件特性所限制)，输出电压计算公式如下：

$$V_{OUT} = V_{adj} \times \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) + (I_{adj} \times R1) \quad \text{-----公式6.1}$$

IBSP3032Q1 V_{adj} 电压为1.2V， I_{adj} 小于20nA。实际应用中为了减小 I_{adj} 对输出电压的影响，建议R1选择较小的阻值。当使用外部电阻调节输出电压时，需要增加 C_{FF} 电容以提高反馈环路的稳定性；同时 C_{FF} 电容的引入还能降低系统的输出噪声、提高负载响应速度、PSRR特性；但是 C_{FF} 电容对启动时间有较大影响，需要根据实际情况选择合适的电容大小。

6.2 输出电压噪声优化

理想的LDO会输出纯净、不含交流成分的直流电压；实际由于内部电路结构和器件的原因，输出电压不可避免的会有交流成分，这些交流成分就是LDO输出噪声。通过优化电路设计和选择低噪声的器件可以从设计上降低LDO的输出噪声，这些因素决定了LDO的基础噪声。在使用外部电阻调压的应用电路中， C_{FF} 电容的引入可以有效降低特定频段的输出噪声。

IBSP3032Q1 单位增益噪声约10μVrms，噪声的计算公式如下：

$$NOISE = 10\mu V \times (R_P/R_2 + 1) \text{-----公式6.2}$$

R_P 为 R_1 与 C_{FF} 电容并联后的阻抗。

从公式可以看出，当不使用 C_{FF} 电容时 $R_P=R_1$ ，输出噪声随着 R_1 和 R_2 的比值增大而增大。引入 C_{FF} 电容后可以降低 R_P 的交流阻抗，因此可以有效降低输出噪声。由于不同容值电容的阻抗频率特性不同，所以在实际应用时 C_{FF} 容值对输出噪声会有一些影响，IBSP3032Q1输出噪声与 C_{FF} 容值的关系在特性曲线部分有详细测试曲线。

6.3 C_{FF} 电容对启动时间的影响

IBSP3032Q1 的启动时间会受 C_{FF} 电容的影响，在设计时需要考虑启动延时对实际应用的影响。此延时和软启动的延时不同，是因为外部电阻与 C_{FF} 电容构成的RC电路延缓了输出电压的稳定时间。

C_{FF} 对启动时间的延缓计算公式如下：

$$T_{CFF} = 2.4 \times C_{FF} \times R_1 \text{-----公式6.3}$$

公式中的 T_{CFF} 单位为秒， C_{FF} 单位为法拉， R_1 单位为欧姆。以上公式为输出电压建立到90%* V_{OUT} 的时间。

7 应用说明

7.1 电容选择

输入输出电容需在要求的温度范围和直流偏置条件下保证足够的容量，推荐使用X5R或X7R电介质电容；Y5V和Z5U电介质电容的温度和电流偏置特性不佳，不建议使用。

1)输出电容

输出电容的ESR会直接影响LDO控制环路的稳定性，为了确保芯片能稳定工作，推荐使用最小容量为2.2μF、ESR小于0.3 Ω、ESL小于2nH的输出电容。另外，输出电容值还会影响负载电流突变时的瞬态响应，若对瞬态响应有较高的要求或者负载电流变化幅度较大，推荐使用更大的容值来提高IBSP3032Q1的瞬态响应性能。

2)输入电容

输入电容应不小于2.2μF，并且尽量靠近芯片放置，以降低PCB走线对电路的影响。当负载电流突变时，输出电容需快速放电以维持输出电压稳定，此时输入电容可提供瞬时电流补充，缓冲输入端的电压波动，避免输出电压跌落。因此，在使用较大输出电容时，建议同时增大输入电容值。

7.2 限流和热过载保护

芯片内置限流和热过载保护电路，可防止功耗过大导致受损。当输出电流超过630 mA（典型值）时，芯片进入限流保护状态，输出电压会被降低。当结温超过150℃时，触发芯片过热保护功能，输出关闭；当结温降至130℃以下时，过热保护状态解除，芯片恢复输出。需要注意的是，当芯片短路时，芯片的发热会很大，当结温超过150℃时会触发过热保护功能；若不能及时解决短路异常的问题，当结温下降至输出恢复时，芯片将再次进

入限流保护状态、触发过热保护，依次循环，直至短路异常解除。为保证器件稳定工作，必须从外部限制器件的功耗，使结温不会超过150℃。

7.3 软启动

IBSP3032Q1 具有电压控制的软启动功能，并保留了外部SS引脚，可用于调整软启动时间。在SS引脚增加对地电容可以减缓输出电压斜坡，降低启动瞬间输入引脚电流的峰值，最小化输入电源总线的启动瞬态功率。软启动斜坡时间取决于软启动充电电流（ I_{SS} ）和软启动电容（ C_{SS} ），计算公式如下：

$$T_{SS} = 250\mu s + (0.6 \times \frac{C_{SS}pF}{I_{SS}\mu A}) \text{-----公式7.1}$$

T_{SS} 单位为 μs ， I_{SS} 为软启动充电电流，典型值为0.55 μA 。

公式7.1中的250 μs 是在不使用外部电阻调压初始软启动时间，如果使用外部电阻调整输出电压后这个初始时间需要根据输出电压实测进行调整。 C_{SS} 建议选择低漏电流的电容，首选X7R、X5R或C0G电介质材料的电容。建议不使用该功能的时候将SS引脚悬空。

7.4 PCB布局

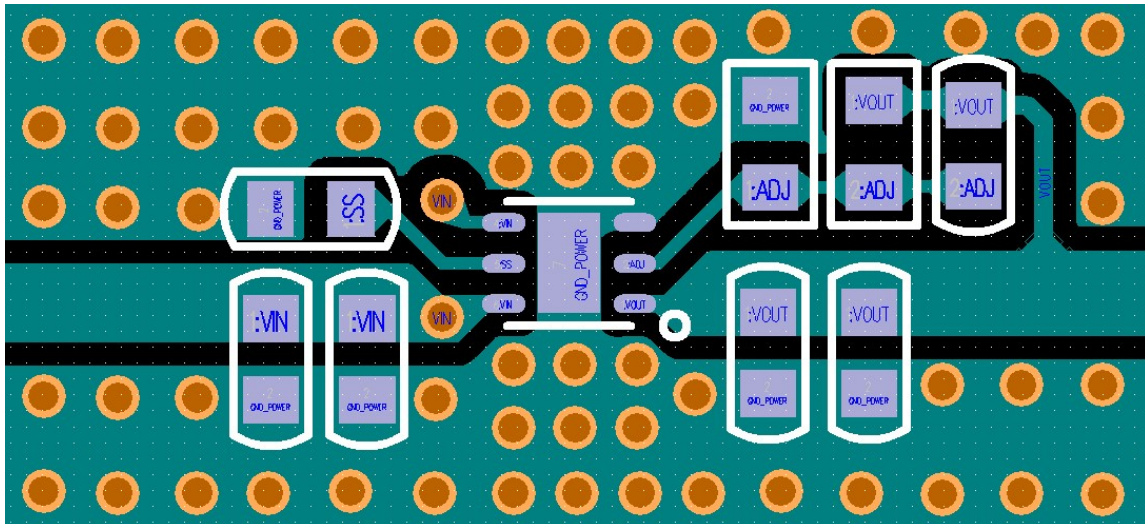


图7.1.1 PCB布局参考图示-Top层

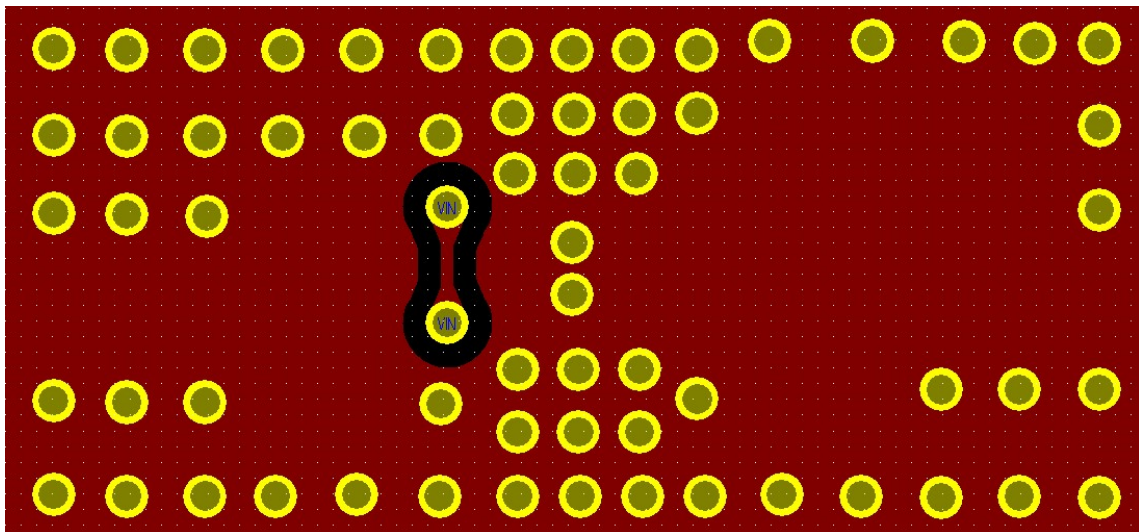


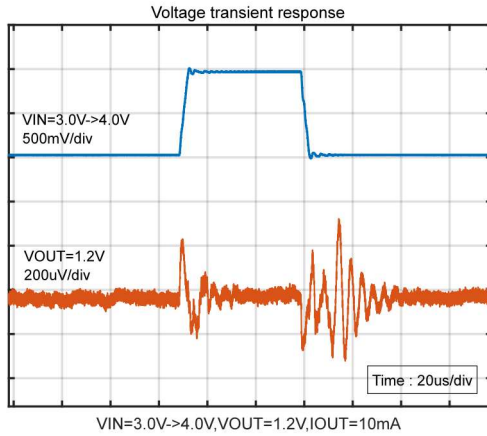
图7.1.2 PCB布局参考图示-Bottom层

图7.1.1和图7.1.2给出了IBSP3032Q1的完整性能的布局实例。PCB布局时，输入电容应尽可能靠近VIN引脚与GND引脚，输出电容则需尽量靠近VOUT引脚和GND引脚。为保证器件良好的散热性能，EPAD需要通过大面积铜箔连接到GND。

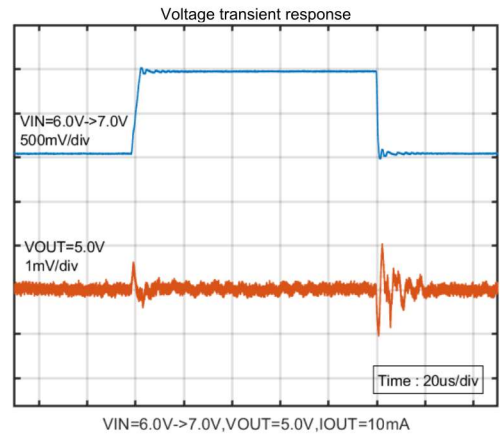
8 典型特性曲线

测试条件：除非另有说明， $V_{IN} = (V_{OUT} + 1V)$ or 2.5V(取较大者)， $EN = V_{IN}$ ， $I_{OUT} = 10mA$ ， $C_{IN} = C_{OUT} = 2.2\mu F$ ， $C_{FF} = 100nF$ ， $T_A = +25^\circ C$ ，温度项曲线的测试温度范围为 $T_J = -40^\circ C \sim 125^\circ C$ 。

■ 线路瞬态响应

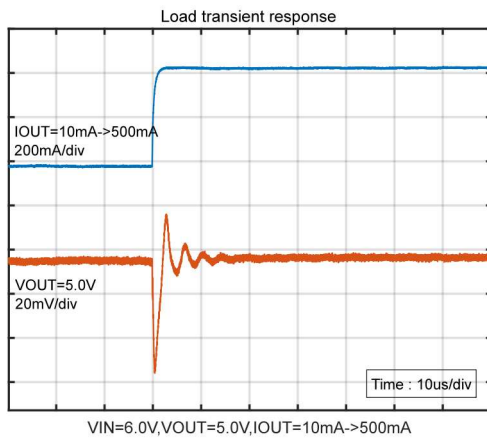


$V_{IN}=3V$ to $4V$, $V_{OUT}=1.2V$, $I_{OUT}=10mA$

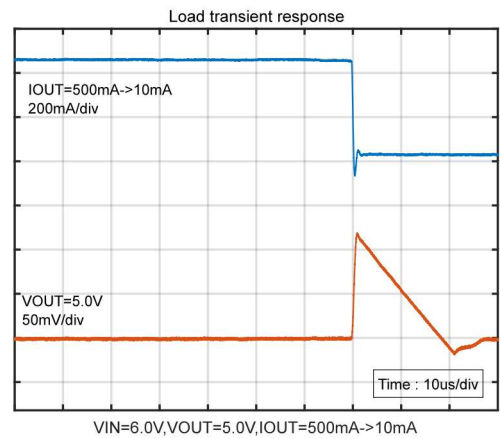


$V_{IN}=6V$ to $7V$, $V_{OUT}=5V$, $I_{OUT}=10mA$

■ 负载瞬态响应

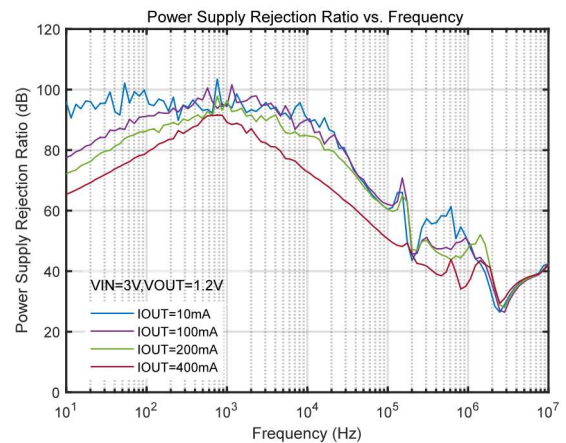
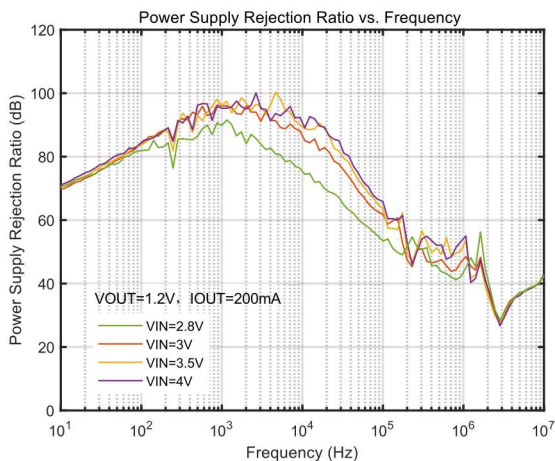


$V_{OUT}=5V$, $I_{OUT}=10mA$ to $500mA$

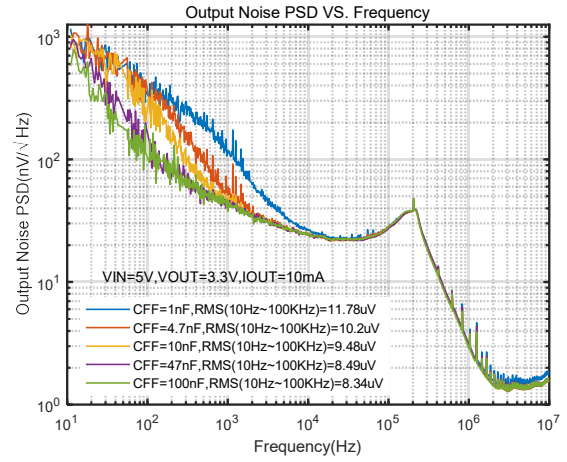
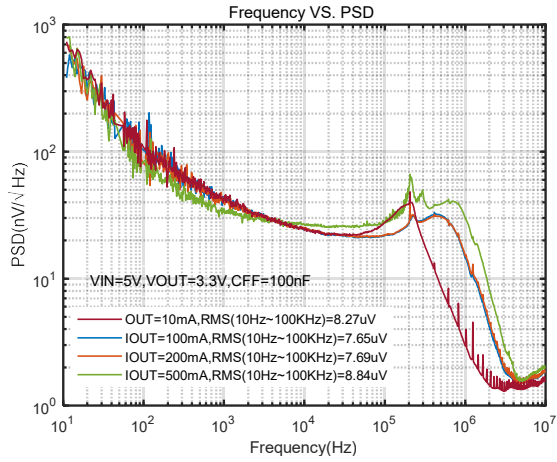


$V_{OUT}=5V$, $I_{OUT}=10mA$ to $500mA$

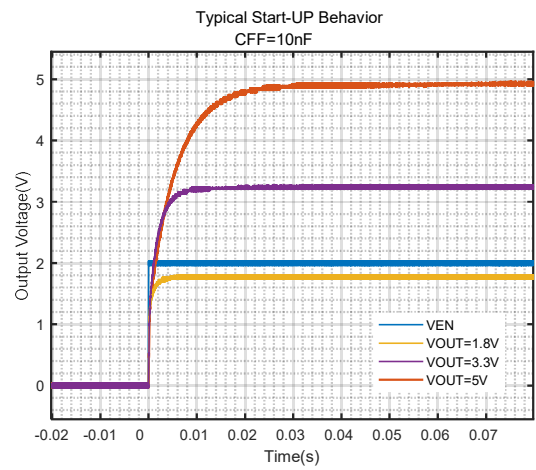
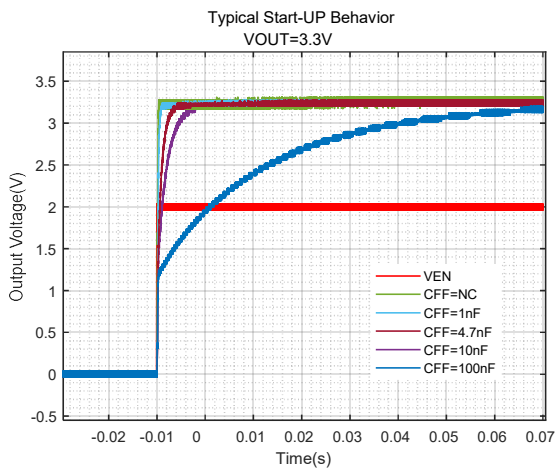
■ 电源抑制比



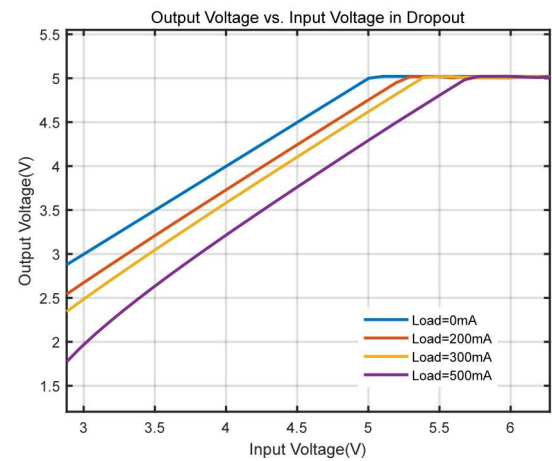
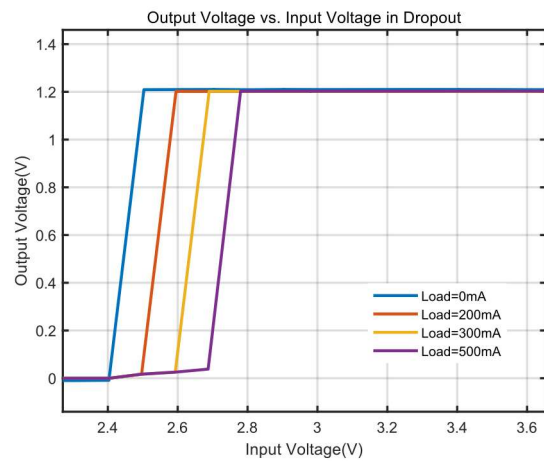
■ 输出噪声谱密度



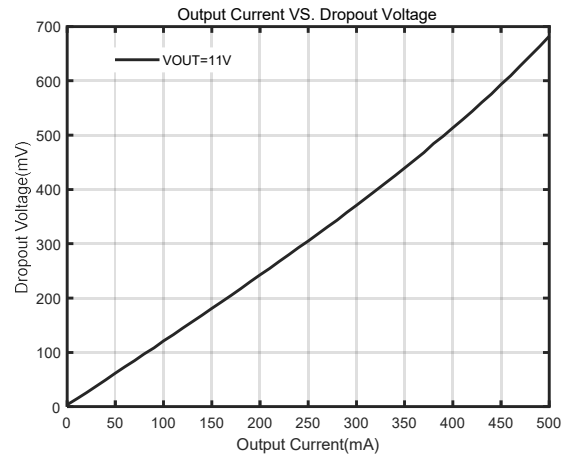
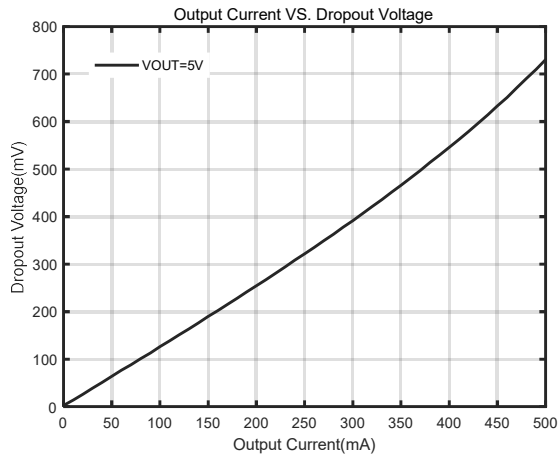
■ 启动时间



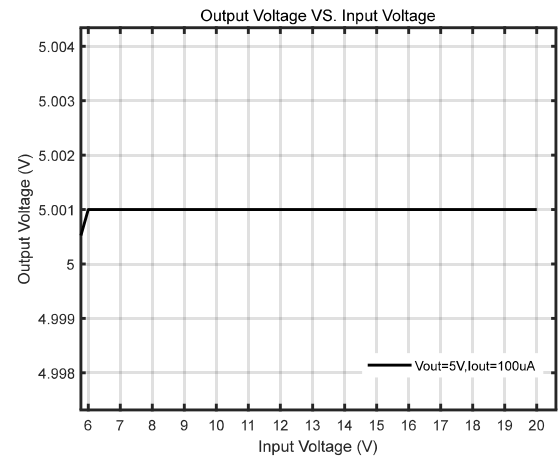
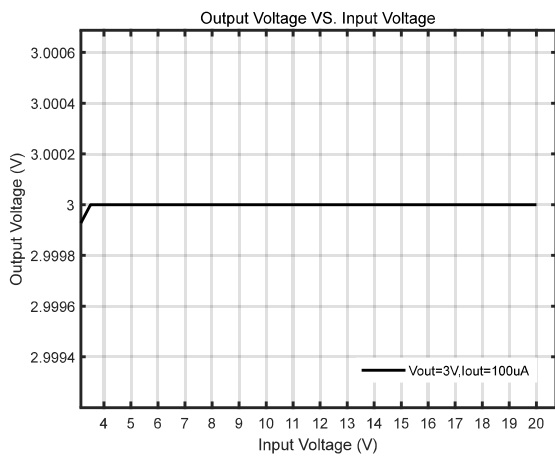
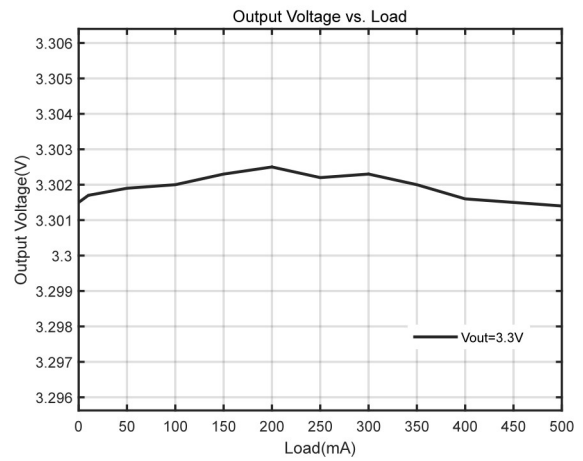
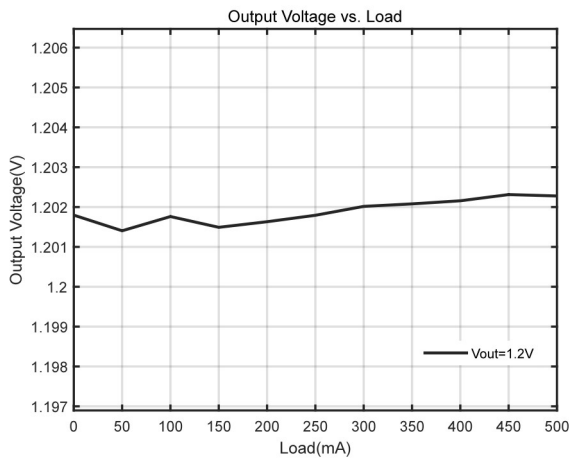
■ 启动电压



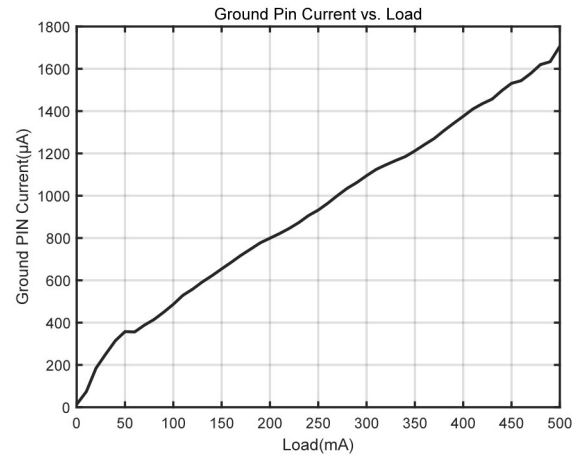
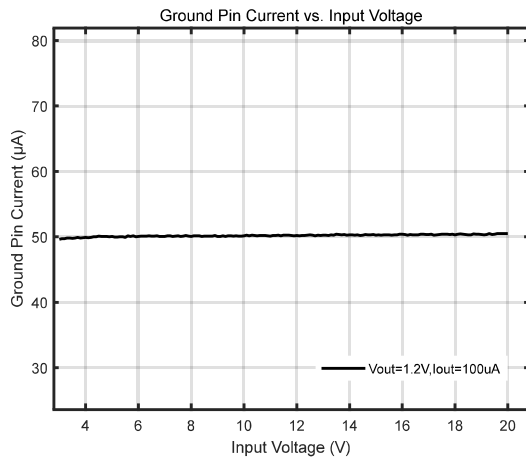
■ 压差与负载



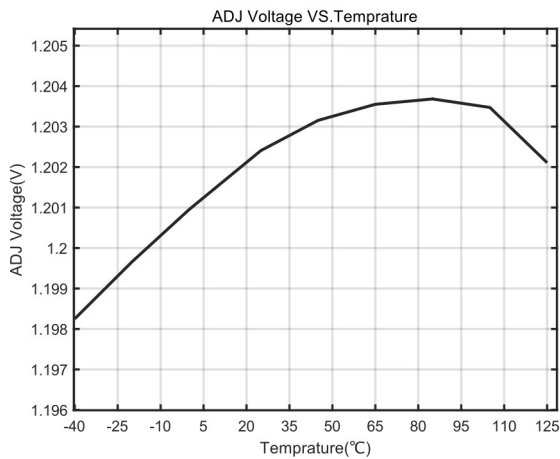
■ 输出电压范围



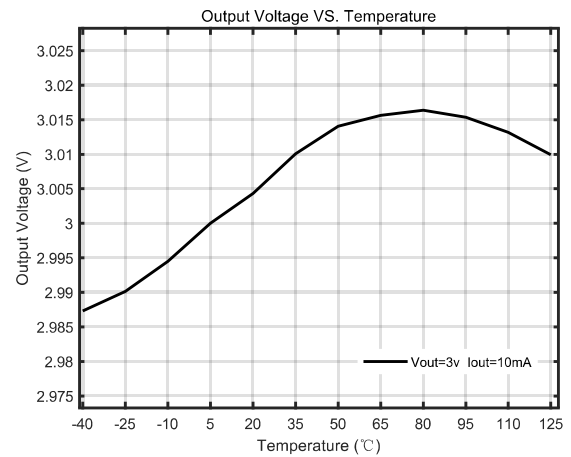
■ 工作电源电流与输入电压、负载



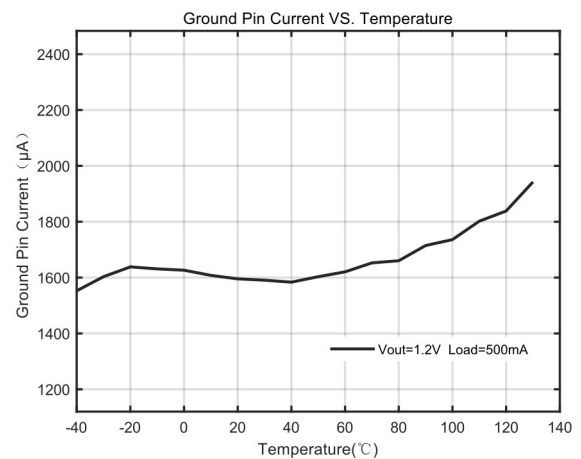
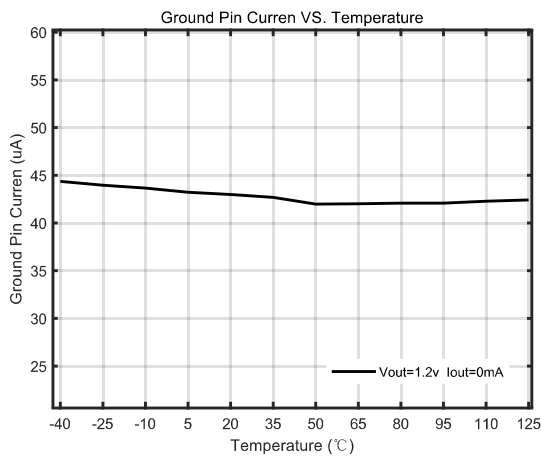
■ ADJ引脚电压漂移



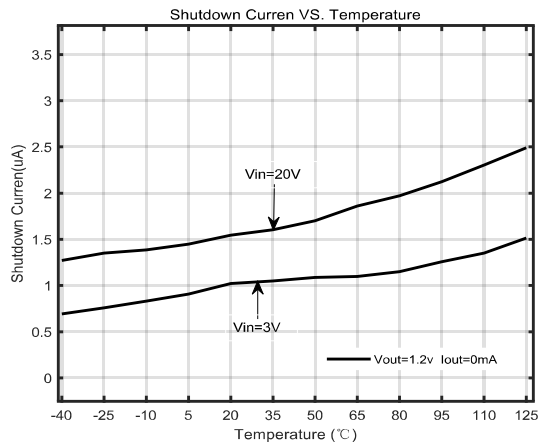
■ 输出电压漂移



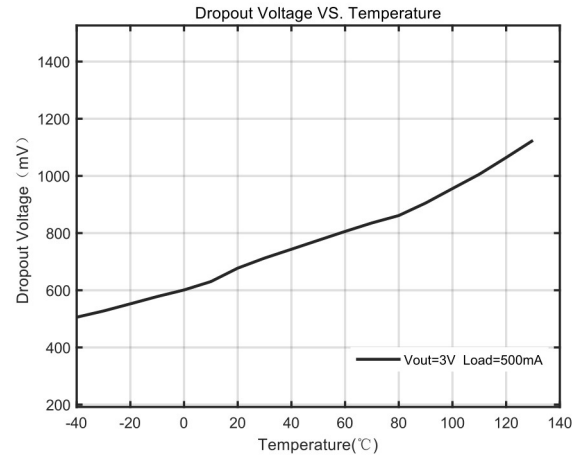
■ 工作电源电流与温度



■ 关断电流与温度



■ 压差与温度



9 极限参数

表9.1 产品极限参数

参数	最小值	最大值	单位
VIN至GND	-20	+20	V
VOUT至GND	-0.3	V _{IN}	V
EN至GND	-0.3	V _{IN}	V
ADJ至GND	-0.3	+5.5	V
存储温度范围	-50	+150	°C
推荐工作结温 (T _J)	-40	+125	°C
最大工作结温 (T _J)		+150	°C
工作环境温度 (T _A) 范围	-40	+125	°C
静电放电人体模型 (HBM)		±2000	V
静电放电充电模型 (CDM)		±750	V
焊接条件	JEDEC J-STD-020		

注：等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。这只是额定最值，并不能以这些条件或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，推断产品能否正常工作。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

10 热特性

10.1 热特性

表10.1 IBSP3032Q1(DFN6)热阻测试参考数据

铺铜面积mm ²	封装	热阻 R _{th-JA}	热阻 Ψ_{JT}	单位
25	DFN6	131.90	51.76	°C/W
506		88.49	39.00	°C/W
1024		79.79		
5500		67.26		

如表10.1所示，给出了IBSP3032Q1(DFN6)在不同PCB条件下的R_{th-JA}（结至环境热阻）和 Ψ_{JT} （结至芯片表面中心位置热阻），测试方法参照标准JESD51-2A。

PCB的叠层结构，铜皮厚度，器件热焊盘及附近过孔数量及过孔孔径对热特性有一定的影响，在应用中应基于实际应用做评估。

10.2 结温计算实例

器件的结温的估计值T_J，由公式10.1给出：

$$T_J = T_A + (R_{th-JA} \times P_D) \text{-----公式10.1}$$

T_A = 封装的环境温度

R_{th-JA} = 结至环境的热阻

P_D = 器件散热功耗(W)

假设芯片 $V_{IN}=5V$, $V_{OUT}=3V$, $I_{OUT}=200mA$, $I_{GND}=10mA$, 环境温度为 $25^{\circ}C$, 计算在此条件下的器件 T_J :

$$\begin{aligned}P_D &= (V_{IN}-V_{OUT}) \times I_{OUT} + I_{GND} \times V_{IN} \\&= (5-3) \times 0.2 + 0.01 \times 5 \\&= 0.45W\end{aligned}$$

根据表10.1, 若取 R_{th-JA} 为 $88.49^{\circ}C/W$, 则器件的温升为

$$\begin{aligned}P_D \times R_{th-JA} &= 0.45W \times 88.49^{\circ}C/W \\&= 39.8205^{\circ}C\end{aligned}$$

则, $T_J = 25^{\circ}C + 39.8205^{\circ}C = 64.8205^{\circ}C$ 。

11 订货信息

表11.1 IBSP3032Q1 订购指南

商业编码	封装	订货号	产品信息	包装形式
IBSP3032Q1	DFN-6	IBSP3032A012DN6AR00Q1	可调电压输出, 带SS引脚	3000pcs (卷带)

12 器件封装

12.1 IBSP3032Q1 DFN-6封装尺寸

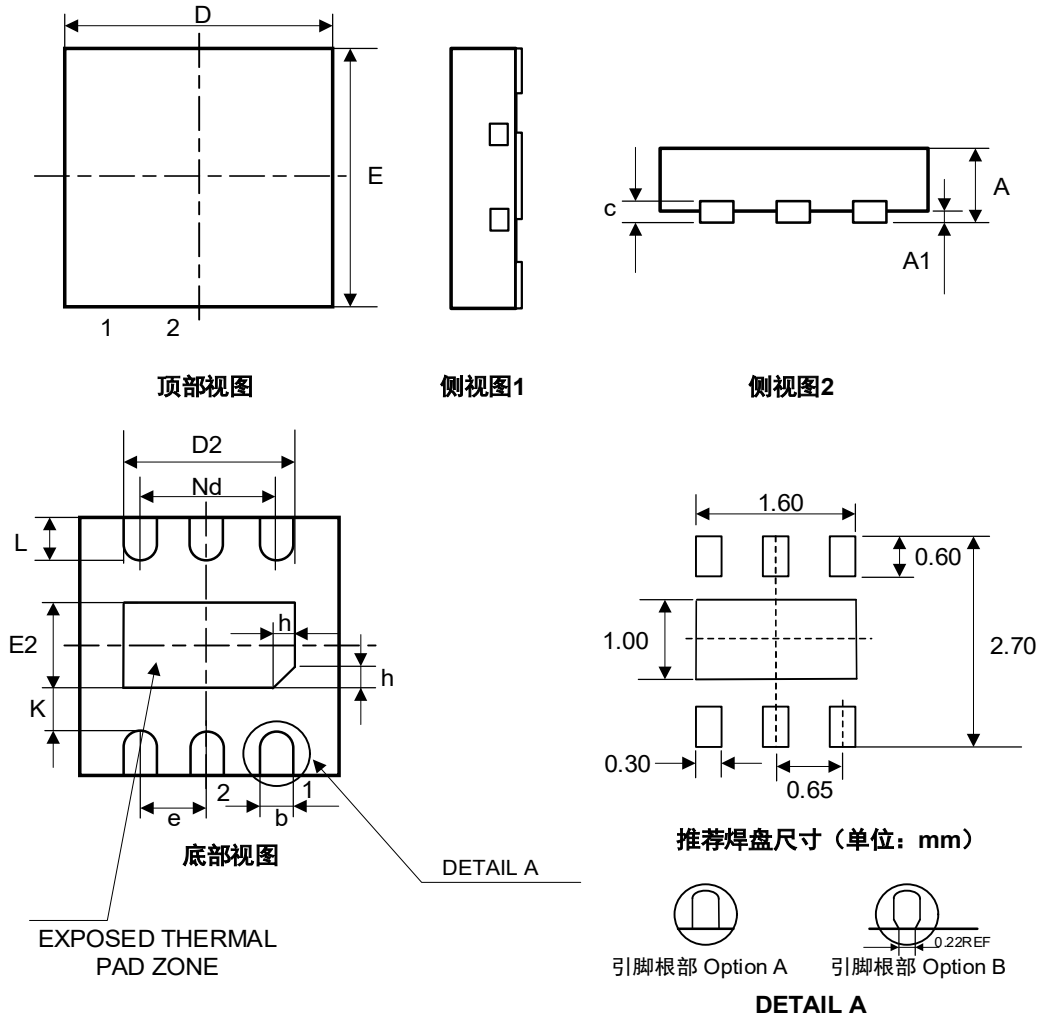


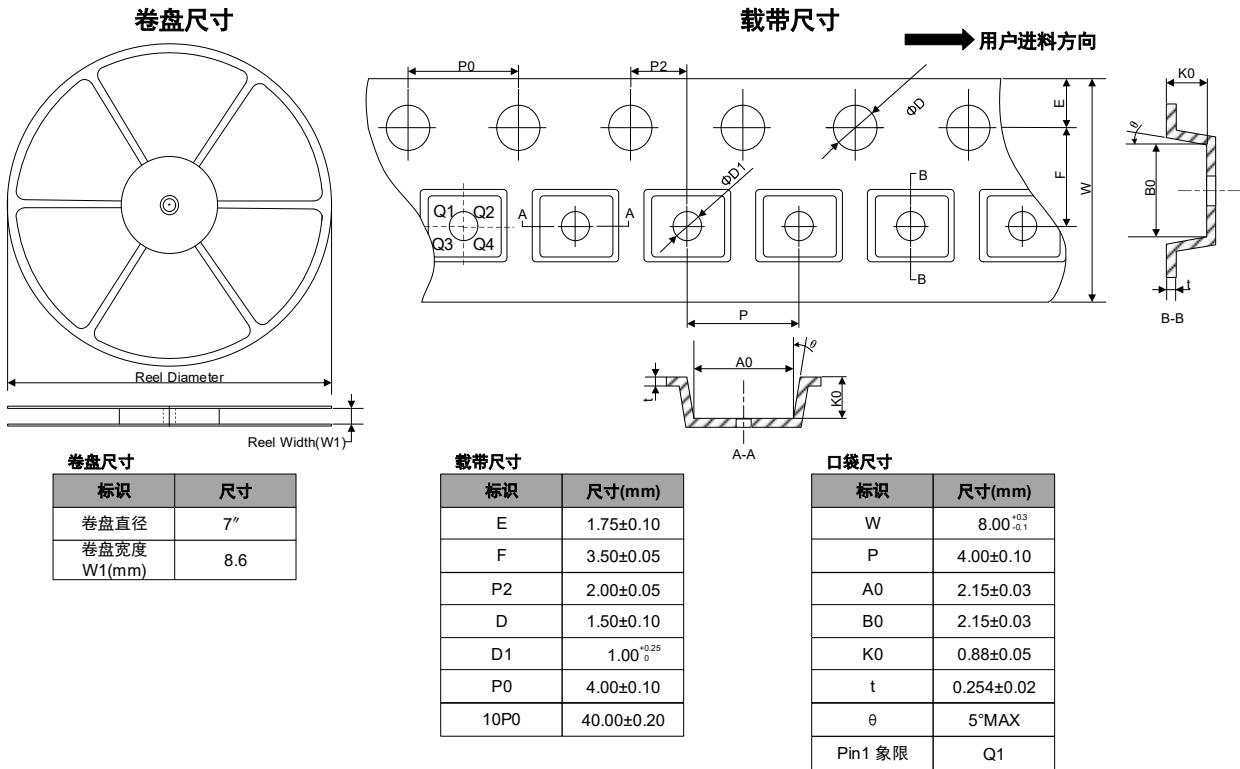
图12.1 IBSP3032Q1 DFN-6封装尺寸

表12.1 IBSP3032Q1 DFN-6封装尺寸参数(单位: mm)

尺寸 标注	最小	标准	最大	尺寸 标注	最小	标准	最大
A	0.70	0.75	0.80	E	1.90	2.00	2.10
A1	-	0.02	0.05	E2	0.90	1.00	1.10
b	0.25	0.30	0.35	e	0.65 BSC		
c	0.18	0.20	0.25	h	0.15	0.20	0.25
D	1.90	2.00	2.10	L	0.20	0.25	0.30
D2	1.50	1.60	1.70	Nd	1.30 BSC		
				K	0.20	-	-

13 卷带信息

13.1 DFN-6卷带尺寸



重要声明

英彼森仅授权您使用本文件所载的产品资料、技术参数，且在使用时应遵守相关法律规定、服务条款等，严禁将本文件用于其他任何用途。未经英彼森书面授权，严禁以任何方式擅自对本文件内容进行复制、二次开发、改编等，英彼森不承担因此导致的任何责任。

英彼森保留随时修改本文件中任何信息的权利，且无需另行通知。本文件的一切解释权、版权，均归英彼森所有。