

USB接口静电（ESD）保护方案

USB Interface ESD protection solutions



目录

[USB接口简介](#)

[静电（ESD）测试标准](#)

[USB1.0接口保护方案](#)

[USB1.1接口保护方案](#)

[USB2.0接口保护方案](#)

[USB3.0接口保护](#)

[USB Type C接口保护](#)

[联系我们](#)

USB接口简介

USB (Universal Serial Bus) 即通用串行总线，是连接电脑系统与外部设备的一种串行总线标准，也是一种输入输出接口的技术规范。USB在日常生活中随处可见，如电脑，手机，电视等，是目前电子产品中使用最广泛的接口之一。USB接口从1996年出现发展至今，已有多个版本的标准，如USB1.0，USB1.1，USB2.0，USB3.0，USB3.1，USB type-C，每个版本的升级都是数据传输速率的提高和供电能力的提升。图1列出了各个版本的性能对比。

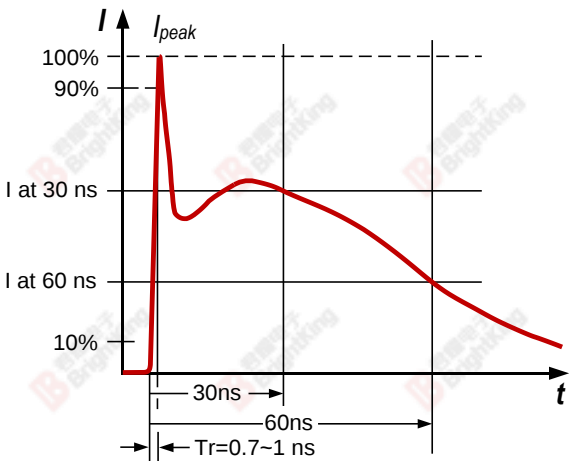
USB接口支持设备的即插即用和热插拔功能，人们经常用手来进行USB接口的插拔，极易在USB接口引入静电干扰。静电放电（ESD）容易造成USB接口芯片工作异常、甚至造成USB 连接端口组件毁坏。数据传输速率越来越快，这也造成控制芯片对静电放电（ESD）的耐受能力也有所下降，同时对数据传输的容错率要求越严，在对静电进行防护的同时要保证数据的准确性。在USB接口添加静电保护器件可有效提高USB接口的静电防护等级，降低USB端口的故障率，防止静电对USB 接口造成损害。

图1. 各版本USB接口特性对比

版本	传输速率	供电能力	接口针数	信号线数
USB1.0	1.5Mbps	5V/500mA	4	2
USB1.1	12Mbps	5V/500mA	4	2
USB2.0	480Mbps	5V/500mA	4	2
		12V/3A(快充)	5(USB OTG)	3
USB3.0	5Gbps	5V/900mA	9	6
USB3.1	10Gbps	20V/5A	24	16

静电测试标准
IEC61000-4-2 (GB/T17626.2)

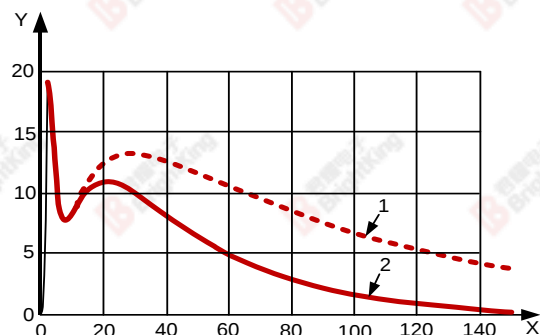
试验波形



波形参数					
等级	指示电压	第一峰值放电电流 (±10%)	上升时间 (T r)	30 ns处放电电流 (± 30%)	60 ns处放电电流 (±30%)
	kV	A	ns	A	A
1	2	7.5	0.7~1	4	2
2	4	15	0.7~1	8	4
3	6	22.5	0.7~1	12	6
4	8	30	0.7~1	16	8

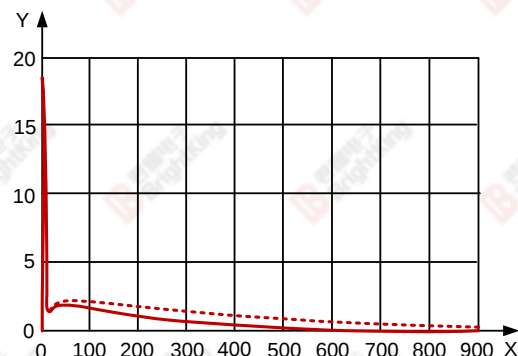
测试等级				
测试等级	等级1	等级2	等级 3	等级 4
接触放电	2	4	6	8
空气放电	2	4	8	15

试验波形



150pF/330pF, 330 Ω ,5kV

Key
X time, ns
Y current, A
1 330pF/330Ω
2 150pF/330Ω



150pF/330pF, 2k Ω ,5kV

Key
X time, ns
Y current, A
1 330pF/2000Ω
2 150pF/2000Ω

经计算的ESD发生器接触放电波形示例

静电放电波形参数			
模型	峰值电流/ 充电电压(A/kV)	电流@ t_1 / 充电电压(A/kV)	电流@ t_2 / 充电电压(A/kV) (A/kV)
150pF 330Ω	3.75 ±10%	2±30% ($t_1=30\text{ns}$)	1±30% ($t_2=60\text{ns}$)
330pF 330Ω	3.75 ±10%	2±30% ($t_1=65\text{ns}$)	1±30% ($t_2=130\text{ns}$)
150pF 2000Ω	3.75 (0 , 0%)	0.275±30% ($t_1=180\text{ns}$)	0.15±50% ($t_2=360\text{ns}$)
330pF 2000Ω	3.75 (0 , 0%)	0.275±30% ($t_1=400\text{ns}$)	0.15±50% ($t_2=800\text{ns}$)

表C.1 组件测试 - 直接接触放电的示例严重性级别

测试级别严重性	类别1	类别2	类别3
L _{4i}	±8kV	±8kV	±15kV
L _{3i}	±6kV	±8kV	±8kV
L _{2i}	±4kV	±4kV	±6kV
L _{1i}	±2kV	±2kV	±4kV

表C.2 组件测试 - 直接空气放电测试严酷等级示例

测试级别严重性	类别1	类别2	类别3
L _{4i}	±15kV	±15kV	±15kV
L _{3i}	±8kV	±8kV	±8kV
L _{2i}	±4kV	±6kV	±6kV
L _{1i}	±2kV	±4kV	±4kV

表C.3 组件测试 - 间接接触放电测试严酷等级

测试级别严重性	类别1	类别2	类别3
L _{4i}	±8kV	±15kV	±20kV
L _{3i}	±6kV	±8kV	±15kV
L _{2i}	±4kV	±4kV	±8kV
L _{1i}	±2kV	±2kV	±4kV

表C.4车辆测试 - 接触放电测试严酷等级（测试点限于车内）

测试级别严重性	类别1	类别2	类别3
L _{4i}	±6kV	±8kV	±8kV
L _{3i}	±4kV	±4kV	±6kV
L _{2i}	±2kV	±2kV	±2kV
L _{1i}	不适用	不适用	不适用

表C.5车辆测试 - 空气放电测试严酷等级（测试点限于车内）

测试级别严重性	类别1	类别2	类别3
L _{4i}	±8kV	±15kV	±15kV
L _{3i}	±6kV	±8kV	±8kV
L _{2i}	±4kV	±4kV	±6kV
L _{1i}	±2kV	±2kV	±4kV

表C.6车辆测试 - 接触放电测试严酷等级示例（测试点限于车外）

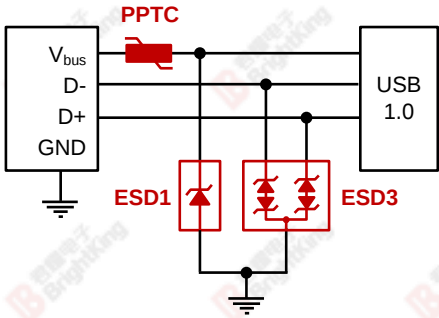
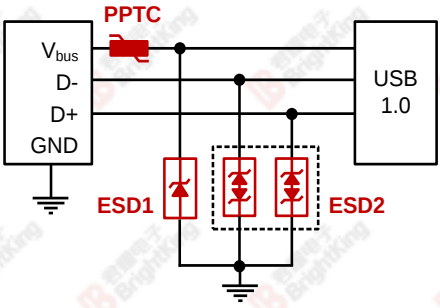
测试级别严重性	类别1	类别2	类别3
L _{4i}	±6kV	±8kV	±8kV
L _{3i}	±4kV	±6kV	±6kV
L _{2i}	±2kV	±2kV	±4kV
L _{1i}	不适用	不适用	±2kV

表C.7车辆测试 - 空气放电测试严酷等级示例（测试点限于车外）

测试级别	类别1	类别2	类别3
L _{4i}	±15kV	±8kV	±8kV
L _{3i}	±8kV	±6kV	±6kV
L _{2i}	±4kV	±2kV	±4kV
L _{1i}	±2kV	不适用	±2kV

USB1.0接口保护

USB1.0 接口数据传输速率为1.5Mbps，信号上升沿为75ns~300ns，在对USB1.0接口进行ESD保护时，ESD保护器件并联在USB接口的信号线和电源线上，ESD保护器件的结电容不能影响USB接口的正常通信，建议ESD保护器件的结电容小于30pF。

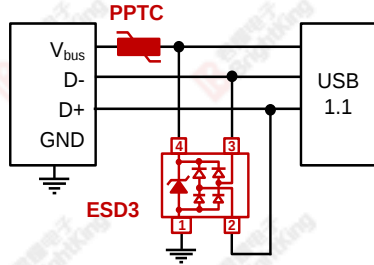
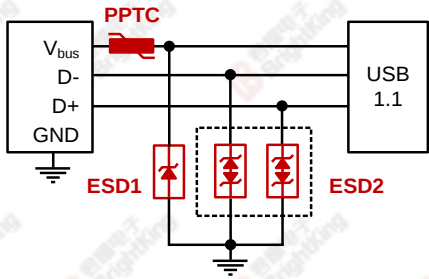


保护器件选型参考

保护器件	型号	外观	性能描述	包装规格
PPTC	SMD0805B075TF		6V, 0.75A, 0.090Ω~0.350Ω, 0805	7寸卷盘编带，4000个
	SMD1206B075TFT		8V, 0.75A, 0.090~0.350, 0603	7寸卷盘编带，4000个
ESD1	SDD32A05L01		5V, 单向, 320W(8/20μs), 350pF, SOD-323(0805), 15kV(air), 8kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个
	SFD52A05L01 SFD52A07L01		5V/7V, 单向, 18A/16A(8/20μs), 200pF, SOD-523(0603), 25kV(air), 25kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个
ESD2	SBD52C05L01		5V, 双向, 30pF, SOD-523(0603), 15kV(air), 8kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个
	LAC92C5.0L01		5V, 双向, 15pF, SOD-923(0402), 15kV(air), 8kV(contact)	7寸卷盘编带，8000个
	LAD8C05L01		5V, 双向, 10pF, SOD-882(0402), 15kV(air), 8kV(contact)	7寸卷盘编带，40000个
ESD3	LAT52C05L02		5V, 双向, 10pF, SOT-523, 15kV(air), 8kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个

USB1.1接口保护

USB1.1接口数据传输速率为12Mbps，信号上升沿为4ns~20ns，在对USB1.0接口进行ESD保护时，ESD保护器件并联在USB接口的信号线上，ESD保护器件的结电容不能影响USB接口的正常通信，ESD保护器件的结电容建议小于10pF。

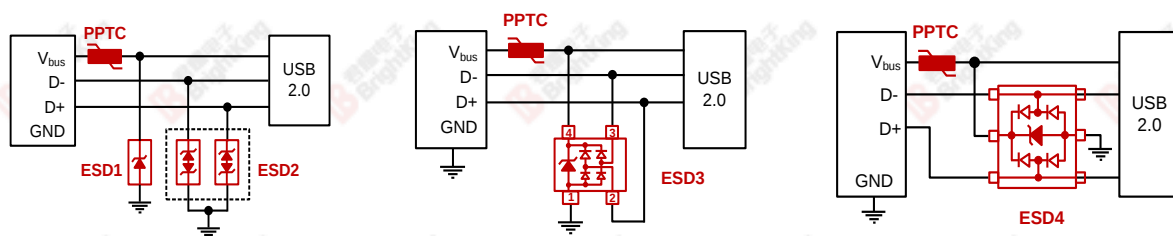


保护器件选型参考

保护器件	型号	外观	性能描述	包装规格
PPTC	SMD0805B075TE		6V, 0.75A, 0.090Ω~0.350Ω, 0805	7寸卷盘编带, 4000个
	SMD1206B075TFT		8V, 0.75A, 0.090~0.350, 0603	7寸卷盘编带, 4000个
ESD1	SDD32A05L01		5V, 单向, 320W(8/20μs), 350pF, SOD-323(0805), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
	SFD52A05L01 SFD52A07L01		5V/7V, 单向, 18A/16A(8/20μs), 200pF, SOD-523(0603), ±25kV(air), ±25kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
ESD2	LAD8C05L01		5V, 双向, 10pF, SOD-882(0402), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 40000个
ESD3	UET14A05L03-BK		5V, 单向, 3A(8/20μs), 0.8pF, SOT-143, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
	UDT14A05L03		5V, 单向, 12A(8/20μs), 3pF, SOT-143, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个

USB2.0接口保护（一）

USB2.0 接口数据传输速率为**480Mbps**，信号上升沿为**0.5ns~0.6ns**，在对USB2.0接口进行ESD保护时，ESD保护器件并联在USB接口的信号线上，ESD保护器件的结电容不能影响USB接口的通信质量，建议ESD保护器件的结电容小于**4pF**。

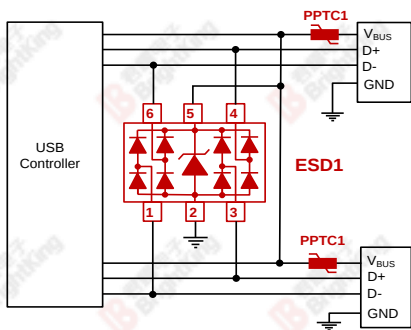


保护器件选型参考

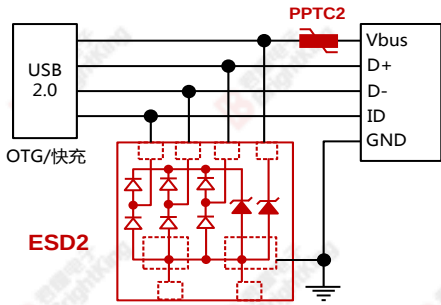
保护器件	型号	外观	性能描述	包装规格
PPTC	SMD0805B075TF		6V, 0.75A, 0.090Ω~0.350Ω, 0805	7寸卷盘编带, 4000个
	SMD1206B075TFT		8V, 0.75A, 0.090~0.350, 0603	7寸卷盘编带, 4000个
ESD1	SDD32A05L01		5V, 单向, 320W(8/20μs), 350pF, SOD-323(0805), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
	SFD52A05L01 SFD52A07L01		5V/7V, 单向, 18A/16A(8/20μs), 200pF, SOD-523(0603), ±25kV(air), ±25kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
ESD2	UDD32C05L01		5V, 双向, 19A(8/20μs), 0.8pF, SOD-323(0805), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
	UBD32C05L01		5V, 双向, 2.5A(8/20μs), 0.4pF, SOD-323(0805), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
	UAD8C05L01		5V, 双向, 2.5A(8/20μs), 0.4pF, SOD-882(0402), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 10000个
ESD3	UET14A05L03-BK		5V, 单向, 3A(8/20μs), 0.8pF, SOT-143, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
	UDT14A05L03		5V, 单向, 12A(8/20μs), 3pF, SOT-143, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
ESD4	UBT26A05L03		5V, 单向, 5A(8/20μs), 3.5pF, SOT23-6L, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个

USB2.0接口保护（二）

USB2.0 接口数据传输速率为**480Mbps**，信号上升沿为**0.5ns~0.6ns**，在对USB2.0接口进行ESD保护时，ESD保护器件并联在USB接口的信号线上，ESD保护器件的结电容不能影响USB接口的通信质量，建议ESD保护器件的结电容小于**4pF**。



普通USB2.0接口



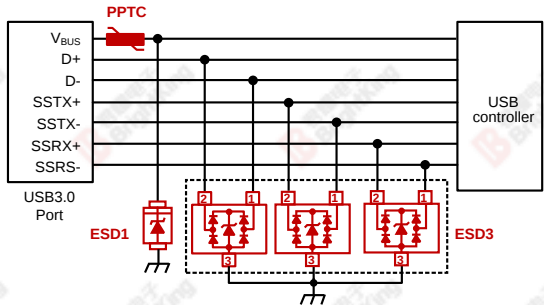
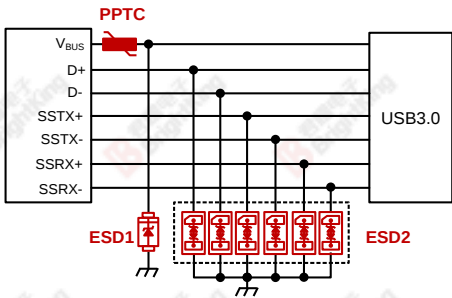
快速充电USB2.0接口

保护器件选型参考

保护器件	型号	外观	性能描述	包装规格
PPTC1	SMD0805B075TF		6V, 0.75A, 0.090Ω~0.350Ω, 0805封装	7寸卷盘编带, 4000个
	SMD1206B075TFT		8V, 0.75A, 0.090~0.350, 0603封装	7寸卷盘编带, 4000个
PPTC2	SMD2920B400TF		15V, 4.0A, 0.008~0.040, 2920封装	7寸卷盘编带, 3000个
ESD1	UCT26A05L05-HP1		5V, 单向, 2.0pF, 12A(8/20μs), SOT23-6L, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
	UDT26A05L05-LC1		5V, 单向, 1.0pF, 5A(8/20μs), SOT23-6L, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
	UDT26A05L05UL		5V, 单向, 1.0pF, 3A(8/20μs), SOT23-6L, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
ESD2	UTDF28A125L04		12V(Pin1), 5V(pin 2,3,4), 单向, 50A(8/20μs, Pin1), 3A(pin 2,3,4, 8/20μs), 550pF(Pin1), 1pF(Pin2,3,4), DFN2018, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个

USB3.0接口保护（一）

USB3.0 接口是在USB2.0 的基础上增加2 对收发差分线，速率可达5Gbps，信号上升沿为0.05ns~0.06ns，收发差分线ESD保护器件结电容建议小于0.8pF。

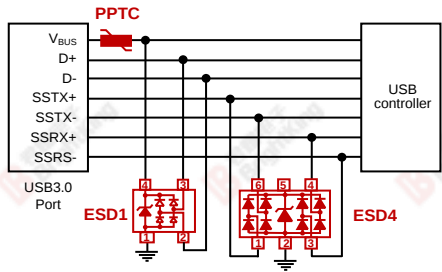
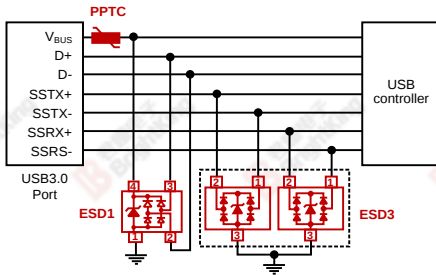
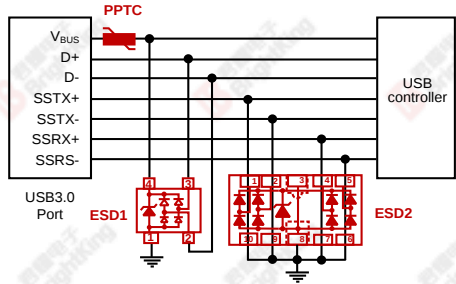


保护器件选型参考

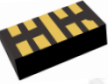
保护器件	型号	外观	性能描述	包装规格
PPTC	SMD1812B110TF		1.1A,8V, 0.040Ω~0.210Ω, 1812封装	7寸卷盘编带，2000个
	SMD1812B150TF/8		1.5A,8V, 0.040Ω~0.120Ω, 1812封装	7寸卷盘编带，2000个
ESD1	SDD32A05L01		5V,单向，320W(8/20μs), 350pF, SOD-323(0805), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个
	SFD52A05L01 SFD52A07L01		5V/7V, 单向，18A/16A(8/20μs), 200pF, SOD-523(0603), ±25kV(air), ±25kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个
ESD2	UAD8C05L01		5V, 双向，0.4pF, 2.5A(8/20μs), SOD-882(0402), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带，10000个
	UBD8C05L01		5V, 双向，0.4pF, 3A(8/20μs), SOD-882(0402), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带，10000个
	UBD32C05L01		5V, 双向，0.4pF, 3A(8/20μs), SOD-323, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个
	UAD03C05L01		5V, 双向，0.7pF, DFN1608, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带，5000个
ESD3	UAT52A05L02 UBT23A05L02		5V, 单向，0.4pF, 3A(8/20μs), SOT523/SOT23, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个

USB3.0接口保护（二）

USB3.0 接口是在USB2.0 的基础上增加2 对收发差分线，速率可达5Gbps，信号上升沿为0.05ns~0.06ns，收发差分线ESD保护器件结电容建议小于0.8pF。

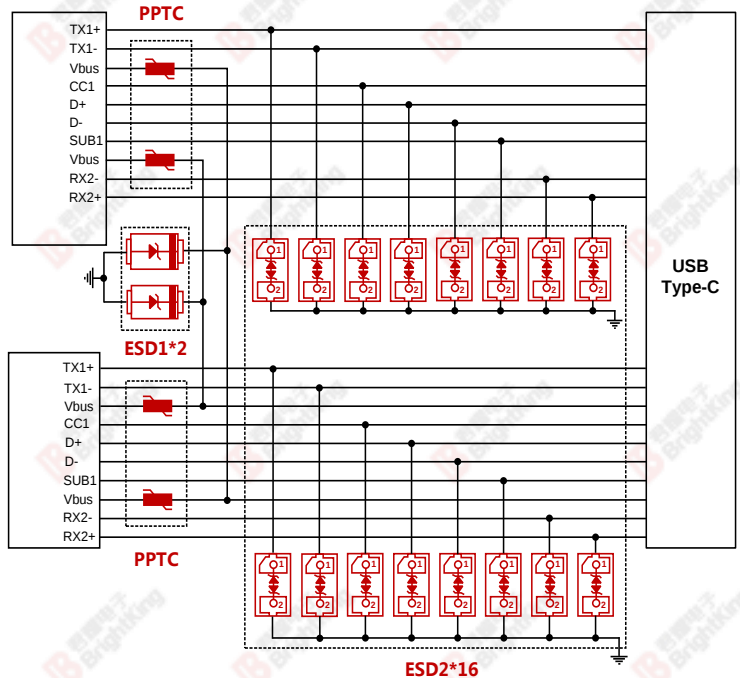


保护器件选型参考

保护器件	型号	外观	性能描述	包装规格
PPTC	SMD1812B110TF		1.1A,8V, 0.040Ω~0.210Ω, 1812封装	7寸卷盘编带，2000个
	SMD1812B150TF/8		1.5A,8V, 0.040Ω~0.120Ω, 1812封装	7寸卷盘编带，2000个
ESD1	UET14A05L03-BK		5V, 单向, 3A(8/20μs), 0.8pF, SOT-143, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
ESD2	UBQ10A05L04HI		5V, 单向, 0.6pF, 5A(8/20μs), QFN-10, ±20kV(air), ±20kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
	UAD20A05L04		5V, 单向, 0.6pF, 5A(8/20μs), DFN-2010, ±20kV(air), ±20kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
ESD3	UAT52A05L02 UBT23A05L02		5V, 单向, 0.4pF, 3A(8/20μs), SOT523/SOT23, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个
ESD4	UAT36A03L05 UAT56A03L05		3.3V, 单向, 0.6pF, 4A(8/20μs), SOT-363/SOT-563, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带, 3000个

USB3.1 Type C 接口保护（一）

USB 3.1 接口依然是采用2对收发差分线，但是速率提高到最高到10Gbps，信号上升沿0.02ns~0.03ns，ESD保护器件结电容建议小于0.4pF。右图是USB3.1协议使用目前最热门的Type C 物理接口的防护方案，采用分立ESD保护元件。

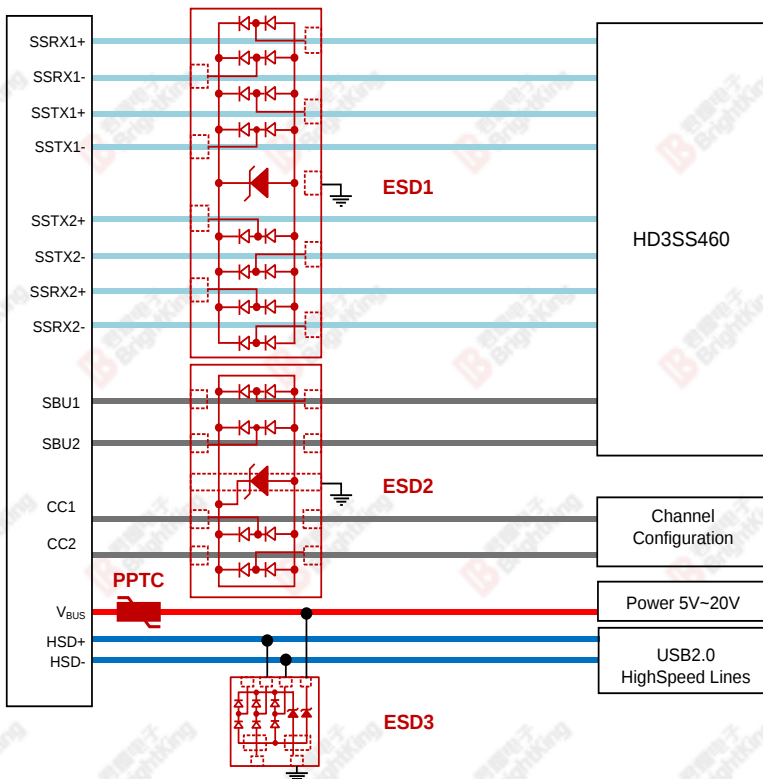


保护器件选型参考

保护器件	型号	外观	性能描述	包装规格
PPTC	SMD1812B110TF		1.1A,8V, 0.040Ω~0.210Ω, 1812封装	7寸卷盘编带，2000个
	SMD1812B150TF/8		1.5A,8V, 0.040Ω~0.120Ω, 1812封装	7寸卷盘编带，2000个
ESD1	SDD32A05L01		5V,单向，320W(8/20μs), 350pF, SOD-323(0805), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个
	SFD52A05L01 SFD52A07L01		5V/7V, 单向，18A/16A(8/20μs), 200pF, SOD-523(0603), ±25kV(air), ±25kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个
ESD2	UAD8C05L01		5V, 双向, 0.4pF, 2.5A(8/20μs), SOD-882(0402), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带，10000个
	UBD8C05L01		5V, 双向, 0.4pF, 3A(8/20μs), SOD-882(0402), ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带，10000个
	UBD32C05L01		5V, 双向, 0.4pF, 3A(8/20μs), SOD-323, ±15kV(air), ±8kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个

USB Type C接口保护（二）

USB3.1 接口依然是采用2对收发差分线，但是速率提高到最高到10Gbps，信号上升沿0.02ns~0.03ns，ESD保护器件结电容建议小于0.4pF。下图是USB3.1 协议使用目前最热门的Type C 物理接口的防护方案，采用集成ESD保护元件。



保护器件选型参考

保护器件	型号	外观	性能描述	包装规格
PPTC	SMD1812B110TF		1.1A,8V, 0.040Ω~0.210Ω, 1812封装	7寸卷盘编带，2000个
	SMD1812B150TF/8		1.5A,8V, 0.040Ω~0.120Ω, 1812封装	7寸卷盘编带，2000个
ESD1	UAD38A05L08		5V, 单向, 0.6pF, 5A(8/20μs), DFN-3810 ±20kV(air), ±20kV(contact)	7寸卷盘编带，5000个
ESD2	UAD20A05L04		5V, 单向, 0.6pF, 5A(8/20μs), DFN-2010 ±20kV(air), ±20kV(contact)	7寸卷盘编带，10000个
ESD3	UTDF28A125L04		12V(Pin1), 5V(pin 2,3,4), 单向, 50A(8/20μs,Pin1),3A(pin 2,3,4,8/20μs), 550pF(Pin1),1pF(Pin2,3,4), DFN2018, ±15kV(air),±8kV(contact)	7寸卷盘编带，3000个

联系我们

上海

地址：上海市黄浦区北京东路465号23楼
T: +86-21-6322 1578
F: +86-21-3304 0081
E: may@brightking.com

深圳

地址：深圳市福田区车公庙工业区保安员综合楼201-202 (物业管理中心大楼)
T: +86-755-8379 5119
F: +86-755-8379 1530
E: kenny@brightking.com,
ray@brightking.com

北京

地址：北京市海淀区知春路128号泛亚大厦310室
T: +86-10-6255 0216
F: +86-10-6252 3764
E: judyxu@brightking.com

东莞 (总部)

地址：东莞松山湖高新技术产业开发区现代企业加速器3号厂房
T: +86-769-26626898
F: +86-769-26626198
E: sales@brightking.com

US

Add : 3032 Scott Blvd,
Santa Clara, CA 95054-3301
T: 408 844 8830 (US)
F: 408 844 8832 (US)
E: Amy@brightking.com
Rbitney@brightking.com

台湾

地址：新北市土城区忠承路105号3楼
T: +886-2-2268-5502
F: +886-2-2268-5512
E: sam@brightking.com