

## 4.5 V-18 V 输入，2 A 同步整流降压转换器

### 概述

AP2970 是一款简单、便于应用的高效率同步降压转换器，它采用 SOT-23-6L 封装提供 2 A 负载电流。AP2970 工作于很宽的输入电压范围（4.5 V-18 V），内部集成非常低导通电阻的主开关管和同步开关管以减少传导损耗。AP2970 采用 COT 架构可以在大负载跌落应用中实现快速瞬态响应和轻负载时的高效率。此外，在重负载下的工作频率为 500 kHz 以减小电感和电容的尺寸。故障保护包括周期电流限制，输出欠电压保护，输出过流保护，输出短路保护以及热关断。

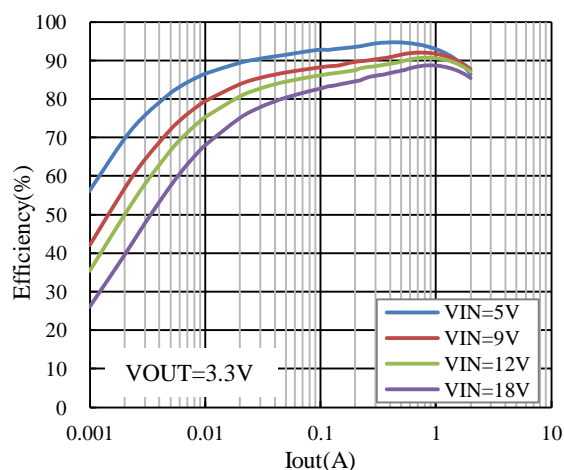
### 应用

- 机顶盒
- 便携式电视
- 路由器
- 调制解调器
- 液晶电视

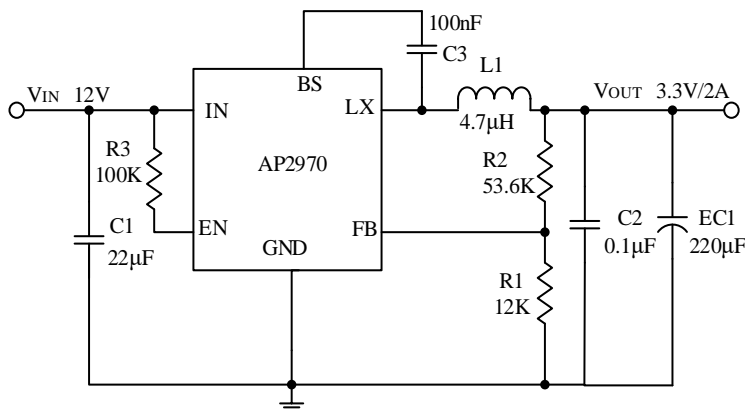
### 特性

- 内部开关管的低导通电阻(上管/下管): 110/70 mΩ
- 4.5 V-18 V 输入电压范围
- 2 A 输出电流
- 采用 COT 架构实现快速瞬态响应
- 内部软启动限制浪涌电流
- 1.5 % 0.6 V 参考电压
- 紧凑封装: SOT-23-6L

### 典型应用效率



### 典型应用电路

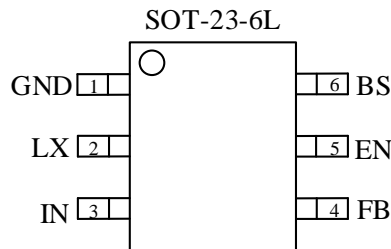


## 订货信息

订购代码	顶层标记	封装
AP2970TC-C1	VXYWW <sup>(1)</sup>	SOT-23-6L

(1). XYWW = 日期代码

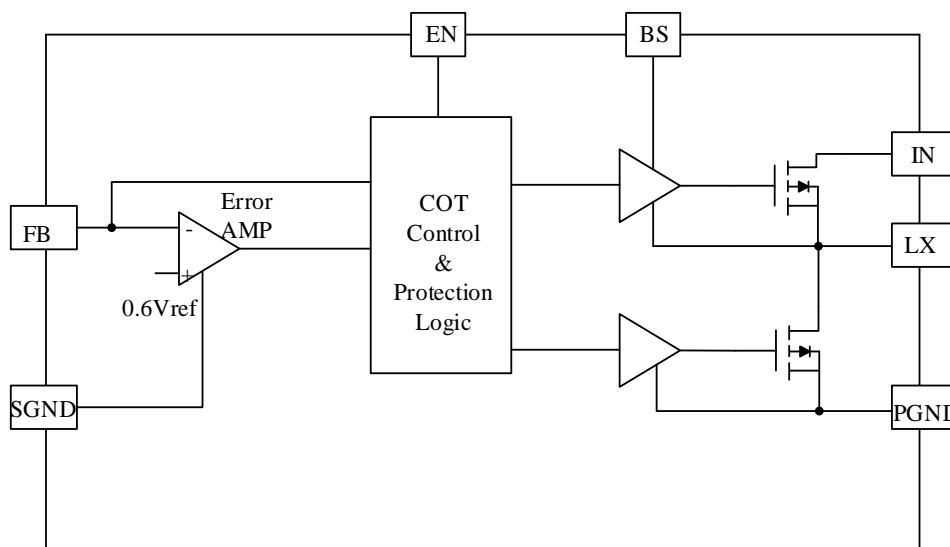
## 引脚配置



## 引脚描述

引脚序号	引脚名称	引脚功能
1	GND	电源地。
2	LX	与电感相连的引脚。连接该引脚到电感的开关节点。
3	IN	输入引脚。该引脚到地连接一个至少 1 $\mu$ F 的瓷片电容。
4	FB	输出反馈引脚。连接该引脚到输出分压电阻中点来设定输出电压： $V_{OUT}=0.6*(1+R2/R1)$ 。
5	EN	使能控制。拉高为开启。不能悬空。
6	BS	自举电压引脚。提供上管栅极驱动。该引脚到 LX 连接一个 100 nF 电容。

## 功能框图



## 绝对最大额定值<sup>(1)</sup>

电源电压 ( $V_{IN}$ )..... -0.3 V ~ 19 V  
 开关电压 ( $V_{LX}$ )..... -1 V ~  $V_{IN} + 0.3$  V  
 使能电压 ( $V_{EN}$ )..... -1 V ~  $V_{IN} + 0.3$  V  
 自举电压 ( $V_{BS}$ ) ..... ( $V_{SW}-0.3$ ) ~ ( $V_{SW}+5$  V)  
 反馈电压 ( $V_{FB}$ )..... -1 V ~  $V_{IN} + 0.3$  V  
 ESD 等级 (人体模式).....  $\pm 2$  kV<sup>(2)</sup>

热阻  
 $\theta_{JA}$ <sup>(3)</sup>.....160 °C/W  
 $\theta_{JC}$ <sup>(4)</sup>.....40 °C/W  
 结温 ..... 内部限制  
 引脚温度(焊接, 10 s)..... +260 °C  
 储存温度.....-55 °C ~ +150 °C

## 推荐工作条件<sup>(5)</sup>

输入电压( $V_{IN}$ ) .....4.5 V ~ 18 V      工作温度..... -40 °C ~ +85 °C

- (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-001-2017。
- (3). 100 mm<sup>2</sup>, 1 oz 单面铺铜 PCB板测试值。
- (4). PIN2 (LX) 塑封体表面测试值。
- (5). 在超出器件工作范围条件下, 该器件不能保证功能。

## 电气特性<sup>(1)</sup>

( $V_{IN} = 12$  V,  $V_{OUT} = 3.3$  V,  $L = 4.7$   $\mu$ H,  $T_A = 25$  °C, 除非另有说明)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
关断输入电流	$V_{EN} = 0$ V			1	$\mu$ A
输入电流	$I_{OUT}=0$ , $V_{FB}=V_{REF}\times 105\%$		410		$\mu$ A
反馈电压	$5\text{ V}\leq V_{IN}\leq 18\text{ V}$	591	600	609	mV
FB 输入电流				100	nA
上管导通电阻			110		m $\Omega$
下管导通电阻			70		m $\Omega$
上管漏电流	$V_{EN} = 0$ V, $V_{LX} = 0$ V		0	10	$\mu$ A
上管限流			3.5		A
振荡频率			500		kHz
EN 上升阈值		1.6			V
EN 下降阈值				0.4	V
欠压锁定阈值	$V_{IN}$ Rising	3.8	4.2	4.5	V
欠压锁定迟滞			50		mV
最小开启时间			100		ns
软启动时间	$t_{SS}$		1		ms
最大占空比			90		%
热关断			160		°C

- (1). 此温度范围外的规格由设计以及电路特性保证。

## 功能描述

AP2970 是一款同步整流，电流模式降压转换器。输入电压从 4.5 V 到 18 V，输出电压可以低至 0.6 V，负载电流可以达到 2 A。

## 应用信息

### 1. 设置输出电压

输出电压是通过一个输出电压和 FB 脚之间的电阻分压器来设置的（见典型应用电路）。计算公式如下：

$$V_{FB} = V_{OUT} \times \frac{R1}{R1+R2}$$

$V_{FB}$  是反馈电压， $V_{OUT}$  是输出电压。因此，输出电压为：

$$V_{OUT} = 0.6V \times \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

### 2. 电感

电感需要为输出负载提供恒定的电流。一个较大感值的电感能减少纹波电流，降低输出纹波电压。但是大感值将会带来较大的物理尺寸，更高的串联电阻，和/或较低的饱和电流。比较好的办法是使电感中的纹波电流峰-峰值大约是最大输出电流的 30 %。此外，请确保峰值电感电流低于最大开关限电流。电感值可以通过下式计算：

$$L = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN} \times \Delta I_L \times F_S}$$

$V_{OUT}$  是输出电压， $V_{IN}$  为输入电压， $F_S$  为开关频率， $\Delta I_L$  是电感纹波电流峰-峰值。

选型时不要让电感在最大峰值电流下饱和。峰值电感电流可以按下式计算：

$$I_{LP} = I_{LOAD} + \frac{V_{OUT}}{2 \times F_S \times L} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right)$$

$I_{LOAD}$  是负载电流。

电感的选型主要取决于价格、尺寸需要，和电磁干扰的需要。

Vendor	P/N	L ( $\mu$ H)	DCR (m $\Omega$ )	$I_{sat}$ (A)
Sunlord	SWPA 5040	4.7	30	3.5

表 1. 电感推荐

AP2970 采用电流模式调节输出电压。输出电压由 FB 所接电阻电压采样后经内部的误差放大器实现稳压。转换器采用内置 N 沟道 MOSFET 开关管实现降压并调节输出电压。

### 3. 输入电容

降压转换器的输入电流是不连续的，因此需要一个电容器为降压转换器提供交流电流来维持直流输入电压。可使用低 ESR 电容得到最佳性能。积层陶瓷电容是首选，钽或低 ESR 的电解电容也能满足。当使用积层陶瓷电容器时要选择 X5R 或 X7R 电介质。由于输入电容吸收输入开关电流，它需要足够的纹波电流额定值。输入电容的 RMS 电流可以估算：

$$I_{C1} = I_{LOAD} \times \sqrt{\left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}}$$

最坏的情况在  $V_{IN} = 2V_{OUT}$  时，其中  $I_{C1} = I_{LOAD}/2$ 。为了简化，选择输入电容器的 RMS 电流额定值必须高于最大负载电流的一半。当使用电解或钽电容器时，增加一个小型的高品质陶瓷电容（例如 0.1  $\mu$ F）并尽可能的靠近芯片。在使用陶瓷电容器时要确保足够大的容量以提供足够多的电荷，防止过多的输入电压纹波。对于低 ESR 电容器输入电压纹波可以估算：

$$\Delta V_{IN} = \frac{I_{LOAD}}{C1 \times F_S} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right)$$

$C1$  是输入电容值。

在热插拔应用中，输入需并联一个 100  $\mu$ F 以上电解电容，以防止损坏芯片。

### 4. 输出电容

输出电容需要保持直流输出电压。输出电压纹波可估计：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{F_S \times L} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) \times \left(R_{ESR} + \frac{1}{8 \times F_S \times C2}\right)$$

$C2$  是输出电容值， $R_{ESR}$  是输出电容等效串联电阻（ESR）值。在选用陶瓷电容的情况下，（开关频率下）阻抗主要取决于电容值，输出电压纹波的主要原因也是电容值。输出电压纹波可近似简化为：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{8 \times F_S^2 \times L \times C2} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right)$$

在选用铝或电解电容器的情况下，（开关频率下）阻抗主要取决于 ESR。输出电压纹波可近似简化为：

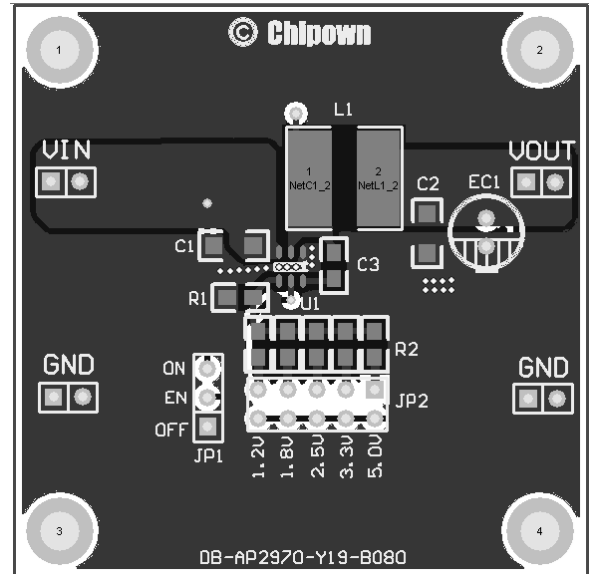
$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{F_S \times L} \times \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \times R_{ESR}$$

输出电容的特性也影响到系统的稳定性。

## 布局建议

当进行电路板布局时，下面的建议可以确保 AP2970 的正常工作。

1. 由接地线、LX 线和  $V_{IN}$  线所组成的大电流通路应保持短、直、宽。
2. FB 引脚应直接连接至反馈电阻器。电阻分压器 R1/R2 必须连接在 C2 的(+)极端和地之间。
3. C1 的(+)极尽可能地靠近连接至 AP2970 的 IN 脚。这个电容向内部功率 MOSFET 提供交流电流。
4. 使开关节点 LX 远离敏感的 FB 节点。
5. 使 C1 和 C2 的(-)极尽可能与地靠近。



## 典型性能特征

所有波形测试条件为  $V_{IN} = 12\text{ V}$ ,  $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$ , 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。

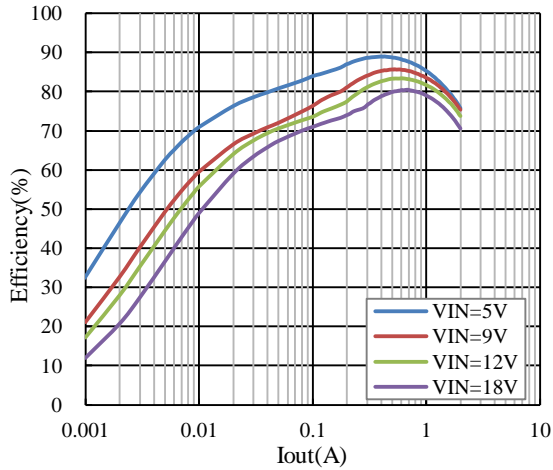


图 1. 效率 vs. 负载电流,  
 $V_{OUT} = 1.2\text{ V}$

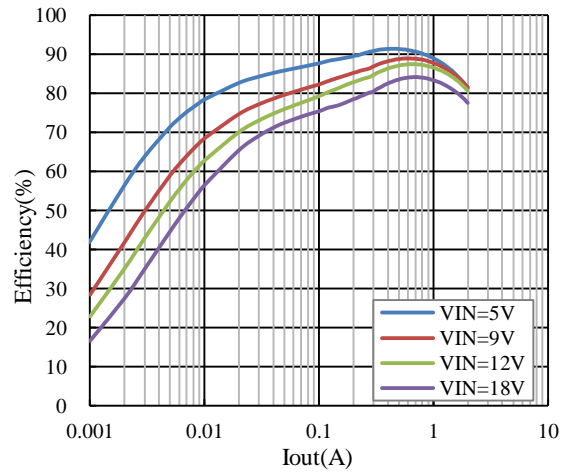


图 2. 效率 vs. 负载电流,  
 $V_{OUT} = 1.8\text{ V}$

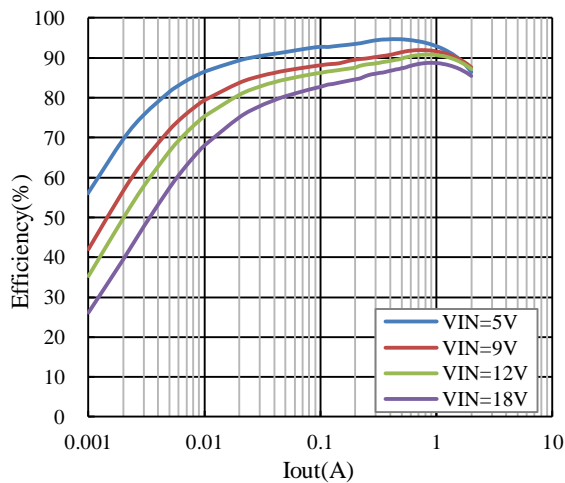


图 3. 效率 vs. 负载电流,  
 $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$

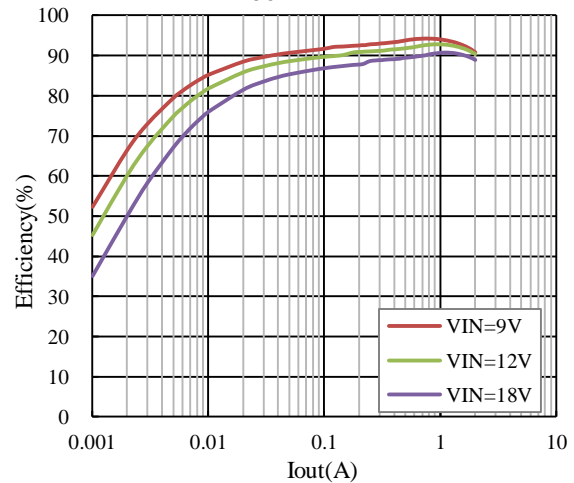


图 4. 效率 vs. 负载电流,  
 $V_{OUT} = 5\text{ V}$

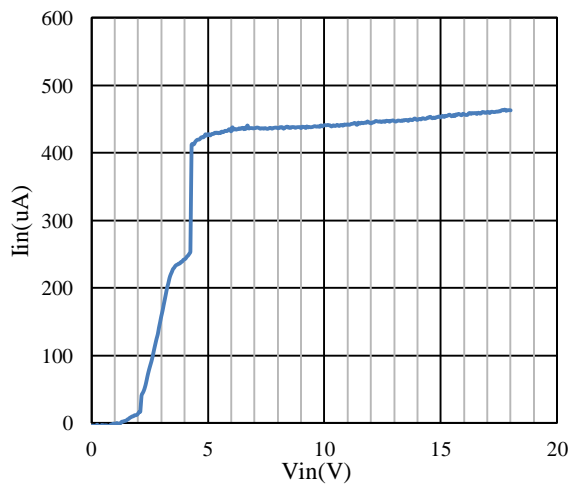


图 5. 输入电流 vs. 输入电压

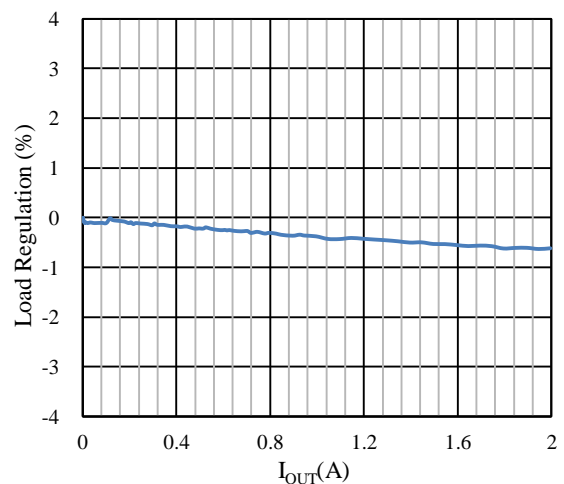


图 6. 负载调整率 vs. 负载电流

## 典型性能特征 (续)

所有波形测试条件为  $V_{IN} = 12\text{ V}$ ,  $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$ , 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。

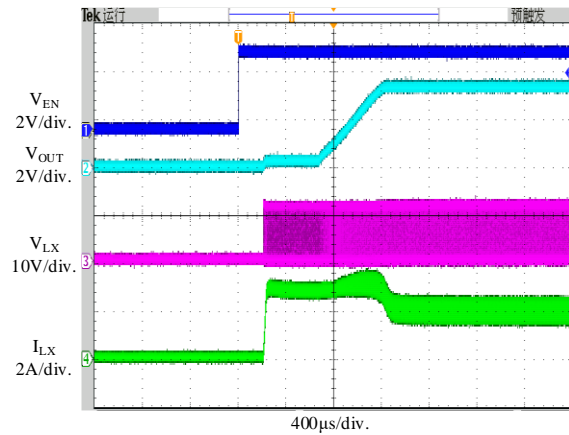


图 7. 启动波形

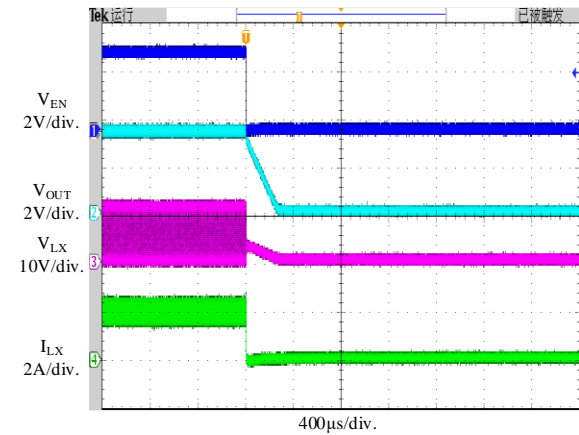


图 8. 关断波形

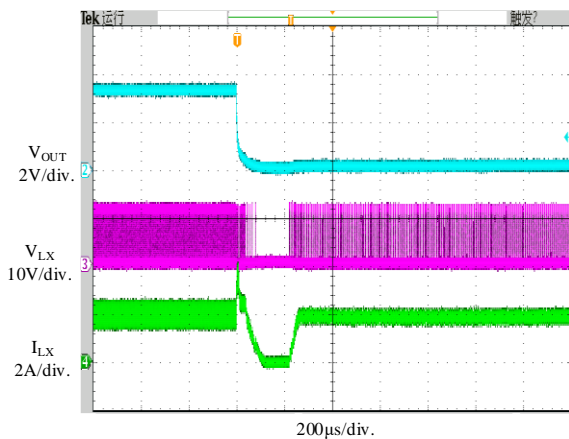


图 9. 短路波形

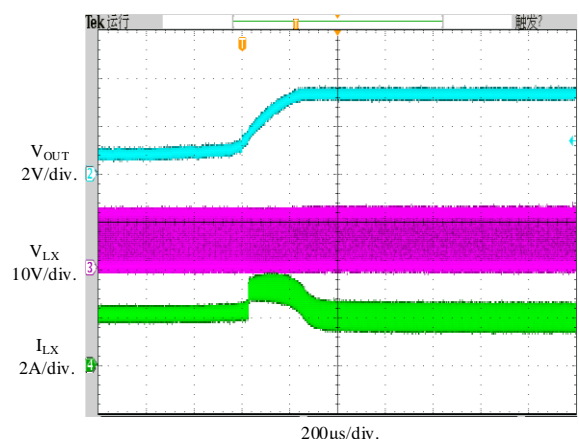
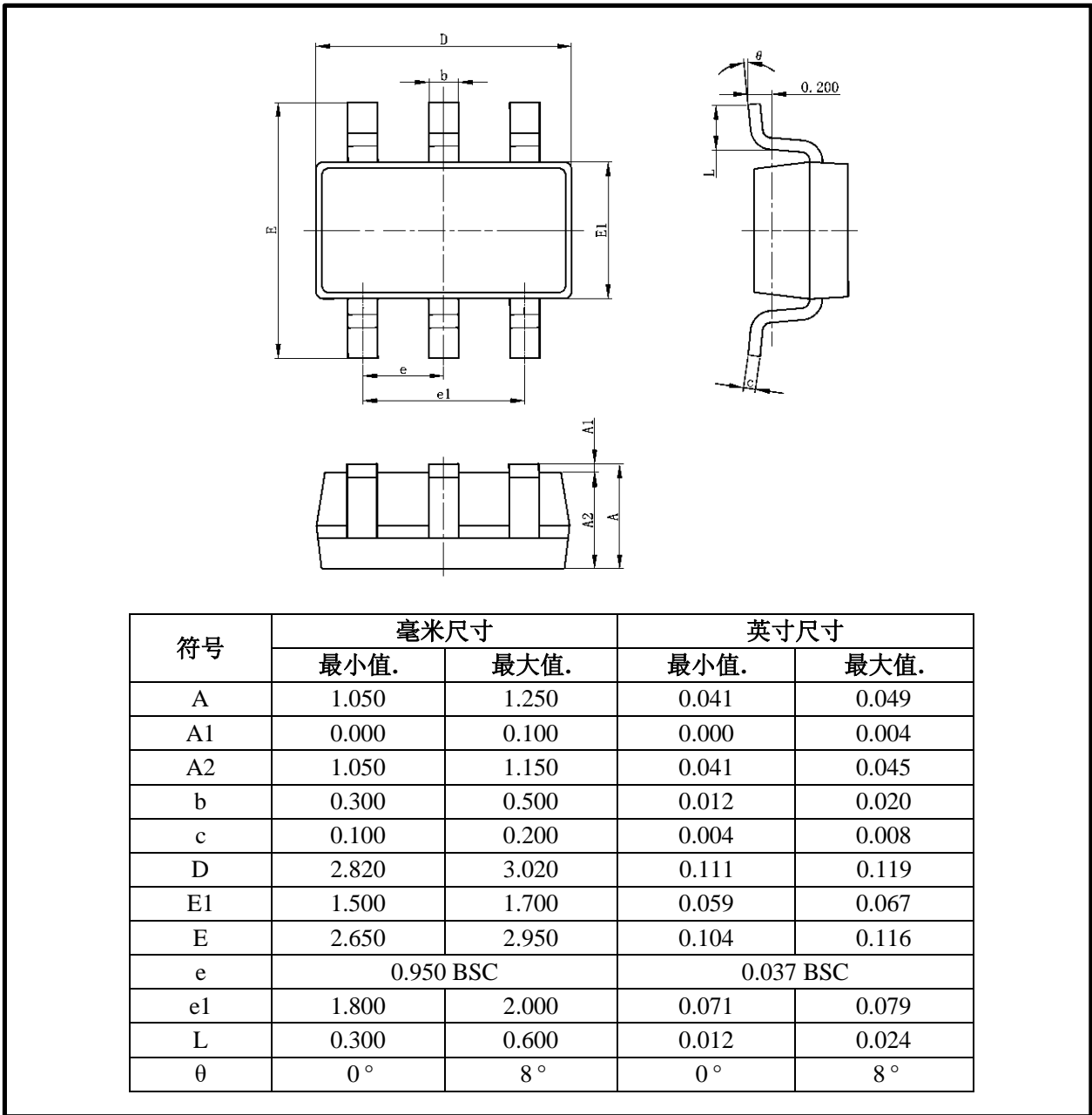


图 10. 短路恢复波形

## 封装信息

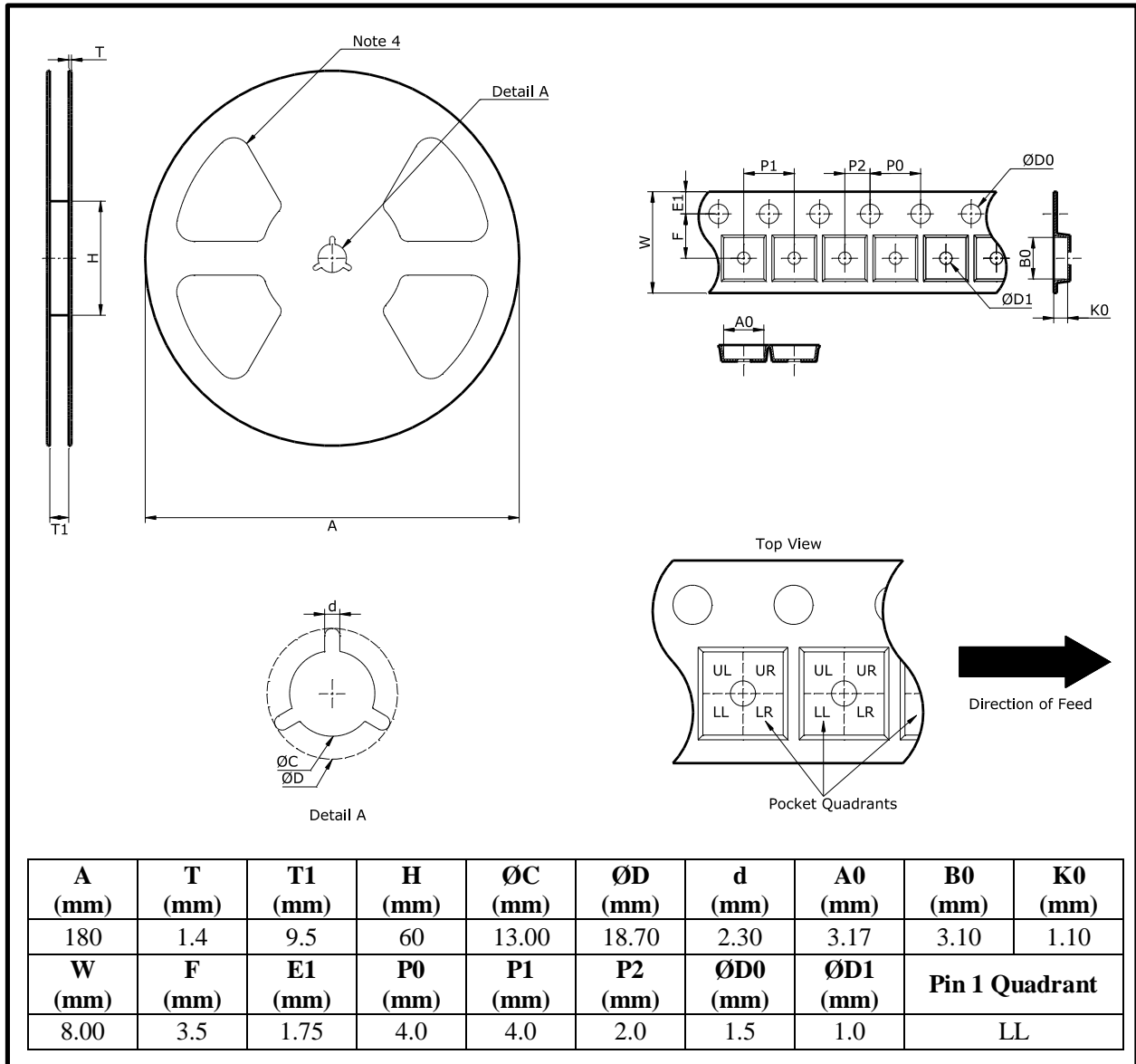
### 封装外形尺寸



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。

## 重要声明

芯朋微电子股份有限公司保留更改规格的权利，恕不另行通知。芯朋微电子股份有限公司对任何将其产品用于特殊目的的行为不承担任何责任，芯朋微电子股份有限公司没有为用于特定目的的产品提供使用和应用支持的义务。芯朋微电子股份有限公司不会转让其专利许可以及任何其他的相关许可权利。